

Wat is de overlevingskans van uitgezette foreleitjes in de Zwalm?



wijze van citeren

Boets P., Dillen A., Auwerx J., Poelman E. (2020). Wat is de overlevingskans van uitgezette foreleitjes in de Zwalm? Een studie uitgevoerd door het Provinciaal Centrum voor Milieuonderzoek in samenwerking met Natuur en Bos. 12p.

Dankwoord

Graag willen we de Vereniging Vliegvisser Vlaamse Ardennen (VVVA) en in het bijzonder Tom, Dries en Kieran bedanken voor hun enthousiasme en hun ondersteuning bij het uitvoeren van dit onderzoek. Zonder hun hulp was dit praktisch onmogelijk geweest.

Inhoud

Inleiding.....	4
Materiaal en Methoden	4
Resultaten en Discussie.....	7
Aanbevelingen voor beheer en verder onderzoek.....	11
Referenties	12

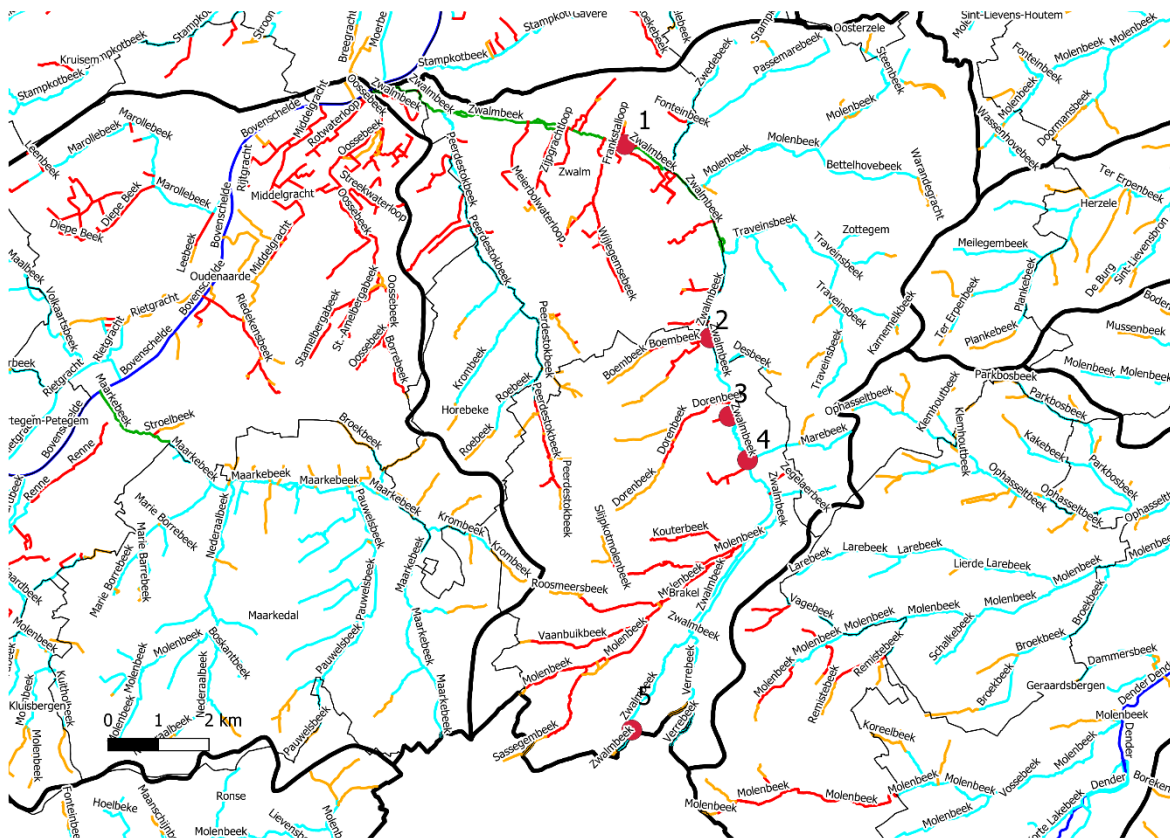
Inleiding

In 2016 werd na een grondige evaluatie van de waterkwaliteit en het habitat (Boets et al. 2018) gestart met de herintroductie van beekforel in het Zwalmbekken (Oost-Vlaanderen) en meer specifiek de Zwalm. Hoewel er op één van de zijrivieren (brongebied) van de Zwalm, namelijk de Sassegembeek, nog een natuurlijke populatie beekforel voorkomt, is de verspreiding van beekforel in Vlaanderen zeer beperkt (Boets et al. 2015). In 2007 werd er in het Denderbekken al een poging gedaan om beekforel te introduceren met beperkt succes (Dillen & Meulebrouck 2009). Een evaluatie van het visbestand gedurende de laatste jaren in de Zwalm gaf aan dat de jonge uitgezette forellen goed weten te overleven (Boets et al. ongepubliceerde data) maar dat de afgelopen warme en droge zomers vermoedelijk een negatief effect hebben op de populatie (Zoeter-Vanpoucke et al. 2020). Naast de herintroductie werd er ook heel wat aandacht besteed aan de optimalisatie van het (paai)habitat. Zo werden er paairiffels aangelegd en worden deze jaarlijks onderhouden (opgeharkt) door vrijwilligers. Tot op heden werd er echter nog geen natuurlijke reproductie van beekforel vastgesteld (Zoeter-Vanpoucke et al. 2020). Om na te gaan of natuurlijke reproductie van beekforel toch mogelijk is en wat de mogelijke knelpunten zijn bij de reproductie, werd er in de winter van 2019-2020 een in situ experiment uitgevoerd in de Zwalm. Hierbij werden Vibert boxen (kleine plastic kooien) gevuld met bevruchte foreleitjes afkomstig van het kweekcentrum voor visteelt te Linkbeek (INBO) op verschillende locaties in de waterloop geplaatst. Een evaluatie van de overleving van deze eitjes evenals enkele aanbevelingen voor het waterloopbeheer zijn terug te vinden in dit rapport.

Materiaal en Methoden

Het onderzoek werd uitgevoerd in de rivier de Zwalm (Zwalmbekken, Vlaamse Ardennen) op 5 verschillende locaties, waarvan 4 locaties op de hoofdloop en 1 locatie op de bovenloop (fig. 1):

- Lange Haag, Brakel – Dorenbosbeek (referentie in het veld gezien bronbosgebied, locatie 5)
- Groenstraat/Berendries, Brakel – Zwalm (locatie 4)
- Kasteeldreef, Brakel – Zwalm (locatie 3)
- Boembeke, Brakel – stroomafwaarts Boembekemolen – Zwalm (locatie 2)
- Rekegemstraat, Zwalm – stroomafwaarts Zwalmmolen – Zwalm (locatie 1)



Figuur 1 – Kaart met weergave van het Zwalmbekken en de verschillende locaties waar Vibert boxen werden geplaatst. De verschillende kleuren geven de verschillende categorieën waterloop weer. Groen=1^{ste} categorie, lichtblauw=2^{de} categorie, rood= 3^{de} categorie.

Daarnaast werd er ook een controleopstelling in het kweekcentrum voor visteelt in Linkebeek gehouden waarbij twee Vibert boxes werden geplaatst in een beekje met proper water en één box in een beekje met water dat licht aangerijkt is met nutriënten. Dit liet toe om de ontwikkelingssnelheid na te gaan (bij 10°C, temperatuur van het water in Linkebeek) en ook de overleving onder optimale condities te bepalen aangezien dit water ook als kweekwater wordt gebruikt (Pers. Comm. J. Auwerx).

De Sassegembeek, een van de locaties waar een restpopulatie aan beekforel zich weet in stand te houden (Boets et al. 2015) werd bewust niet mee opgenomen als testlocatie om eventuele invloed van de ingebrachte eitjes op de bestaande populatie te vermijden en om genetische inmenging in dit stadium te verhinderen.

Bij het onderzoek werd gebruik gemaakt van Vibert boxes (Fig. 2). Dit zijn kleine plastic bio-afbreekbare boxes (7cm x 4cm x 3cm) waarbij er telkens 200 eitjes in de box werden gebracht. Deze eitjes waren afkomstig van een mix van verschillende ouderdieren van het kweekcentrum in Linkebeek. De eitjes werden handmatig geteld in en in een koelbox in individuele zakjes getransporteerd naar de respectievelijke testlocaties. Op elke locatie werden er drie replica's gebruikt, dus telkens 3 Vibert boxes, elk gevuld met 200 bevruchte foreleitjes. In totaal werden 15 Vibert boxes en 3000 bevruchte eitjes uitgezet in het Zwalmbekken.

Voor het plaatsen van de Vibert boxes werd gebruik gemaakt van een vierkante "ijzeren korf" (20x20cm) gemaakt van volièredraad met maaswijdte van 1x1 cm met daarin de Vibert box (Fig. 2). De korven werden iets groter gemaakt dan de Vibert boxes (rondom 5 cm ruimte) zodat deze gevuld konden worden met substraat ter plaatse. De boxes werden in het paalbed ingebracht ongeveer tussen 10 en 20cm diep. De drie boxes werden steeds van stroomaf naar stroomopwaarts achter elkaar geplaatst. De bovenstaande

waterkolom mag niet te hoog zijn en is bij voorkeur rond de 10 tot 20 cm om jong broed de kans te geven nadien te ontluiken en optimaal te ontwikkelen. Het voordeel van deze methode is dat men de box stabiel en op een goede manier kan plaatsen in de waterloop.

Het experiment startte op 17 december 2019. Uit de praktijk is geweten dat er 400 daggraden (°D) nodig zijn alvorens de foreleitjes ontluiken. Daggraden zijn het product van het aantal dagen x de gemiddelde watertemperatuur. Vierhonderd °D kan bijvoorbeeld bekomen worden als 20 dagen aan 20° C, of 50 dagen aan 8° C, maar ook combinaties zijn mogelijk zoals 30 dagen aan 10° C plus 20 dagen aan 5° C. Daarnaast mag er tot minstens 250°D geen verstoring van de eitjes optreden (pers. Comm J. Auwerx). De gemiddelde temperatuur van de Zwalm bedroeg 7°C waarbij de stroomopwaartse Dorenbosbeek een iets hogere gemiddelde temperatuur had (eigen veldmetingen en metingen Vlaamse Milieu Maatschappij, VMM). Op basis van deze algemene regels werd er beslist om op 24 januari 2020 een eerste controle uit te voeren en op 5 februari een 2^{de} controle.



Figuur 2 – Links: Vibert box zoals gebruikt in dit onderzoek. Rechts: Voorbeeld van een ijzeren korf waarin de Vibert box werd ondergebracht en die gevuld werd met substraat om de stabiliteit van de Vibert box te garanderen.

Tijdens de controle werden de korfjes en Vibert boxen opgegraven en werd de overleving van de eitjes nagegaan. Eitjes die een witte of zwarte kleur hadden werden als afgestorven beschouwd. Doorschijnende roze/oranje eitjes werden als overlevend beschouwd (Fig. 3). De Vibert boxen werden gespoeld waarna de inhoud werd geleidigd in een grote witte opvangbak en de eitjes gesorteerd en geteld werden. De overlevende eitjes werden in de Vibert box gebracht met behulp van een lepel en werden opnieuw ingegraven tot de volgende controle. Na de laatste controle werden de resterende eitjes (overlevende en diegene die nog niet ontluikt waren) ter plaatse in de Vibert boxen gelaten aangezien deze verder tot ontwikkeling konden komen en de Vibert boxen toch biodegradeerbaar zijn. Tijdens de 2^{de} controle op 5 februari 2020 werd op de eerste locatie (Zwalmolen) slechts 1 box gecontroleerd. Omwille van de hoge waterstanden was het op dat moment immers niet mogelijk en ook niet veilig om de 2 andere boxen te controleren. Bovendien zou het ook niet mogelijk zijn geweest om ze na controle op een goede manier

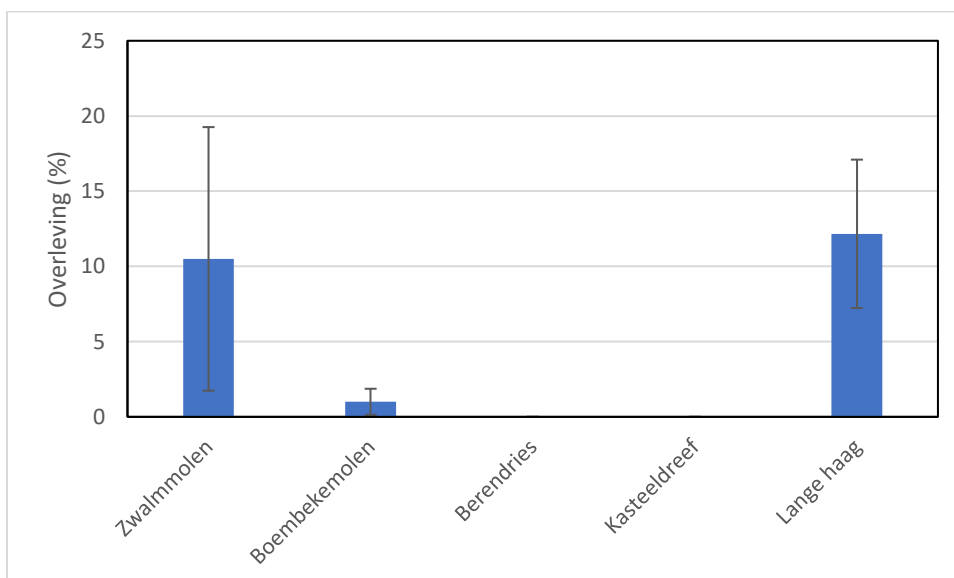
terug te plaatsen. Deze 2 resterende Vibert Boxen werden 2 dagen later op 7 februari 2020 gecontroleerd, toen het waterpeil gezakt was. Op de andere locaties werden de controles wel allemaal uitgevoerd op 5/2/2020.



Figuur 3 – Foto van afgestorven eitjes (zwart/wit) en overlevende eitjes (roze/doorschijnend).

Resultaten en Discussie

Bij de eerste controle op 24 januari 2020 stelden we vast dat vooral locatie 1 (meest stroomafwaarts) en locatie 5 (brongebied) een redelijk goede overleving kenden (Tabel 1, Fig. 4).



Figuur 4 – Overleving van de foreleitjes (%) en standaard deviatie op basis van de drie replica's

Aan de Boembekemolen, thv Berendries en thv Kasteeldreef was de overleving echter laag (0-28%). Dit is waarschijnlijk te wijten aan de hoge sedimentatie die hier werd waargenomen (Fig. 5).



Figuur 5 – foto van een Vibert box op locatie 1 (Zwalmolen) na de eerste controle (24/01/2020) met duidelijke afzet van sediment.

Tabel 1 – Weergave van de overleving (%) bij beide controles en totale overleving gerekend vanaf de dag van plaatsing (17/12/2019 voor alle Vibert-boxes) evenals ontluiking (%) indien reeds ontwikkeld.

locatie	omschrijving	replica	overleving (%) 24/01/2020	overleving (%) 05/02/2020	totale overleving (%)	ontluiking (%) 05/02/2020
1	Zwalmolen	1	9	16.7	1.5	
1	Zwalmolen	2	56.5	34.5*	19	
1	Zwalmolen	3	59.5	22.9*	11	2
2	Boembekemolen	1	15.5	12.5	2	
2	Boembekemolen	2	3.5	14.3	0.5	
2	Boembekemolen	3	28	1.8	0.5	
3	Berendries	1	0	0.0	0	
3	Berendries	2	0	0.0	0	
3	Berendries	3	3	0.0	0	
4	Kasteeldreef	1	0.5	0.0	0	
4	Kasteeldreef	2	0.5	0.0	0	
4	Kasteeldreef	3	0.5	100.0	0.5	
5	Lange haag	1	15.5	100.0	15.5	3.5
5	Lange haag	2	15	96.7	14.5	4
5	Lange haag	3	7.5	81.3	6.5	

* Pas bemonsterd op 7/02/2020

Vermoedelijk kregen de foreleitjes hierdoor te weinig zuurstof waardoor deze afstierven. Eerder onderzoek naar de overleving van foreleitjes in de Verenigde Staten (Montana) heeft aangetoond dat vooral zuurstofgehalte, stroomsnelheid en sedimentatie de belangrijkste factoren vormen bij de overleving van forel, hoewel de testen uitgevoerd werden op regenboog- en roodkeelforel (Bianchi 1963). Fijn sediment dat zich opstapelt tussen het substraat en de eitjes vermindert de stroming en daardoor ook het zuurstofgehalte dat bij de embryo's terechtkomt, maar daarenboven worden afvalstoffen ook minder gemakkelijk afgevoerd (Crisp 1996). Bovendien zorgt de aanwezigheid van fijn sediment er ook voor dat het fysiek moeilijker is voor het jonge broed om zich te ontwikkelen en uit het substraat te zwemmen (Crisp

1996). Dit heeft een negatief effect op de overleving van de eitjes. Onderzoek heeft aangetoond dat dit (fijn) sediment vaak kan gelieerd worden aan intensieve landbouwactiviteiten (Alberto et al. 2016). Ook in het bekken van de Zwalm is er intensieve landbouw en treedt er erosie op. Op de locaties waar er een redelijke overleving was, en dus voldoende stroomsnelheid en minder sediment, werd er vaak ook ontwikkeling van het embryo vastgesteld (lichte pigmentatie/ogen zichtbaar) (Fig. 6). Echter een studie uitgevoerd door Alberto et al (2017) toonde aan dat sediment alleen niet verantwoordelijk was voor de variatie in overleving van salmoniden eitjes, maar dat ook bv opwellen van grondwater of specifieke lokale habitatcondities een rol kunnen spelen. Op de “referentielocatie” namelijk thv de Lange Haag (brongebied van de Zwalm) werd de box met eitjes initieel te laag in het sediment geplaatst waardoor er enige sterfte optrad. Vooral de meest stroomafwaartse locatie (Zwalmolen) scoorde goed naar overleving, terwijl men hier eerder een mindere waterkwaliteit verwachtte (brongebied vaak betere waterkwaliteit en minder sediment). Echter werd op locatie 1 de box geplaatst na de woelkom waar de stroomsnelheid relatief hoog was en waar er ook een drempeltje met grotere stenen was gemaakt. Beide factoren zorgen ervoor dat de sedimentatie, hoewel niet gekwantificeerd in dit onderzoek, visueel lager was in vergelijking met de meer stroomopwaartse locaties. Na de controle werden de verschillende Vibert boxen opnieuw op de oorspronkelijke locatie in het water geplaatst.



Figuur 6 – foto van eitjes na de eerste controle (24/01/2020) met ontwikkeling van het embryo (zwarte puntjes zijn de oogjes van het embryo).

Op 5 februari 2020 vond de 2^{de} controle plaats. De dagen voordien had het stevig geregend waardoor het waterpeil in de Zwalm en haar zijbeken hoger dan normaal stond en waardoor er ook veel visuele erosie/sedimentatie zichtbaar was in de Zwalm. De verschillende locaties werden een 2^{de} keer bemonsterd en de overleving werd bepaald en er werd nagegaan of er al eitjes ontluikt waren (Tabel 1). Op basis van de 2^{de} controle stellen we vast dat de overleving op de eerste locatie (Zwalmolen) ongeveer 15% bedraagt vanaf de laatste observatie op 24/01/2020. In totaal bedroeg de overleving op 7 februari 2020 voor de eerste locatie tussen de 1.5 en 19%. Aan de Boembekemolen lag de overleving lager (0.5-2%). Ter hoogte van Berendries en Kasteeldreef was er geen overleving. De belangrijkste reden voor de sterfte lijkt erosie van omliggende velden waardoor het paaisubstraat en de Vibert boxen sterk aanslibben (zie ook Fig. 5). Deze bevindingen sluiten aan bij de studie uitgevoerd door Hashbarger & Porter (1979) die vonden dat vooral Vibert boxen met 1 compartiment (zoals in deze studie gebruikt) onderhevig waren aan sedimentatie en dat hierbij de overlevingsgraad nagenoeg 0% was onder veldcondities. Op de laatste locatie (Lange Haag,

Dorenbosbeek) lag de overleving sinds de laatste controle op 24/01 hoger in vergelijking met de eerste keer (ongeveer 90%). Dit omdat de eitjes minder diep en dus gunstiger werden geplaatst na de 1^{ste} controle. Tevens was de totale overleving op deze locatie relatief goed met ongeveer 15%. Bovendien vermoeden we dat er ook effectief eitjes uitgekomen waren aangezien we deze niet terugvonden in de boxen. Globaal is de overleving in het Zwalmbekken echter laag tot zeer laag, zeker indien men dit vergelijkt met eerdere veldstudies in Noord-Europa waarbij de overleving tot 98% bedroeg (Syrjänen et al. 2008). Echter een meer gedetailleerde studie uitgevoerd door Syrjänen et al. (2015) toonde aan dat van eitje tot “parr stadium” de overleving tussen de 1 en 3% bedroeg indien er reeds natuurlijke reproductie optrad en dus adulte beekforel aanwezig was. Indien er geen beekforel aanwezig was en dus geen natuurlijke reproductie steeg de overlevingskans gevoelig. Daarnaast spelen ook de omgevingscondities een rol, de manier waarop de eitjes in het water werden gebracht, het uitgekozen microhabitat, enz. Tot slot speelt ook de efficiëntie waarmee jonge 1^{ste} jaar forellen gevangen worden een belangrijke rol om de ratio te berekenen. In onze studie kan mogelijks naast de sterke sedimentatie die optrad de niet ideale plaatsing (op micro- en macroschaal) van de boxen een rol gespeeld hebben. Zo hadden we de drie boxen achter elkaar geplaatst waardoor de meest stroomafwaartse box telkens minder stroming kreeg en dus gevoeliger was aan sedimentatie. Daarom is het beter om in de toekomst de boxen naast elkaar te plaatsen ipv achter elkaar. Een andere methode die ook wordt toegepast is waarbij de boxen in een groot krat gevuld met substraat worden geplaatst, afgedekt met een steen (Fig. 7). Dit kan mogelijks ook helpen bij de reductie van sedimentatie. Bovendien werden de locaties gekozen op basis van eigen inschattingen die geschikt leken voor beekforel. Mogelijks waren deze locaties toch minder geschikt dan verwacht op basis van de visuele waarnemingen. Zo bleek de locatie thv Berendries te weinig stroming te hebben waardoor sterke sedimentafzet optrad, ook al was er op deze locatie tot voor kort een natuurlijk ontstane paarirffel aanwezig.



Figuur 7 – Voorbeeld van een andere opstelling dan diegene die in onze studie werd gebruikt voor het plaatsen van de Vibert boxen in het veld. Foto van <https://flylordsmag.com/>.

De controle van de ontwikkeling van de eitjes in Linkebeek gaf aan dat bijna 99% tot ontwikkeling kwam onder gecontroleerde maar natuurlijke condities. Dit toont aan dat de gebruikte eitjes wel degelijk levensvatbaar waren en wijst er op dat de heersende condities in de Zwalm momenteel nog niet optimaal zijn voor de ontwikkeling van eitjes van de beekforel. De overmatige sedimentvrucht in de Zwalm ten gevolge van landerosie vormt een hypotheek op het herstel van beekforel en bijgevolg ook van tal van andere zeldzame vissoorten waarvan de eitjes gevoelig zijn aan sedimentatie.

Naast het bepalen van de overleving werden ook de standaard fysico-chemische waterkwaliteitsvariabelen gemeten in het veld tijdens de laatste controle op 5/02/2020. De meetresultaten zijn terug te vinden in tabel 2. Op basis van de gemeten waarden kan men stellen dat de basis waterkwaliteit voldoende is om overleving toe te laten. Op alle locaties werden zuurstofconcentraties van 7 mg/l of hoger gemeten. Echter tussen de eitjes en in de box kan de concentratie aan zuurstof gevoelig lager gelegen hebben. Dit konden we met onze meetmethodes niet nagaan. De temperatuur van het water gedurende het hele experiment bedroeg tussen de 6.4 en 7.0°C. Indien men deze waarden samen met de metingen van de Vlaamse Milieumaatschappij (www.vmm.be) als gemiddelde waarden aanneemt kon er worden verwacht dat de resterende eitjes tot ontluiking kwamen tussen 12 en 15 februari 2020. Mogelijks is het brongebied (locatie 5) iets warmer en waren er hier dus al een aantal eitjes uitgekomen na de 2^{de} controle. Op basis van de literatuur ligt onze ontwikkelingstemperatuur iets beneden de optimale range die schommelt tussen 8 en 10°C (Ojanguren & Brana 2003). Bovendien blijkt temperatuur een belangrijke variabele te zijn bij de ontwikkeling van salmoniden eitjes (Alberto et al. 2017). Een hogere temperatuur zorgt voor een snellere ontwikkeling en dus op een lagere kans door sterfte als gevolg van bv sedimentatie.

Tabel 2 – Fysico-chemische waterkwaliteitsvariabelen gemeten op 5/2/2020 op verschillende locaties in het Zwalmbecken.

Locatie	pH	T (°C)	geleidbaarheid (µs/cm)	O2 (mg/l)	O2 (%)
1	6.84	7	672	9.93	75.6
2	7.01	6.4	621	9.59	73.8
3	7.23	6.5	625	8.64	69.1
4	7.62	6.7	634	7.65	61.6
5	7.74	7	504	8.37	68.1

Aanbevelingen voor beheer en verder onderzoek

Op basis van het onderzoek stellen we vast dat de overlevingskans van beekforeleitjes en bijgevolg de natuurlijke reproductie momenteel eerder beperkt is en dat dit hoofdzakelijk te wijten is aan de hoge graad van sedimentatie die aanwezig is in de Zwalm. Deze sedimentatie kan gelinkt worden aan erosie afkomstig van omliggende akkers die vaak intensief worden bewerkt en vaak ook lang braak blijven liggen wat de kans op verhoogde erosie bij een forse regenbui aanzienlijk verhoogt. Naast de directe effecten van sedimentatie op de overleving van viseitjes heeft recente analyse van de waterkwaliteitsgegevens afkomstig van de VMM aangetoond dat erosie en een hoog zwevend stof gehalte samen gaan met een piek in fosforconcentratie en dat beiden dus aan elkaar gelinkt kunnen worden. Hierdoor draagt erosie indirect ook bij tot een verminderde waterkwaliteit. Daarom willen we in de eerste plaats wijzen op het belang van een goed beleid rond erosie, waarbij niet alleen erosiebestrijdingsplannen worden opgesteld, maar waarbij deze effectief in uitvoering worden gebracht. Het aanpakken en terugdringen van de sedimentatie lijkt ons dan ook de enige mogelijke manier om de slaagkans van het soortenherstel van beekforel, maar ook van andere stroomminnende soorten en bij uitbreiding ander aquatisch leven te verhogen. Wil men de biodiversiteit in het Zwalmbecken verhogen, dan is het terugdringen van landerosie absoluut noodzakelijk.

Daarnaast stellen we voor om bovenstaand onderzoek nogmaals uit te voeren waarbij men de hoeveelheid sediment in het substraat en in de Vibert boxen tracht te kwantificeren en waarbij men tracht om na te gaan welke sedimentklassen (fijn of grof) hoofdzakelijk worden teruggevonden. In bovenstaand onderzoek is dit kwalitatief gebeurd. Verder is het ook interessant om de stroomsnelheid evenals een aantal waterkwaliteitsvariabelen mee om te nemen bij toekomstige monitoring.

Referenties

- Alberto A., St-Hilaire A., Courtenay S.C. & van den Heuvel M.R. (2016). Monitoring stream sediment loads in response to agriculture in Prince Edward Island, Canada. *Environmental Monitoring and Assessment* 188, 415.
- Alberto A., Courtenay S.C., St-Hilaire A. & Van den Heuvel M.R. (2017). Factors Influencing Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*) Egg Survival and Development in Streams Influenced by Agriculture. *Journal of FisheriesSciences.com*. 11(2): 009-020.
- Bianchi D.R. (1963). The effects of sedimentation on egg survival of rainbow trout and cutthroat trout. Master's thesis. Bozeman, Montana State College. 28 numb, leaves.
- Boets P., Pauwels I. & Dillen A. (2015). Controleonderzoek van de visstand van een aantal beken gelegen in de Vlaamse Ardennen Rapport PCM, INBO en ANB. 19p.
- Boets P., Gobeyn S., Dillen A., Poelman E. & Goethals P.L.M. (2018). Assessing the suitable habitat for reintroduction of brown trout (*Salmo trutta* forma fario) in a lowland river: A modeling approach. *Ecology and Evolution* 8: 5191-5205.
- Crisp D.T. (1996) Environmental requirements of common riverine European salmonid fish species in fresh water with particular reference to physical and chemical aspects. *Hydrobiologia* 323, 201-221.
- Dillen A. & Meulebrouck K. (2009). Eerste Evaluatie van de herintroductie van beekforel in de Terkleppebeek. Rapport van het Agentschap voor Natuur en Bos (ANB, cel beleidsuitvoering) (10 pp.).
- Harshbarger T.J. & Porter P.E. (1979) Survival of Brown Trout Eggs: Two Planting Techniques Compared, *The Progressive Fish-Culturist*, 41:4, 206-209, DOI: 10.1577/1548-8659(1979)41[206:SOBTE]2.0.CO;2.
- Ojanguren A. F. & Brana F. (2003). Thermal dependence of embryonic growth and development in brown trout. *Journal of Fish Biology* 62, 580–590. doi: 10.1046/j.1095-8649.2003.00049.x
- Syrjänen J., Kiljunen M., Karjalainen J., Eloranta A. & Muotka T. (2008), Survival and growth of brown trout *Salmo trutta* L. embryos and the timing of hatching and emergence in two boreal lake outlet streams. *Journal of Fish Biology*, 72: 985-1000. doi:10.1111/j.1095-8649.2007.01779.x.
- Syrjänen J.T., Ruokonen T.J., Ketola T. & Valkeajärvi P. (2015). The relationship between stocking eggs in boreal spawning rivers and the abundance of brown trout parr, *ICES Journal of Marine Science*, Volume 72, Issue 5, Pages 1389–1398.
- Zoeter Vanpoucke M. , Boets P., Dillen A. & Poelman E. (2020). Onderzoek naar natuurlijke reproductie van visdoelsoorten in enkele beken van de Vlaamse Ardennen. 23p.