

Advies over kostprijs van het herintroduceren en herstellen van populaties van bedreigde vissoorten

Adviesnummer:	<u>INBO.A.4049</u>
Auteur(s):	David Buysse, Johan Auwerx, Jeroen Van Wichelen, Johan Coeck, Joachim Mergeay, Lieven De Smet
Contact:	Niko Boone (niko.boone@inbo.be)
Kenmerk aanvraag:	e-mail van 5 oktober 2020
Geadresseerden:	Agentschap voor Natuur en Bos T.a.v. Erwin De Meyer Lange Kievitstraat 111-113 bus 63 2018 Antwerpen erwin.demeyer@vlaanderen.be
Cc:	Agentschap voor Natuur en Bos Joris Janssens (joris.janssens@vlaanderen.be)

Dr. Maurice Hoffmann
Administrateur-generaal wnd.

Aanleiding

Vlaanderen werd in de opeenvolgende jaren 2017 t.e.m. 2020 geconfronteerd met langdurige periodes van droogte. Daarom schreef de Vlaamse Overheid de opdracht uit voor de 'Uitwerking van een reactief afwegingskader voor prioritair watergebruik tijdens waterschaarste'. Het doel van de opdracht is om een afwegingskader op te maken dat toelaat om tijdens periodes van waterschaarste weloverwogen beslissingen te nemen. Deze studie wordt in 2020 uitgevoerd.

In het kader van deze lopende studieopdracht wordt gewerkt aan de kwantificering van economische, sociale en ecologische schade van droogte. Een van de stappen bestaat uit het analyseren van de schade van droogte, de kosten van mogelijke maatregelen en de aangewezen methode om maatregelen te prioriteren met behulp van het afwegingskader. Een knelpunt hierbij is dat de cumulatieve ecologische schade moeilijker in kaart te brengen is dan economische schade. Wanneer het waterpeil en/of -debiet in een waterloop onder een bepaalde (ecologische) drempel zakt, leidt dit tot schade aan de aquatische fauna (door zuurstofstress, temperatuurstress, toegenomen predatie ...) en flora in die waterloop. In het slechtste geval kan dit leiden tot het volledig verdwijnen van relictpopulaties van zeldzame soorten en kan gesproken worden van onomkeerbare ecologische schade. Een benadering voor de kwantificering van dergelijke ecologische schade is het berekenen van de kost voor de herintroductie van verdwenen soorten.

Vraag

Wat is de kostprijs van de verschillende stappen van de herintroductie van een vissoort?

Toelichting

1 Impact van droogte op biodiversiteit, ecosystemen en ecosysteemdiensten

1.1 Verdroging

De jongste jaren kent Vlaanderen regelmatig langdurige periodes van droogte. Die komen bovenop de structurele verdroging van onze ecosystemen, die zich, door menselijk ingrijpen in de watercyclus, al decennialang voltrekt. Van alle natte natuur die hier vroeger voorkwam, blijft nog weinig over. Door groen-blauwe netwerken uit te bouwen en de natuurlijke hydrologie van ecosystemen waar mogelijk te herstellen, kan Vlaanderen zijn ecosystemen weerbaarder maken tegen droogte. Zo kunnen ze hun functie als waterreservoir, spons en waterzuiveringsinstallatie optimaler vervullen. Dat komt niet alleen de biodiversiteit ten goede, maar helpt ook om de watertekorten en wateroverlast waarmee verschillende maatschappelijke sectoren nu al kampen, te beperken. Het veranderende klimaat zet de nood aan doortastende maatregelen voor een meer natuurlijk watersysteem extra in de verf. Industrie, huishoudens en landbouw gebruiken en verbruiken grote hoeveelheden water en oefenen zo een aanzienlijke druk uit op de beschikbare grond- en oppervlaktewaterreserves. De industrie heeft het grootste aandeel in het totale waterverbruik, met de chemische sector en de voedingsnijverheid als koplopers. Ze wordt op de voet gevolgd door de huishoudens, de land- en tuinbouw en de handel- en dienstensector. Daarnaast gebruikt ook de scheepvaart heel wat water, voornamelijk voor de werking van sluizen. Dat water is stroomafwaarts nog beschikbaar en telt dus niet mee als waterverbruik, tenzij het Vlaanderen verlaat of in zee belandt. Die uitstroom uit Vlaanderen omvat jaarlijks nog eens zo'n 1,5 miljard kubieke meter. Het geschatte waterverbruik, exclusief scheepvaart, bedraagt 5 tot 10 procent van al het zoetwater dat Vlaanderen jaarlijks binnenkomt via rivieren en

neerslag en dat niet meteen weer verdampt. Wordt het hele watergebruik meegerekend, inclusief scheepvaart en koelwater, dan loopt dat aandeel op tot 40 procent. Omdat een groot deel van het niet-verdampte water nodig is om de natuurlijke werking van ons watersysteem te garanderen, is de marge voor extra waterverbruik beperkt. In zeer droge zomerperiodes is er langs heel wat waterlopen zelfs helemaal geen overschot (Schneiders *et al.*, 2020).

1.2 Biodiversiteit en ecologische herstelkosten

Het wereldwijde verlies van biodiversiteit heeft belangrijke maatschappelijke en economische gevolgen. Biodiversiteit zorgt voor voedsel, zuiver water, schone lucht, beschutting en geneesmiddelen, verzacht natuurrampen, plagen en ziekten en draagt bij aan de regulering van het klimaat. Ze levert ecosysteemdiensten die de grondslag vormen van onze economie. Ons welzijn en onze welvaart hangen dan ook nauw samen met gezonde ecosystemen. Met de EU-biodiversiteitsstrategie-2020 wil de Europese Unie (EU) het biodiversiteitsverlies en de aantasting van ecosysteemdiensten binnen de EU uiterlijk tegen 2020 stoppen en, voor zover dit haalbaar is, ombuigen naar een herstel (Van Gossum *et al.*, 2016). In de recente EU-biodiversiteitsstrategie-2030 wordt gesteld dat de autoriteiten van de lidstaten de vergunningen voor wateronttrekking en opstuwning opnieuw moeten bekijken om de ecologische stromen te herstellen zodat tegen 2027 alle oppervlaktewateren een goede toestand of een goed potentieel bereiken en al het grondwater een goede toestand bereikt, zoals vereist in de Kaderrichtlijn Water (KRW) (Europese commissie, 2020).

Omdat verschillende groepen organismen (bv. periphyton, macrofyten, macro-invertebraten en vissen) sterk verschillen in hun reacties op zowel verstoring als herstel, moet een beoordeling van effecten zowel taxonomische als ruimtelijke representativiteit in overweging nemen (Mueller *et al.*, 2013a, b, 2014b; Mueller & Geist, 2016). De verschillende biotische groepen zullen dus in meer of mindere mate te lijden hebben als bepaalde ecologische drempels (bv. waterpeil, debiet of stroomsnelheid) worden onderschreden door waterschaarste en droogte. Verschillende soorten hebben bovendien verschillende herkolonisatiemogelijkheden en/of –capaciteiten.

Het kwantificeren van de cumulatieve (onomkeerbare) ecologische schade is bijgevolg bijzonder complex. Om een voorbeeld te geven zou men moeten becijferen wat de gevolgen zijn van het verdwijnen van organismen die voor bioturbatie¹ zorgen, zoals beekpriklarven, mosselen of gravende insectenlarven. Deze organismen beïnvloeden sterk de microbiële gemeenschapssamenstelling, nutriëntfluxen en voedselwebeffecten (Boeker *et al.*, 2016; Boeker & Geist, 2016).

In de meeste gevallen zullen biologische elementen de structurele, fysische en chemische verbeteringen volgen door natuurlijke herkolonisatie (Pander *et al.*, 2016), maar er zijn enkele uitzonderingen. In slecht verbonden systemen zijn afgezonderde populaties van niet-vliegende soorten mogelijk niet in staat om de zoetwaterhabitats opnieuw te koloniseren. Daarom moet natuurlijke herkolonisatie soms worden ondersteund door actieve tussenkomst (Geist & Hawkins, 2016).

De impact van droogte op biodiversiteit, ecosystemen en ecosysteemdiensten gaat verder dan de ecologische schade aan een rivier- of beekecosysteem en is niet te herleiden tot het verdwijnen van een soort. De kost voor de herintroductie van een of meer charismatische vissoorten is in veel gevallen dan ook niet representatief voor de totale cumulatieve kost voor de geleden (onomkeerbare) ecologische schade. De totaalcost voor het herstellen van een rivier- of beekecosysteem valt nauwelijks te becijferen. Dit advies biedt enkel een minimale benadering voor de kwantificering van (onomkeerbare) ecologische schade onder de vorm van het berekenen van de kost voor de herintroductie van een of

¹ Bioturbatie is het verstoren, omwoelen, mengen en herschikken van de bodem door benthische organismen. Bij dieren gebeurt het veelal door het graven in en het eten van sediment.

meerdere verdwenen vissoorten. De ecologische schade van droogte heeft naast een ecologische vaak ook een sociale en economische dimensie.

Economische waardering biedt op zich geen informatie over hoe we best omgaan met ecologisch onomkeerbare processen, met het verlies van unieke of onvervangbare sociaal-culturele waarden, of met de morele, intrinsieke waarde van levende organismen. Ze geven doorgaans ook geen signaal vanaf welk punt ecologische degradatie, en een verlies van ecosysteemdiensten, onomkeerbaar wordt (Van Reeth *et al.*, 2016).

2 Gevolgen van droogte voor aquatische fauna

Aquatische ecosystemen kunnen (onomkeerbare) schade van verdroging ondervinden. Zo kan het gebrek aan water leiden tot droogval en verminderde werking van visdoorgangen (rechtstreeks effect). Extreem lange droge periodes hebben daarnaast niet alleen invloed op de waterkwantiteit, maar ook op de waterkwaliteit (onrechtstreeks effect). In tegenstelling tot de invloed van klimaatverandering op waterkwantiteit, blijven de waterkwaliteitseffecten in de discussies onderbelicht. Hierover is ook nog maar weinig bekend (Loeve *et al.*, 2006). Wat de hoeveelheid opgelost zuurstof in het water betreft, is bijvoorbeeld wel bekend dat de concentratie meestal daalt bij een hogere watertemperatuur. Het waterpeil heeft hier een invloed op. Hoe lager het waterpeil, hoe sneller en sterker immers de watertemperatuur stijgt en het zuurstofgehalte daalt. Door het kleinere watervolume in ondiep water, hebben aanwezige vervuilingbronnen ook een grotere impact dan in diep water. Niet alleen stijgen de concentraties pollutanten, maar omdat ondiep water sneller opwarmt, versnelt de afbraak van organisch materiaal, met zuurstofproblemen en een verhoogde kans op vissterfte tot gevolg. Ook biochemische processen bij droogval van waterbodems en verzilting (zoutstress) kunnen indirecte gevolgen zijn van droogte op de waterkwaliteit. Daarnaast neemt de kans op acute ecologische problemen zoals vissterfte, cyanobacteriebloei, botulisme ... sterk toe bij langdurige droogte. Dat werd in 2017, 2018 en 2019 op meerdere locaties vastgesteld. Dit alles kan leiden tot een verslechterde ecologische toestand. (Buysse *et al.*, 2020)

Op niveau Vlaanderen kunnen we de schade als onomkeerbaar beschouwen als doelsoorten lokaal uitsterven en dus verlies aan genetische diversiteit optreedt (i.e. genetische verarming) aan een tempo dat niet gecompenseerd wordt door dispersie of evolutionaire adaptatie (Buysse *et al.*, 2020). Door verdroging kan het ecosysteem fundamenteel veranderen. Dit kan het succesvol herintroduceren van verdwenen soorten hypothekeren. In dit geval is herintroductie geen duurzame oplossingsmaatregel voor het mitigeren van de ecologische schade.

In dit advies nemen we drie verschillende vissoorten onder de loep die gevoelig kunnen zijn voor de gevolgen van verdroging en bijgevolg ook relevant voor deze oefening: de rivierdonderpad (*Cottus gobio*), de grote modderkruiper (*Misgurnus fossilis*) en de kwabaal (*Lota lota*).

De voorbije maanden is door een werkgroep bestaande uit de provincies, ANB, INBO en de VMM een aanpak voor een ecologisch afwegingskader uitgewerkt. De opmaak en onderbouwing van een ecologische kwetsbaarheidskaart werd o.a. gebaseerd op de aanwezigheid van Habitatrichtlijnsoorten en/of doelsoorten in de waterloop. De Habitatrichtlijnsoorten die relevant werden beschouwd als doelsoorten in het ecologisch afwegingskader, zijn o.a. rivierdonderpad en grote modderkruiper. Voor rivierdonderpad werd een soortenbeschermingsprogramma's (SBP) gemaakt en voor grote modderkruiper is er een SBP in opmaak.

2.1 Gevolgen van droogte voor vissen

De Europese beschermingsstatus verplicht de lidstaten om de relictpopulaties van rivierdonderpad en grote modderkruiper te beschermen/behouden en in een gunstige staat van instandhouding te brengen. De overblijvende populaties in onze kleine beken en

bronbeken zijn vaak erg klein en worden gekenmerkt door verminderde niveaus van genetische diversiteit en fitness. Mede gelet op hun Rode-Lijststatus zullen deze soorten op korte termijn uitsterven in Vlaanderen wanneer niet tijdig voldoende maatregelen genomen worden. Het verdwijnen van de genetische diversiteit druist in tegen de regels van het Biodiversiteitsverdrag (Rio, 1992).

- Rivierdonderpad

Rivierdonderpad is een typische vissoort van natuurlijke beken en rivieren met een hoge structuurkwaliteit. Zijn verspreiding situeert zich vooral in het bovenstroomse gedeelte van beken. In vergelijking met sterk gekanaliseerde laaglandbeken en -rivieren zijn de kleinere natuurlijkere (bron)beken veel gevoeliger aan verlies van leefgebied. Dat komt omdat bij een beperkte peilverlaging een groot deel van de litorale zone en bij een aanzienlijke peilverlaging zelfs een groot deel van de beek, droog kan komen te staan. Het litoraal is de zone in een waterlichaam waarin nog zoveel zonlicht tot de bodem doordringt dat wortelende waterplanten zich kunnen vestigen. De eulitorale zone, waar waterplanten voorkomen die boven het water uitsteken, is voor veel vissen belangrijk omdat ze er zich voortplanten en er voedsel zoeken. Het probleem voor donderpad stelde zich recent bijvoorbeeld heel concreet in de Laarse beek (Brasschaat) waar het waterpeil veel te laag kwam te staan. Reeds vanaf half april 2020 werden meldingen gemaakt van te lage waterpeilen voor de tijd van het jaar (figuur 1). Ook werd een geslaagde herintroducties in de Waerbeek (Eliksem) uitgebaggerd en mislukte de herintroductie in de Sint Annabeek (Borgloon) doordat er teveel water gecaptureerd werd en de beek werd droog getrokken. Ook stonden er afgelopen jaren in de Kempen heel veel taplopen, die gevoed worden met kanaalwater, droog waarbij de aanwezige vispopulaties volledig verdwenen.



Figuur 1. De Laarse Beek (Beneden-Scheldebekken) is een kleine Kempense beek met een populatie rivierdonderpad. Op 16 april 2020 wordt al melding gemaakt van een te laag waterpeil waardoor de beek sterk is gereduceerd in breedte en de litorale zone al voor een deel droog komt te staan (foto VRT NWS).

- Grote modderkruiper

De grote modderkruiper is een typische rivierbegeleidende vissoort die voornamelijk leeft in de uiterwaarden (overstromingsvlaktes) van waterlopen (oude rivierbeddingen, meanders, moerassen, veedrinkpoelen, grachten en sloten). De volwassen dieren zijn enigszins bestand tegen uitdroging van hun habitat tijdens de zomer en kunnen zelfs volledige droogval overleven door zich in te graven in dikke sliedlagen. Dit is een overlevingsstrategie die de vis bevoordeelt ten opzichte van vissen die hiertoe niet in staat zijn. Droogval houdt echter ook risico's in omdat het de vis vatbaarder maakt voor predatie door onder meer ratten en reigerachtigen. Met droogte die al vroeg in het jaar optreedt, heeft de soort evenwel meer moeilijkheden. Het is zelfs een van de belangrijkste redenen van zijn verdwijnen in onze contreien. Deze soort paait namelijk in het voorjaar in plas/dras zones zoals ondergelopen weilanden en ondiepe, vegetatierijke slootjes die tot het einde van juni waterhoudend moeten zijn om de larven volledig te kunnen laten ontwikkelen. Bovendien zorgt droogte ook voor een toegenomen verlanding van zijn leefgebied. Een verbeterde hydrologie in combinatie met geschikt (paai)habitat vormen dan ook de belangrijkste aspecten om tot een succesvol herstel van deze soort te komen. De huidige droogteperiodes zijn bijgevolg nefast voor de nog aanwezige relictpopulaties en extra onttrekking van water uit waterlopen die zich in de buurt van de relictgebieden van deze soort bevinden, maakt het voor de grote

modderkruiper nog moeilijker, zo niet onmogelijk, om zich succesvol voort te planten en op termijn een meer duurzame populatie uit te bouwen.

- Kwabaal

De kwabaal, de enige vertegenwoordiger van de kabeljauwachtigen die zijn volledige levenscyclus in het zoetwater doorbrengt, was sinds 1960-1970 uitgestorven in België (Dillen *et al.*, 2005). Oorzaken voor deze achteruitgang waren waterverontreiniging, habitatdegradatie, verlies van of het onbereikbaar worden van geschikte paaigronden t.g.v. verdroging veroorzaakt door de ontwatering van valleien om ze (meer) geschikt te maken voor o.a. landbouw. Hoewel de waterkwaliteit van de Vlaamse rivieren de laatste decennia gestaag verbeterde en er meer aandacht wordt besteed aan het verbeteren van de beekstructuur en het verzekeren van een vrije vismigratie, was er door de afwezigheid van bronpopulaties in de directe omgeving geen natuurlijk herstel van kwabaalpopulaties mogelijk. In de wintermaanden paait de kwabaal bij voorkeur in overstromingsgebieden. Deze moeten langdurig (tot begin april) onder water staan omdat de eitjes zich traag ontwikkelen en de kleine larfjes afhankelijk zijn van weideplankton.

Een recente Nederlandse studie toont aan dat langdurige droogte resulteert in afnemende scores voor de Europese KRW-maatlatten (Verdonschot *et al.*, 2020). Stagnerend water heeft vooral negatieve gevolgen voor stroomminnende soorten (Verdonschot *et al.*, 2015). Dit zijn vaak de kenmerkende soorten die in de KRW-maatlatten worden gebruikt om de ecologische kwaliteit te bepalen. Waarnemingen na de extreme droogte van 1976 suggereren dat herstel niet vanzelfsprekend is; veel voorkomende beeksoorten in Nederland keerden snel terug, maar voor zeldzame soorten en soorten met specifieke habitateisen was dit niet altijd het geval (van Dam & van Apeldoorn, 1978).

Wanneer het waterpeil en/of debiet in een waterloop onder een bepaalde (ecologische) drempel zakt, kan dit dus leiden tot (onomkeerbare) ecologische schade. In een worstcasescenario kan dit leiden tot het volledig verdwijnen van relictpopulaties van zeldzame soorten. Een zinvolle benadering voor de kwantificering van dergelijke ecologische schade is het berekenen van de kost voor de herintroductie van verdwenen soorten.

3 Herintroductie

Herintroductie is het bewust vrijlaten van exemplaren van een soort in een welbepaald geografisch gebied waar de soort in het verleden inheems was maar is uitgestorven door menselijke activiteiten (Cowx, 1998). Naargelang de vereisten van de soort en de doelstellingen van de herintroductie kan het uitgezette levensstadium gaan van bevruchte eieren, larven, tot juvenielen of adulten.

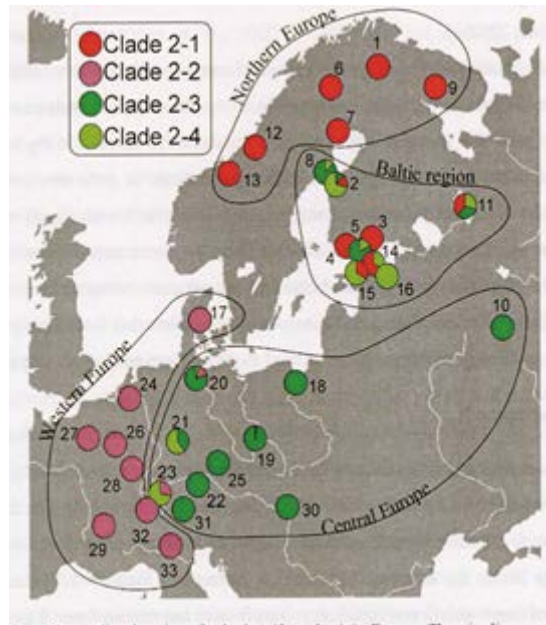
Herintroducties moeten voldoen aan de criteria vastgelegd door de IUCN: Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations (IUCN/SSC (2013)). De belangrijkste onderzoeksstappen die gevolgd worden bij de herintroductie van vissoorten worden in onderstaande paragrafen toegelicht.

3.1 Populatiegenetisch onderzoek

Een populatiegenetische studie moet nagaan uit welke waterlopen of rivierbekkens in Vlaanderen (i.e. als het een lokaal uitsterven betreft zoals bijvoorbeeld voor rivierdonderpad of grote modderkruiper) of Europa (i.e. als het een uitsterven betreft op schaal Vlaanderen zoals bijvoorbeeld voor kwabaal het geval was) geschikte ouderdieren kunnen gehaald worden die de oorspronkelijke populatie genetisch het meest benaderen.

Het populatiegenetisch onderzoek voor kwabaal (Van Houdt *et al.*, 2003) toonde aan dat er in Europa vier grote genetische kwabaalgroepen bestaan: een noordelijke groep, een continentale groep en een Atlantische groep. In de Baltische regio is er sprake van een

menggroep (figuur 2). België, Frankrijk en Nederland vallen volledig in het areaal van de Atlantische groep die ruwweg de stroomgebieden van Seine, Maas, Rijn en enkele kleinere stroomgebieden uit het Noordzeegebied omvat. Latere studies toonden aan dat er belangrijke verschillen zijn (o.a. betreffende lichaamsbouw, maar ook voortplantingsgedrag) tussen de verschillende genetische groepen.



Figuur 2. Aanduiding van de vier grote genetische groepen van kwabaal in Europa: een noordelijke groep, een continentale groep, een Atlantische groep en een menggroep in de Baltische regio.

Rivierdonderpad leeft voornamelijk in de bovenstroomse gedeeltes van een rivier en migreert over veel kleinere afstanden dan bijvoorbeeld de kwabaal. Door het ontbreken van een zwemblaas heeft de soort het ook moeilijk om beken stroomopwaarts te koloniseren. Hierdoor ontwikkelden de verschillende Vlaamse populaties zich doorheen de tijd tot aparte genetische beheerseenheden met soms unieke private allelen (Volckaert, 1998). Dit betekent dat een deel van de genetische variatie op geen enkele andere plaats wordt teruggevonden.

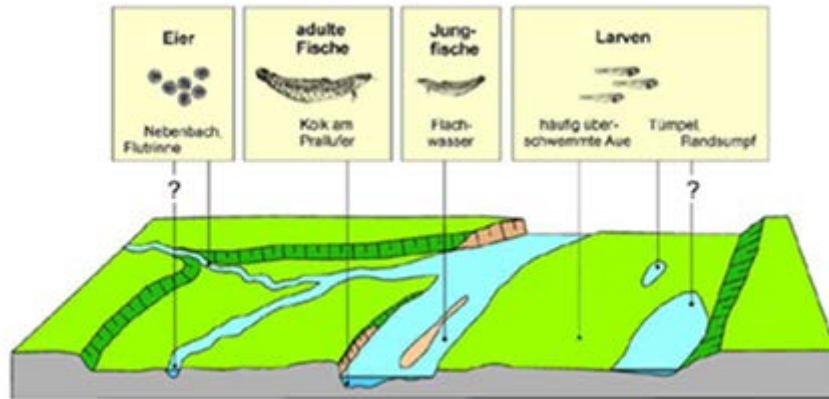
De voortplanting van grote modderkruiper vormt een zeer complex kluwen van voortplantingsstrategieën. Recent onderzoek in Vlaanderen toonde aan dat de Vlaamse relictpopulaties genetisch sterk verarmd zijn door inteelt te wijten aan isolatie (Mergeay *et al.*, niet gepubliceerde data). Om de populaties te behoeden voor verdere achteruitgang en extinctie, wordt een kweek- en uitzetprogramma opgezet waarbij overgebleven relictpopulaties (Goorke en Herkenrode) gekruist zullen worden met genetisch gezonde(re) populaties uit Nederland. De genetisch gezondere dieren zullen gebruikt worden om enerzijds de relictpopulaties te versterken en anderzijds om nieuwe populaties te vestigen in geschikt habitat waar de soort op eigen kracht niet meer kan geraken.

3.2 Habitatbinding in referentiebiotopen

In een rivier gebruiken vissen tijdens de verschillende fasen in hun levenscyclus andere microhabitats. Tussen deze ruimtelijk gescheiden habitats ondernemen ze kleine of grotere migraties. Aanwezigheid van al deze karakteristieke microhabitats (binnen een range van enkele kilometers) is een voorwaarde voor de overleving van een soort (figuur 3).

Omdat er vaak (te) weinig informatie beschikbaar is over de habitateisen van de verdwenen soorten in laaglandbeken en -rivieren, wordt eerst de referentiesituatie onderzocht. Een referentierivier wordt bemonsterd om het habitatgebruik van de doelsoort te analyseren. Verschillende variabelen worden opgemeten (o.a. diepte, stroomsnelheid, hard of zacht

substraattypen en aan- of afwezigheid van holle oevers, dood hout, ondergedoken waterplanten). Vervolgens wordt geanalyseerd voor welke variabe(n) de doelsoorten de sterkste voorkeur hebben. Zo heeft kwabaal een sterke voorkeur voor holle oevers.



Figuur 3. Gebruik van verschillende microhabitats door de verschillende levensstadia van kwabaal (eier = eitjes; adulte Fische = volwassen vissen; Jungfische = juvenielen; Larven = larven) (Figuur uit Bunzel-Drüke *et al.*, 2004)

Het doel van de gedetailleerde habitatstudie bestaat erin een habitatgeschiktheidsmodel op te stellen voor de verdwenen soort. Met dergelijk model kunnen we vervolgens de geschiktheid van Vlaamse waterlopen voor de te herintroduceren soort evalueren.

3.3 Kweekprogramma

Bij een kweekprogramma van een bedreigde (vis)soort is het cruciaal om zo veel mogelijk nakomelingen te verkrijgen die optimaal aangepast zijn aan een leven in de vrije natuur. Allereerst moet er, om inteelt te voorkomen, getracht worden om voldoende kweekdieren te bemachtigen die beantwoorden aan het juiste genetische profiel. Nadien worden deze dieren onder gecontroleerde omstandigheden tot voortplanting gestimuleerd. Bij het uitbroeden van de eitjes en opkweken van de juvenielen in een gecontroleerde omgeving is de sterfte door predatie of slechte waterkwaliteit sterk gereduceerd. De leeftijd van de uitgezette dieren is afhankelijk van de gekweekte soort en de omstandigheden op het terrein.

Het INBO beschikt in Linkebeek over de nodige infrastructuur en over een jarenlange ervaring om de teeltprogramma's (wetenschappelijk en technisch) te ondersteunen. Afgelopen jaren werden er acht verschillende intensieve kweekprogramma's, waaronder rivierdonderpad, kwabaal en grote modderkruiper, opgestart en doorlopen.



Figuur 4. Incubatieflessen met eitjes van de kwabaal (Foto: INBO)

3.4 Herintroductie van kwabaal, rivierdonderpad en grote modderkruiper

Afgelopen decennia werden er meerdere herintroductieprogramma's uitgevoerd in opdracht van het Agentschap Natuur en Bos. Kwabaal werd voor het eerst uitgezet o.a. in de Grote Nete in 2005. Er konden door herintroducties meerdere populaties gesticht worden van de rivierdonderpad in verschillende zijbeken van de Demer en de Dijle. De populatie van grote modderkruiper in Herkenrode werd versterkt met het nageslacht van gebiedseigen kweekdieren. Bij een herintroductie is het noodzakelijk om voldoende jaren na elkaar individuen van de soort uit te zetten om een stabiele opbouw van de populatie te bekomen. Deze periode is afhankelijk van soort tot soort. Bij rivierdonderpad en grote modderkruiper is dat minimaal drie jaar. Bij kwabaal zou een periode van vijf jaar moeten volstaan zoals het voorbeeld in de rivier de Beerse in Nederland ons leert. Evenwel kunnen allerlei factoren het proces verstoren. Zo stellen we in de Grote Nete vast dat er meer dan 15 jaar nodig is om een zichzelf instandhoudende populatie te verkrijgen.

3.5 Opvolging herintroductie en rapportage

In de jaren volgend op de herintroducties worden via elektrische bevissingen de overleving, groei en eventuele voortplanting bestudeerd. Bij rivierdonderpad is de opvolging vrij beperkt in tijd en ruimte omdat de soort leeft in ondiepe bovenlopen. Kwabaal heeft een complexere levensverloop. Deze dieren zoeken naarmate ze ouder worden andere delen van het watersysteem op. Bovendien zijn de oudere dieren nachtactief en leiden ze een verborgen leven. Ook populaties van de grote modderkruiper zijn moeilijk op te volgen. Een aantal maanden van het jaar graven ze zich in in de modder. Om hun aanwezigheid te kunnen vaststellen, moeten geavanceerde technieken zoals eDNA ingezet worden.

De resultaten van de verschillende herintroductieprogramma's worden geanalyseerd en in wetenschappelijke rapporten gerapporteerd.

4 Kostprijs van herintroductieprogramma's

4.1 Internationale voorbeelden

4.1.1 Herintroductie van de Atlantische steur (*Acipenser sturio*) in de Elbe

Zoetwatervissen zoals de Atlantische steur behoren tot de meest bedreigde diersoorten ter wereld. In vrijwel het gehele oorspronkelijke leefgebied is de Atlantische steur uitgestorven. In België werden sinds de periode 1935 - 1943 geen waarnemingen meer gedaan (Poll, 1945). Op dit moment is het voortbestaan van de Atlantische steur in West Europa als soort vrijwel geheel afhankelijk van een herintroductieprogramma dat de Franse en Duitse overheden momenteel uitvoeren in het Gironde-estuarium en de Elbe (Vis & De Bruijn, 2012). In Duitsland ondersteunt de federale overheid de bouw van een nationaal wetenschappelijk onderzoekscentrum voor de herintroductie van de steur met 6,9 miljoen euro. (Bron: <https://www.igb-berlin.de/news/bund-unterstuetzt-mit-69-mio-euro-den-bau-eines-nationalen-zentrums-zur-wiederansiedlung-des>).



Figuur 5. Juvenile Atlantische steur met een herkenbaar geel merkteken net voor herintroductie in de Duitse rivier de Elbe (Foto: Sebastian Hennigs).



Figuur 6. Herintroductie van juveniele Atlantische steuren in de Elbe (Foto: Andrea Schimdt).

4.1.2 Herintroductie van de elft (*Alosa alosa*) in het Rijngebied

Het LIFE-Project "Elft - The re-introduction of allis shad (*Alosa alosa*) in the Rhine System" heeft de herintroductie van de ooit veelvoorkomende Rijnvis tot doel. Om zich voort te planten zwom de grote haringsoort vroeger met wel honderdduizenden tegelijk honderden kilometer stroomopwaarts. Hij voorzag daarbij de beroepsvissers langs de Rijn in hun onderhoud. Aan het begin van de twintigste eeuw stortte de vispopulatie in het Rijngebied in. Vervuiling van het water, overbevissing en het ombouwen van de Rijn tot een scheepvaartroute waren hiervan de oorzaak. Vandaag wordt de elft nog maar zelden in de Rijn aangetroffen en een grote elft populatie is er enkel nog in Frankrijk. Een wetenschappelijk onderbouwd project ondersteunt nu de stapsgewijze terugkeer van deze

bijzondere vissoort. Tussen 2008 en 2010 werden 4,85 miljoen elftlarven uitgezet in de Rijn; onder meer in een meander bij de stad Erfelden en de benedenloop van de Sieg nabij Bonn (van 't Hoog, 2011).

De vissen worden in Frankrijk gekweekt en gemarkeerd uitgezet in de Rijn zodat het succes van de maatregelen kan worden nagegaan.

Het LIFE-Project "Elft"² liep van 2007 tot 2010 en beschikte over een budget van 956.348 euro.

De eerste herintroductie van de elft in de Rijn kreeg een vervolg in het Life+ Project "Alosa alosa"³ en had een projectduur van 5 jaar (2011 tot 2015) en een projectbudget van 1.605.827 euro.

Aan de herintroductie van elft in de Rijn werd er tussen 2007 en 2015 minstens een budget van 2,6 miljoen euro besteed.



Figuur 7. Vondst van de eerste Elft in meer dan 100 jaar in de Bovenschelde in 2020 (Foto: Nico De Maerteleire).

² https://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=3121

³ <https://www.lanuv.nrw.de/alosa-alosa-2011/en/projekt/steckbrief.html>

4.1.3 Herintroductie van de Atlantische zalm (*Salmo salar*) in het stroomgebied van de Maas in Wallonië

In Europa is de Atlantische zalm sterk afgenomen en wordt ze nu als een belangrijke indicatorsoort voor de waterkwaliteit en -connectiviteit beschouwd. Ook in Belgische rivieren kwam de Atlantische zalm ooit veelvuldig voor. De laatste meldingen van zalm in de Schelde dateren van 1842. In 1983 werden bij een elektrische bevissing in de Berwijn, een zijrivier van de Maas, vier zeeforellen (*Salmo trutta trutta*) gevangen. Door de terugkeer van de zeeforel, een zalmachtige vissoort, rees de idee om te starten met de herintroductie van de Atlantische zalm in het Maasbekken. In 1987 startten de Waalse overheid en de universiteiten van Namen en Luik het project 'Meuse Saumon 2000'⁴ Het doel van dit project is om opnieuw een zichzelf instandhoudende populatie van de zalm te vestigen in het stroomgebied van de Maas. Al meer dan 30 jaar worden verschillende acties ondernomen: herintroducties van jonge zalmen, ecologische studies van de verschillende levensstadia van de geherintroduceerde zalmen, herstel van de migratieroutes van de zalm via de bouw van vispassages en internationale samenwerkingen.

4.2 Herintroducties van vissoorten in Vlaanderen

Het INBO voert in het kader van soortherstelprogramma's herintroducties uit van in Vlaanderen verdwenen of bedreigde vissoorten zoals rivierdonderpad, kwabaal en grote modderkruiper.

Voor de herintroductie van rivierdonderpad in verschillende zijbeken van de Demer en de Dijle, inclusief 3 jaar wetenschappelijke opvolging, becijferden we op basis van de belangrijkste te volgen onderzoeksstappen bij een herintroductie, een totaalbedrag van minstens 250.000 euro.

Voor de herintroductie van kwabaal in verschillende Vlaamse beken en in de Grote Nete in het bijzonder, komen we op een totaalbedrag tussen ca. 820.000 en ca. 1.470.000 euro (respectievelijk voor 5 en 15 jaar wetenschappelijke opvolging). Beide bedragen zijn exclusief de kosten voor het populatiegenetisch onderzoek. Dit luik werd uitgevoerd door de Katholieke Universiteit Leuven en de kostprijs is ons niet bekend. De werkelijke kost ligt dus hoger. Bij kwabaal zou een periode van 5 jaar moeten volstaan, maar de uitgevoerde introductie in Vlaanderen toont dat allerlei factoren het proces verstoren, waardoor er meer dan 15 jaar opvolging nodig is om een zichzelf instandhoudende populatie te verkrijgen.

In het kader van een soortenbeschermingsprogramma wordt de populatie van grote modderkruiper in Herkenrode (Demerbekken) versterkt met het nageslacht van gebiedseigen kweekdieren. Het bedrag voor deze bepoting en wetenschappelijke opvolging werd begroot op ca. 492.000 euro (inclusief minimaal 3 jaar wetenschappelijke opvolging).

Tabel 1. Becijfering van de belangrijkste onderzoeksstappen die gevolgd worden bij de herintroductie van rivierdonderpad, kwabaal en grote modderkruiper in Vlaanderen (bedragen in Euro).

	Rivierdonderpad	Kwabaal	Kwabaal	Grote modderkruiper
1. Populatiegenetisch onderzoek	54.600	Onbekend	Onbekend	121.180
2. Voorbereidende habitatsstudie	57.879	276.375	276.375	142.468
3. Voorbereiding kweek	24.198	218.000	218.000	25.114
4. Uitvoeren kweekprogramma	73.980 (24.660/jaar * 3 jaar)	194.703 (38.941/jaar * 5 jaar)	584.109 (38.941/jaar * 15 jaar)	164.289 (54.763/jaar * 3 jaar)
5. Evaluatie herintroductieprogramma	38.913 (12.971/jaar * 3 jaar)	129.735 (25.947/jaar * 5 jaar)	389.205 (25.947/jaar * 15 jaar)	38.913 (12.971/jaar * 3 jaar)
Totaalkost	249.570	> 818813	> 1467689	491.964

⁴ https://www.saumon-meuse.be/saumon/saumon_2000.html

Conclusie

De impact van droogte op biodiversiteit, ecosystemen en ecosysteemdiensten gaat verder dan de ecologische schade aan een rivier-/beekecosysteem en is niet te herleiden tot het verdwijnen van een soort. Schade door droogte heeft ook een sociale en economische dimensie. De kost voor de herintroductie van een of meer vissoorten is niet representatief voor de totale cumulatieve kost van (onomkeerbare) ecologische schade aan rivier- of beekecosystemen. De totaalkost van (onomkeerbare) ecologische schade is nauwelijks te becijferen. Een zinvolle, doch absoluut minimale, benadering om (onomkeerbare) ecologische schade aan rivier- of beekecosystemen te kwantificeren, is de berekening van de kost voor de herintroductie van verdwenen vissoorten.

In Duitsland ondersteunt de federale overheid de bouw van een nationaal wetenschappelijk onderzoekscentrum voor de herintroductie van de steur met 6,9 miljoen euro. Aan de herintroductie van elft in de Rijn werd er tussen 2007 en 2015 minstens 2,6 miljoen euro besteed.

In Wallonië wordt al meer dan 30 jaar geïnvesteerd in de opbouw van een leefbare populatie van de Atlantische zalm in Ardense rivieren. De kostprijs daarvan is ons niet bekend.

In Vlaanderen worden ook zeldzame of bedreigde vissoorten geherintroduceerd zoals kwabaal, rivierdonderpad en grote modderkruiper. De duur en dus ook de kostprijs van dergelijke herintroductieprogramma's varieert sterk. Dit is onder andere afhankelijk van de complexiteit van de levenscyclus en de levensduur van de soort.

Voor de herintroductie van rivierdonderpad in enkele zijbeken van de Dijle, inclusief drie noodzakelijke jaren wetenschappelijke opvolging, becijferden we een totaalbedrag van 250.000 euro.

Voor de herintroductie van kwabaal in Vlaanderen, becijferden we een totaalbedrag tussen minimum 820.000 en maximum 1.470.000 euro (respectievelijk voor 5 en 15 jaar wetenschappelijke opvolging en beiden exclusief de kostprijs van het populatie-genetisch onderzoek).

In het kader van een soortenbeschermingsprogramma wordt de relictpopulatie van grote modderkruiper in Herkenrode (Demerbekken) versterkt met het nageslacht van gebiedseigen kweekdieren. Het bedrag voor deze bepoting en voor de wetenschappelijke opvolging wordt begroot op 492.000 euro (inclusief minimaal 3 jaar wetenschappelijke opvolging).

Referenties

- Boeker C, Geist J. (2016). Lampreys as ecosystem engineers: Burrows of *Eudontomyzon* sp. and their impact on physical, chemical, and microbial properties in freshwater substrates. *Hydrobiologia* 777: 171–181.
- Boeker C., Lueders T., Mueller M., Pander J., Geist J. (2016). Alteration of physico-chemical and microbial properties in freshwater substrates by burrowing invertebrates. *Limnologia Ecology and Management of Inland Waters* 59: 131–139.
- Bunzel-Drücke M., Scharf M., Zimball O. (2004). Zur Biologie der Quappe. Ein Literaturüberblick und Feldstudien aus der Lippeaue. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 36(11): 334-340.
- Buyse D., Van Wichelen J., Van Braeckel A., Vermeersch S., Breine J., Van Ryckegem G., Van den Bergh E, Coeck J. (2020). INBO.A.3959 Advies over de ecologische kwetsbaarheid van bevaarbare waterlopen bij droogte. Advies van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020. Brussel.
- Cowx I.G. (1998). Stocking strategies: issues and options for future enhancement programmes. In Cowx I.G. (Ed.): *Stocking and introduction of fish*. Blackwell Science, Oxford. pp. 3-14.
- De Selys-Longchamps E. (1887). Révisions des poissons d'eau douce de la faune Belge. Extrait de l'Académie royale de Belgique, 3me série, tome XIV, n°12, 1887.
- Dillen A., Martens S., Baeyens R., Coeck J. (2005). Onderzoek naar de biologie van de kwabaal (*Lota Lota* L.), ter voorbereiding van het herstel van de soort in het Vlaamse Gewest. Rapport van het Instituut voor Natuurbehoud IN.R.2005.04, Brussel.
- Europese commissie (2020). Mededeling van de commissie aan het Europees Parlement, De Raad, Het Europees Economisch en Sociaal Comité en Het Comité Van De Regio's. EU-biodiversiteitsstrategie voor 2030. De natuur terug in ons leven brengen. Brussel, 20.5.2020, COM(2020) 380 final.
- Geist J., Hawkins S.J. (2016). Habitat recovery and restoration in aquatic ecosystems: current progress and future challenges. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 26: 942–962.
- IUCN/SSC (2013). *Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations*. Version 1.0. Gland, Switzerland: IUCN Species Survival Commission, viiii + 57 pp.
- Loeve R., Droogers P., Veraart J. (2006). *Klimaatverandering en waterkwaliteit*. Wetterskyp Fryslân. FutureWater report 58.
- Mueller M, Pander J, Geist J. (2013a). Taxonomic sufficiency in freshwater ecosystems: Effects of taxonomic resolution, functional traits, and data transformation. *Freshwater Science* 32: 762–778.
- Mueller M, Pander J, Wild R, Lueders T, Geist J. (2013b). The effects of stream substratum texture on interstitial conditions and bacterial biofilms: Methodological strategies. *Limnologia* 43: 106–113.
- Mueller M, Pander J, Geist J. (2014b). A new tool for assessment and monitoring of community and ecosystem change based on multivariate abundance data integration from different taxonomic groups. *Environmental Systems Research* 3: 12. DOI:10.1186/2193-2697-3-12.
- Mueller M., Geist J. (2016). Conceptual guidelines for the implementation of the ecosystem approach in biodiversity monitoring. *Ecosphere* 7(5): e01305. DOI: 10.1002/ecs2.1305.

Pander J., Mueller M., Sacher M., Geist J. (2016). The role of life history traits and habitat characteristics in the colonisation of a secondary floodplain by neobiota and indigenous macroinvertebrate species. *Hydrobiologia* 772: 229–245.

Poll M. (1945). Contribution de la faune ichtyologique du Bas-Escaut. *Bull. Mus Zool. Nat. Belgique*, 32 pp.

Schneiders A., Alaerts K., Michels H., Stevens M., Van Gossum P., Van Reeth W., Vught I. (2020). Natuurrapport 2020: feiten en cijfers voor een nieuw biodiversiteitsbeleid. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020 (2). Brussel.

Van Gossum, P., Alaerts, K., De Beck, L., Demolder, H., De Smet, L., Michels, H., Schneiders, A., Stevens, M., Thoonen, M., Van Reeth, W., Vught, I. (2016). Hoofdstuk 1 - Inleiding ([dx.doi.org/10.21436/inbo.12342758](https://doi.org/10.21436/inbo.12342758)). In Van Gossum. et al. (eds.), Natuurrapport – Aan de slag met ecosysteemdiensten. Technisch rapport. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.M.2016.12342456, Brussel

Van Houdt J., Hellemans B., Volckaert F. (2003). Phylogenetic relationships among Palearctic and Nearctic burbot *Lota lota*: Pleistocene extinctions and recolonization. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 29: 599-612.

Van Reeth W., Alaerts K., Stevens M., De Keersmaecker L., Van Gossum P., Verachtert E., (2016). Hoofdstuk 4 – Landgebruiksveranderingen waarderen in Vlaanderen (INBO.R.2016.12342907). In Van Gossum. et al. (eds.), Natuurrapport – Aan de slag met ecosysteemdiensten. Technisch rapport. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.M.2016. 12342456, Brussel.

van 't Hoog A. (2011). Wachten op de eerste meivis. In: *Visionair*, nr. 20 - juni 2011, pp. 13-15.

Volckaert F., Hellemans B., Daemen E., Ollevier F., Verreycken H., Belpaire C. (1998). Populatiegenetische karakterisatie van de rivierdonderpad (*Cottus Gobio* L., Teleostei) in Vlaanderen in functie van een soortherstelprogramma. Rapport IBW ism KULeuven. IBW.WB.V.R.98.058, 14 p.

Verdonschot R.C.M., Van Oosten-Siedlecka A.M., Braak C.J.F. ter, Verdonschot P.F.M. (2015). Macroinvertebrate survival during cessation of flow and streambed drying in a lowland stream'. *Freshwater Biology* 60: 282-296.

Verdonschot R., Verdonschot P., Knol B., Schmidt G., Scheepens M., Brugmans B., van Beers P., Lenssen J. (2020). Effecten van de droge zomer van 2018 op de macrofauna in laaglandbeken. H2O-Online / 2 juni 2020.

Vis H. & de Bruijn Q.A.A. (2012). Onderzoek naar het migratiegedrag van de Atlantische steur (*Acipenser sturio*) in de Rijn. *VisAdvies BV, Nieuwegein*. Projectnummer VA2011_43, 36 pag.