



Wetenschapswinkel

Smolts van Roer naar Rotterdam

Passage van jonge zalmen langs de ECI waterkrachtcentrale in Roermond

Ivo Roessink en Fabrice Ottburg

rapport 295
mei 2013



WAGENINGEN UR
For quality of life

Wetenschapswinkel

Smolts van Roer naar Rotterdam

Passage van jonge zalmen langs de ECI waterkrachtcentrale in Roermond

rapport 295
mei 2013

Ivo Roessink en Fabrice Ottburg



WAGENINGEN UR
For quality of life

Colofon

Titel	Smolts van Roer naar Rotterdam; Passage van jonge zalmen langs de ECI waterkrachtcentrale in Roermond
Trefwoorden	Aalfuik, ArGe Lachs, ECI waterkrachtcentrale Roermond, Hambeek, Roer,
Keywords	<i>Salmo salar</i> , <i>Salmon</i> , <i>Saprolegnia parasitica</i> , smolt (young salmon), Smolttrap, VBC Roerdal, fish passage, hydroelectric power station
Opdrachtgever	Visstand Beheer Commissie Roerdal, Vlodrop
Projectuitvoering	Thijs Belgers, Heinz-Josef Jochims, Maurice Tilmans, Hermann-Josef Hermans, Hermann-Josef Koch, Egon Lüttke, Walter Kaiser, Willem van Beijen, Hans Peter Richter, Fons Bänziger, Ivo Roessink en Fabrice Ottburg
Projectcoördinatie	Fabrice Ottburg BSC., Alterra Wageningen UR, Team Natuur & Samenleving
Financiële ondersteuning	Wageningen UR Wetenschapswinkel en Sportvisserij Nederland
Begeleidingscommissie	Dr. Armin Nemitz (Rheinischer Fischereiverband) Daniel Fey (LANUV) Franklin Moquette (Sportvisserij Nederland) Gerard de Laak (Sportvisserij Nederland) Rob Gubbels (Waterschap Roer en Overmaas) Gerard Straver (Wetenschapswinkel Wageningen UR)
Foto omslag	uitzetlocatie voor run twee en vier, de Hambeekrun. (Foto: Fabrice Ottburg)

Dit rapport is tevens verschenen in de serie Alterra-rapport als rapportnummer 2430 en is gratis te downloaden vanaf www.wageningenur.nl/Alterra. Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

Fotoverantwoording	De foto's, kaartjes en figuren zijn vervaardigd door de auteurs of de meewerkende vrijwilligers, tenzij anders aangegeven
Vormgeving	Wageningen UR, Communication Services
Druk	RICOH, 's-Hertogenbosch
Bronvermelding	Verspreiding van het rapport en overname van gedeelten eruit wordt aangemoedigd, mits voorzien van deugdelijke bronvermelding
ISBN	978-94-6173-182-1

Wageningen UR, Wetenschapswinkel rapport 295



Smolts van Roer naar Rotterdam

Passage van jonge zalmen langs de ECI waterkrachtcentrale in Roermond

Rapportnummer 295

Dr. ir. Ivo Roessink en Fabrice Ottburg BSc., Wageningen, april 2013

VBC Roerdal

(Visserij beheer Commissie Roerdal)
Bondersweg 2
6063 NC Vlodrop
06 30 89 67 31
t.belgers@home.nl

Stichting Visserij Beheer Commissie Roerdal is een samenwerkingsverband van de hengelsportverenigingen met visrechten op de Roer. Deelnemende verenigingen zijn H.S.V. de Rietvoorn Ool, H.S.V. St. Petrus Herkenbosch, H.S.V. Posterholkt-Sint Odiliënberg en H.S.V. de Rietvoorn Vlodrop. De voornaamste doelstelling van VBC Roerdal is het uitvoeren van het visserijkundig beheer van de Roer, uitvoeren of laten uitvoeren van visserijkundige onderzoeken.

Alterra Wageningen UR

Postbus 47
6700 AA Wageningen
(0317) 48 61 15
fabrice.ottburg@wur.nl
www.wageningenur.nl/alterra

Alterra is het kennisinstituut voor de groene leefomgeving. Alterra maakt deel uit van Wageningen University & Research centre en levert expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, biodiversiteit, klimaat, landschap, bos, ecologie, milieu, bodem, landschap, land- en ruimtegebruik, geo-informatie, remote sensing, stedelijk groen, recreatie etc.

Wageningen UR Wetenschapswinkel

Postbus 9101
6700 HB Wageningen
(0317) 48 39 08
wetenschapswinkel@wur.nl

Maatschappelijke organisaties zoals verenigingen en belangengroepen, die niet over voldoende financiële middelen beschikken, kunnen met onderzoeksvragen terecht bij de Wageningen UR Wetenschapswinkel. Zij biedt ondersteuning bij de realisatie van onderzoeksprojecten. Aanvragen moeten aansluiten bij de werkgebieden van Wageningen UR: duurzame landbouw, voeding en gezondheid, een leefbare groene ruimte en maatschappelijke veranderingsprocessen.

Inhoud

Inhoud	5
Voorwoord	7
Samenvatting	9
Summary	11
Zusammenfassung	13
Résumé	15
1 Inleiding	17
1.1 Algemeen	17
1.2 Zalm in Nederland	17
1.3 Aanleiding en doel van het onderzoek	19
2 Onderzoeksgebied en methoden	21
2.1 Locatie	21
2.2 Experimentele opzet	22
2.3 Monitoren	24
2.4 Smolts verzamelen en merken	24
2.5 Uitzetten en terugvangen	26
2.6 Analyse beschimmelde smolts	27
3 Resultaten	29
3.1 Milieuomstandigheden	29
3.2 Reguliere smolt monitoring	29
3.3 Smolts in de experimentele runs	30
3.4 Resultaten van de experimentele runs	34
3.5 Resultaten van de schimmelanalyses	36
4 Discussie en conclusie	37
5 Dankwoord	41
6 Referenties	43

Woord vooraf

In augustus 2008 kwamen de vispassages en het visgeleidingsysteem gereed bij de ECI waterkrachtcentrale in de Roer te Roermond, aangelegd door het waterschap Roer en Overmaas. Om de werkzaamheid van het geheel te onderzoeken kwam vanuit de Visserij Beheer Commissie Roerdal (VBC Roerdal) het aanbod aan het waterschap Roer en Overmaas om een vrijwilligersgroep te formeren, bestaande uit sportvissers en natuurliefhebbers. Ook voor de VBC Roerdal was het van belang om te weten of dit rond de vijf miljoen kostende project inderdaad beantwoordde aan de verwachtingen. Namelijk dat vissen onbeschadigd stroomafwaarts de waterkrachtcentrale konden passeren en dat ook stroomopwaartse migratie in voldoende mate mogelijk was. Dit was ook een ideale gelegenheid om, binnen de samenwerking met Duitse visstandbeheerders van de Roer over de grens, de effecten te onderzoeken van het sinds 1996 in Duitsland lopende herintroductie project van de Zalm in de Roer. Hierdoor werd de vrijwilligersgroep nog uitgebreid met drie zeer enthousiaste en deskundige Duitse vrijwilligers. De doelstelling was om gedurende vijf jaren dagelijks alle op- en aftrekkende vissen te vangen, te determineren, te meten en weer terug te zetten in de Roer. Door de unieke onderzoeksmogelijkheden die de aangelegde vispassages boden is zeer veel kennis verworven, maar kwamen vanzelf steeds weer nieuwe onderzoeksvragen naar boven drijven. Jaarlijks zijn hiervan uitgebreide rapporten opgesteld, die te downloaden zijn via www.overmaas.nl. Aan het einde van de vijfjarencyclus in 2014 verschijnt er een overall rapport.

Helaas kon bij de ECI waterkrachtcentrale niet de volledige zalmtek worden gemeten omdat de Roer in haar mondingsgebied een delta vormt en hierdoor ook nog migratie van- en naar de Maas mogelijk is via de vistrap van de Roer naar de Hambeek.

Na een eigen onderzoek in 2011 naar de verdeling van de stroomafwaartse trek van smolts kwam het aanbod van de Wetenschapswinkel van Wageningen UR voor een onderzoek op meer wetenschappelijke basis in samenwerking met Alterra Wageningen UR naar de verdeling van de smolttek via de Hambeek en de drie passagemogelijkheden door de vispassages bij de ECI waterkrachtcentrale. Dit aanbod is door de VBC Roerdal met beide handen aangegrepen en heeft geleid tot een onderzoek in 2012, waarvan u nu de resultaten kunt lezen.

Vanaf deze plek wil ik allen die hebben meegewerkt aan dit onderzoek van harte danken voor de voortreffelijke samenwerking, zonder namen te noemen. Iedereen was zeer enthousiast en geen inspanning was te veel gevraagd. Ook de medewerking van de medewerkers van het waterschap Roer en Overmaas en de beheerder van de ECI waterkrachtcentrale hebben wij zeer gewaardeerd. De stimulerende en deskundige inzet van de Alterra-medewerkers heeft van het geheel een zeer plezierige gebeurtenis gemaakt.

Er liggen nog veel vragen na dit onderzoek, die, zoals bijna elk wetenschappelijk onderzoek in haar slotwoord ook vermeldt, om meer duidelijkheid vragen. Dit onderzoek is dan ook niet het laatste onderzoek, want daarvoor is dit werk veel te leuk om te doen en zijn de aanwezige mogelijkheden bij de ECI waterkrachtcentrale te uniek om deze niet voor verder onderzoek te benutten.

Thijs Belgers

Secretaris VBC Roerdal en coördinator ECI monitoring

Samenvatting

Al jarenlang zetten vrijwilligers van VBC Roerdal en Arbeitsgemeinschaft Lachs und Meerforelle 2020 (ArGe Lachs) zich in voor de herintroductie van zalm op de rivier de Roer. Hierbij worden jonge zalmen uit ei opgekweekt en uitgezet in de bovenloop van de Roer. De vrijwilligers hebben echter tot nu toe geen zicht op de daadwerkelijke aantallen smolts (jonge zalmen) die, vanaf deze bovenstroomse delen, naar de Maas en daarmee uiteindelijk naar zee trekken. De smolts kunnen dit namelijk op vier manieren doen, via de smoltval, de aalpijp (aalfuik), de vispassage van de ECI waterkrachtcentrale of via de vispassage van de Hambeek. Verder worden er tijdens, delen van, de migratieperiode met schimmel geïnfecteerde jonge zalmen aangetroffen en is het niet duidelijk waardoor dit veroorzaakt wordt. In de Roer worden ook nog de nodige exotische rivierkreeften en wolhandkrabben gevangen, die mogelijk een bron van infecties zijn.

In deze studie werden twee onderzoeksvragen beantwoord, ten eerste of de schimmels die op sommige smolts werden waargenomen wellicht door de toenemende aanwezigheid van exotische kreeften en krabben veroorzaakt kon worden en ten tweede welk deel van het totale aantal passerende smolts in de smoltval van de ECI centrale gemonitord werden tijdens hun trek naar zee.

Om de eerste vraag te beantwoorden zijn enkele beschimmelde smolts in het laboratorium geanalyseerd. Analyse van de schimmelpukjes duidde vooral op een secundaire infectie met *Saprolegnia parasitica*. Secundair betekent in dit geval dat de schimmel niet de primaire oorzaak van het onwelzijn van de vissen was, maar dat dit door een andere factor werd veroorzaakt waarna de schimmel de vis kon infecteren. Vooral lage stroomsnelheden, warm water en slechte waterkwaliteit bevorderen infecties van *Saprolegnia parasitica*. Hierbij was het niet duidelijk hoe lang de vissen al geïnfecteerd waren en kon dus ook niet achterhaald worden waar precies in het stroomgebied de vissen geïnfecteerd zijn.

Om de tweede vraag te beantwoorden werd vier maal wilde smolts verzameld, gemerkt en bovenstrooms weer uitgezet. De smolts konden daarna in run 1 en 3 de ECI centrale passeren via de smoltval, de aalpijp en de vispassage. Hiervoor werden de smolts 285 m van de centrale losgelaten. In de Hambeek runs (run 2 en 4) werden de smolts 2836 m van de ECI centrale losgelaten en konden ze, naast de eerder genoemde mogelijkheden, de Maas ook nog eens via de Hambeek bereiken. Doordat de aalpijp en de smoltval continue gemonitord werden kon met het gedeelte 'niet teruggevangen' smolts uit een ECI run een schatting van het deel gemaakt worden van het aantal smolts dat gebruik maakte van de vispassage. Dit betekende dat als er bijvoorbeeld 100 smolts gemerkt en uitgezet werden en er in de smoltval 20 en in de aalfuik 10 werden terug gevangen, dat er $(100 - 20 - 10 =) 70$ dieren door de vispassage gegaan zijn of op dit stuk door predatoren werden gepakt. Met dit getal kon in de Hambeek run het percentage dat gebruik maakte van de Hambeek geschat worden. Ook kon uit de vergelijking van de resultaten uit beide runs een indruk van de mortaliteit verkregen worden.

In totaal werden in de 2012-migratie periode 1321 smolts in de smoltval gevangen. Hiervan zijn 716 smolts (54% van het jaartotaal gevangen in de smoltval) gemerkt en verdeeld over vier experimentele runs weer bovenstrooms van de ECI uitgezet. Bij het merken en uitzetten zijn vijf van de 716 smolts overleden. Het feit dat dit maar een zeer klein percentage (0.7%) is, geeft aan dat de gehele procedure maar een uiterst geringe impact op de vissen heeft gehad.

De resultaten uit beide type runs lieten zien dat het percentage dat in de aalfuik terug gevangen werd klein was, namelijk gemiddeld 4% en 1% bij respectievelijk de ECI en Hambeek runs. Opvallend was ook dat in beide type runs zeer met elkaar overeenkomende percentages (gemiddeld 24% en 29% voor ECI en Hambeek runs) van de uitgezette smolts in de smoltval terug gevangen werden. Hiermee werd de gelijkheid tussen de percentages 'onbekend' (het deel dat de vispassage gebruikt had, opgegeten was of - in het geval van de Hambeek runs - een alternatieve route gekozen had) van beide type runs nog groter, gemiddeld 72% en 70%. Deze percentages worden identiek beschouwd.

Gemiddeld ($[24+29]/2=$) 26.5% van de uitgezette smolts passeerden via de smoltval. Samen met de monitoringsgegevens van de afgelopen jaren wordt het mogelijk hiermee een schatting te maken van het totaal aantal smolts dat uit de bovenloop van de Roer naar zee getrokken is. Dit resulteert in totaal aantallen van respectievelijk 4749, 5815, 4624 en 5081 smolts in de jaren 2009, 2010, 2011 en 2012.

Als deze aantallen vergeleken worden met het aantal jonge zalmen dat de vrijwilligers van de VBC Roerdal in deze jaren hebben uitgezet, blijkt dat 3.5% tot 6.6% van de uitgezette jonge vissen het smolt-stadium bereikten en de ECI waterkrachtcentrale passeerden op weg naar de Maas (en uiteindelijk verder op weg gaat naar zee). Vergeleken met de overleving van jonge zalmen in het wild, is dit een zeer goed resultaat en dragen de vrijwilligers met hun inspanningen bij aan het succesvol opgroeien van een populatie zeewaarts migrerende smolts. Het uiteindelijke succes van het initiatief van de vrijwilligers hangt af van het succesvol opgroeien op zee en het kunnen terugkeren naar geschikte paaiplaatsen van de volwassen dieren.

Summary

For years, volunteers of VBC Roerdal and Arbeitsgemeinschaft Lachs und Meerforelle 2020 are working on the reintroduction of salmon (*Salmo salar*) on the Rur river. Young salmon are hatched from eggs, reared in a nursery, and when big enough released in the upstream parts of the catchment of the river Rur. It is not clear however, how many smolts (young salmon) actually pass the ECI power plant in Roermond (the only measuring possibility for the volunteers) once migrating from these rearing grounds towards the Meuse, and hereby to sea. At the ECI power plant smolt migration is possible via three routes, the smolt trap, the eel pipe and the fish passage. A fourth migration path, circumventing the ECI, is via the Hambeek. Furthermore, during periods in the smolt migration individuals suffering from fungal infections are observed. It is not clear what causes these infections. However, increasing numbers of exotic crustaceans, like spiny cheeked crayfish (*Orconectes limosus*) and Chinese mitten crabs (*Eriocheir chinensis*) are observed as well and might be a source of infection.

In this study two research questions were addressed. The first question was whether the infections observed every year on several of the migrating smolts originated from exotic crustacean (i.e., spiny cheeked crayfish and Chinese mitten crabs) that occur in increasing numbers in the Rur river. The second question was how many of the annually migrating smolts were actually caught in the smolt trap.

To answer the first question, several infected smolts that were caught were brought to the laboratory for analysis. Analysis of the infected areas indicated that this comprised a secondary infection of *Saprolegnia parasitica*. Secondary in this case, means that the infection was not the primary cause of discomfort to the fish. Apparently, another factor was the primary cause after which the second infection could manifest itself. Especially low flow conditions, warm water and poor water quality promote infections of *Saprolegnia parasitica*. It was not clear how long the fish were already infected and therefore it could not be established where in the Rur catchment the fish got the infection.

To answer the second question, wild smolts were caught on four separate occasions. The smolts were marked and released upstream of the ECI power plant again. On run 1 and 3, the fish were released 285 m from the power plant and could pass via the smolt trap, eel pipe and fish passage. In run 2 and 4, the fish were released 2836 m from the ECI power plant and had an additional route to reach the river Meuse, i.e., the Hambeek. Due to the continuous monitoring of the smolt trap and eel pipe, the number of missing smolts comprised an estimate of the fish using the fish passage to pass the ECI power plant. E.g., when 100 smolts were tagged and released and 20 and 10 individuals were captured in the smolt trap and eel fyke, respectively, this resulted in $(100 - 20 - 10 =) 70$ smolts that used the fish passage (or were taken by predators). Knowing this number, the potential use of the Hambeek as migratory route could be estimated from the Hambeek runs. In addition, combining the two types of runs gave information of the predation pressure on the stretches of the river investigated in this study.

During 2012, 1321 smolts were caught in the smolt trap. Of these smolts, 716 individuals (i.e., 54% of the total number) were marked and used in the four experimental runs. During the procedures of required to populate the runs, only five of the 716 smolts died during the process. This very small loss (0.7%) indicated that the whole procedure only had a minor impact on smolt well-being.

The results of both types of runs showed that the percentage recaptured smolts in the eel fyke was very small, i.e., 4% and 1% in the ECI and Hambeek runs, respectively. The percentages recaptured smolts in the smolt trap were surprisingly equal between the two types of experimental runs, i.e., 24 and 29 per cent, respectively. This rendered the percentage unknown (i.e., using the fish passage, being predated, or in the case of the Hambeek runs, taking the alternative migration route) of the two types of runs as very similar, viz., 72 and 70 per cent. This was considered as being equal.

On average, $([24+29]/2=)$ 26.5 per cent of the released smolts passed via the smolt trap. Together with the monitoring data of previous years this allows an estimate of the total number of smolts starting their migration from the upstream catchment of the river Rur. Here an estimated total number of 4749, 5815, 4624, and 5081 smolts migrated downstream in 2009, 2010, 2011, and 2012, respectively.

Comparing these numbers with the total number of juvenile salmon stocked in these upstream areas in the previous year it becomes apparent that 3.5 to 6.5 per cent of the stocked juvenile fish reaches the migrating smolt stage and passes the ECI power plant on their way to the river Meuse and consequently towards sea. Compared to the survival rate of juvenile salmon in the wild this is a very good result, indicating that the initiative of the volunteers is indeed successfully enabling salmon to start their migration to sea. Finally, the overall success of the initiative of the volunteers will depend upon the successful maturing in sea and the return of these animals to suitable spawning grounds.

Zusammenfassung

Seit einigen Jahren arbeiten Freiwillige des VBC Roerdal und der Arbeitsgemeinschaft Lachs und Meerforelle 2020 an der Wiedereinführung von Lachsen (*Salmo salar*) in der Ruhr. Junge Lachse werden aus Eiern ausgebrütet, in einer Aufzuchtstation großgezogen und, wenn sie groß genug sind, in den oberen Einzugsgebieten der Ruhr ausgesetzt. Es ist jedoch unklar, wie viele Smolts (Junglachse) an der ECI Wasserkraftanlage in Roermond, der einzig zugänglichen Messstelle für Freiwillige, während ihrer Migration zur Meuse und somit zum Meer, vorbeiziehen. An der ECI Kraftanlage wird die Smoltwanderung auf dreierlei Weise ermöglicht: durch eine Smoltfalle, einem Aalrohr und einer Fischpassage. Eine vierte Migrationsroute führt durch den Hambeek um das ECI herum. Während der Smoltwanderung werden außerdem immer wieder Individuen beobachtet, die an Pilzinfektionen leiden. Die Gründe für diese Infektionen sind bislang unbekannt, könnten aber aus dem vermehrten Auftreten von exotischen Krustaceen, wie z. B. dem Kamberkrebs (*Orconectes limosus*) oder der chinesischen Wollhandkrabbe (*Eriocheir chinensis*), als mögliche Infektionsquelle resultieren.

Die vorliegende Studie beschäftigte sich in diesem Zusammenhang mit zwei Fragen. Zunächst sollte geklärt werden, ob die jährlich beobachteten Infektionen von wandernden Smolts durch die migrierten Krustaceen (z. B. dem Kamberkrebs oder der chinesischen Wollhandkrabbe) verursacht werden, die in zunehmendem Maße in der Ruhr gefunden werden. Des Weiteren war die aktuelle Anzahl der jährlich wandernden Junglachse von Interesse, die mit Hilfe der Smoltfalle gefangen werden konnte.

Um der ersten Fragestellung nachzugehen, wurden einige der gefangenen, infizierten Junglachse für weitere Untersuchungen in ein Labor gebracht. Eine Analyse von infizierten Stellen belegte Sekundärinfektionen mit *Saprolegnia parasitica*. In diesem Zusammenhang bezeichnet sekundär, dass die Infektion nicht die eigentliche Ursache für das Unwohlsein der Fische darstellte. Scheinbar waren andere Faktoren maßgeblich daran beteiligt, dass sich die Sekundärinfektion manifestieren konnte. Vor allem geringe Fließgeschwindigkeiten, warme Wassertemperaturen und schlechte Gewässergüte können Infektionen mit *Saprolegnia parasitica* begünstigen. Es konnte jedoch nicht geklärt werden, wie lange die Fische bereits infiziert waren, wodurch eine örtliche Einschränkung des Infektionsherdes ebenfalls nicht möglich war.

Zur Beantwortung der zweiten Fragestellung wurden wilde Junglachse zu vier verschiedenen Zeitpunkten gefangen, markiert und flussaufwärts der ECI Kraftanlage wieder freigesetzt. Bei den Durchläufen 1 und 3 wurden die gefangenen Fische 285 m entfernt von der Kraftanlage freigelassen und konnten diese somit durch die oben erwähnten Möglichkeiten passieren. Bei den Durchläufen 2 und 4 wurden die Fische 2836 m entfernt von der Kraftanlage ausgesetzt, womit sie zusätzlich durch den Hambeek in die Meuse gelangen konnten. Durch die kontinuierliche Überwachung der Smoltfalle und des Aalrohres war eine Schätzung der Zahl der Lachse, die die Kraftanlage durch die Fischpassage passieren möglich. Wurden z. B. 100 Smolts markiert und freigelassen, und anschließend 20 in der Smoltfalle respektive 10 Individuen im Aalrohr gezählt, konnte davon ausgegangen werden, dass $(100 - 20 - 10 =)$ 70 Junglachse die Fischpassage nutzten (oder Fressfeinden zum Opfer fielen). Ausgehend von diesem Verhältnis konnte bei den ‚Hambeek-Durchläufen‘ die Wahrscheinlichkeit abgeleitet werden, mit der der Hambeek als alternative Migrationsroute genutzt wird. Zusätzlich konnten durch die Kombination dieser Versuche Informationen über den auf diesem Teilstück herrschenden Fraßdruck auf die wandernde Lachspopulation gewonnen werden.

2012 wurden 1321 Junglachse in der Smoltfalle gefangen. Von diesen Junglachsen wurden 716 Individuen (entspricht 54% der Gesamtzahl) markiert und in den vier zuvor beschriebenen Versuchsdurchläufen eingesetzt. Während den jeweiligen Versuchsvorbereitungen verstarben lediglich 5 der 716 Junglachse (0.7%). Diese sehr geringe Sterblichkeitsrate deutet darauf hin, dass das angewandte Verfahren einen nur geringfügigen Einfluss auf das Wohlbefinden der Smolts hatte.

Die Ergebnisse beider Versuchstypen zeigen, dass nur ein geringer Anteil der wiedergefangenen Lachse das Aalrohr zur Passage der Kraftanlage wählte, d.h. 4% und 1% im ‚ECI-Durchlauf‘ bzw. im ‚Hambeek-Durchlauf‘. Der Anteil der in der Smoltfalle gefundenen, markierten Junglachse war in beiden Fällen erstaunlich ausgewogen, 24% bzw. 29%. Somit waren die jeweiligen Anteile der Fische mit unbekanntem Aufenthaltsort (d. h. sie sind entweder durch die Fischpassage geschwommen, wurden erjagt oder, im Fall des ‚Hambeek-Versuchs‘, haben die alternative Migrationsroute genommen) sehr ähnlich zwischen den beiden Versuchstypen; mit jeweils 72% bzw. 70%, was als gleichwertig anerkannt wurde.

Im Durchschnitt passierten ($[24+29]/2=$) 26.5% der markierten Junglachse die Smoltfalle. Zusammen mit Beobachtungen der letzten Jahre kann somit abgeschätzt werden, wie viele Jungfische ihre Wanderung von den oberen Einzugsgebieten der Ruhr Richtung Meer antreten, was für 4749 Fische in 2009 der Fall war, bzw. für 5815 in 2010, für 4624 in 2011 und für 5081 in 2012.

Werden diese Zahlen mit den Zahlen juveniler Lachse, die im letzten Jahr in den oberen Gebieten der Ruhr ausgesetzt wurden, verglichen, wird klar, dass etwa 3,5% bis 6,5% der ausgesetzten juvenilen Lachse das wandernde Smoltstadium erreichen und die ECI Kraftanlage in Roermond auf ihrem Weg zur Meuse, und damit zum Meer, passieren. Verglichen mit der Überlebensrate juveniler Lachse in der Wildnis ist dies ein sehr gutes Ergebnis und zeigt, dass die Initiative der Freiwilligen tatsächlich erfolgreich die Wanderung der Lachse zum Meer unterstützt. Letztendlich hängt der allgemeine Erfolg dieser Initiative jedoch davon ab, ob die Lachse erfolgreich im Meer heranreifen und zu ihren Laichgründen zurückkehren können.

Résumé

Pendant des années, les volontaires de VBC Roerdal et de Arbeitsgemeinschaft Lachs und Meerforelle 2020 ont travaillé sur la réintroduction du Saumon (*Salmo salar*) dans la rivière Roer. Après éclosion, les jeunes saumons sont élevés en nurserie; quand ils sont assez gros, ils sont relâchés dans la partie supérieure de la rivière Roer. Le nombre de saumoneaux (saumons juvéniles) passant la centrale électrique ECI de Roermond (la seule possibilité de mesures pour les volontaires), en migrant des régions d'élevage en direction de la Meuse ou de la mer n'est cependant pas clair. Au niveau de la centrale électrique ECI, la migration des saumoneaux est possible par trois routes: le piège à saumoneaux, le tube à anguilles et le passage à poissons. Une quatrième route de migration, contournant l'ECI, passe par Hambeek. De plus, durant les périodes de migration, des individus souffrant d'infections de champignons sont observés. La cause de ces infections n'est pas claire. Cependant, une augmentation du nombre de crustacés exotiques, comme l'écrevisse américaine (*Orconectes limosus*) et le crabe chinois (*Eriocheir chinensis*), est aussi observée. Ces crustacés peuvent être une source d'infection.

Dans cette étude, deux questions de recherches sont adressées. La première question de recherche était de savoir si les infections observées chaque année sur les saumoneaux migrants sont dues aux crustacés exotiques (par exemple l'écrevisse américaine et le crabe chinois) qui apparaissent en nombre augmentant dans la rivière Roer. La seconde question était de savoir combien de saumoneaux migrants annuellement était actuellement attrapés dans le piège à saumoneaux.

Pour répondre à la première question, plusieurs saumoneaux infectés ayant été capturés ont été ramenés au laboratoire pour des analyses. L'analyse des zones infectées a indiqué que cela représentait une infection secondaire de *Saprolegnia parasitica*. Secondaire, dans ce cas, signifie que l'infection n'était pas la principale cause de gêne pour le poisson. Apparemment, un autre facteur a été la cause principale, après quoi la deuxième infection a pu se manifester. Des conditions d'écoulement bas, de l'eau chaude et une qualité médiocre de l'eau, particulièrement favorisent les infections de *Saprolegnia parasitica*. Le temps depuis lequel les poissons sont déjà infectés n'est cependant pas clair. Le lieu où les poissons sont infectés dans le bassin de Roer n'a donc pas pu être établi.

Pour répondre à la deuxième question, les saumoneaux sauvages ont été capturés pour quatre essais. Les saumoneaux ont été marqués puis relâchés à nouveau en amont de la centrale ECI. Dans l'essai 1 et 3, les poissons ont été relâchés à 285 m de la centrale électrique et pouvaient passer par le piège à saumoneaux, le tube à anguilles ou le passage à poissons. Dans l'essai 2 et 4, les poissons ont été relâchés à 2836 m de la centrale ECI et pouvaient utiliser la voie supplémentaire pour atteindre la Meuse, à savoir par Hambeek. En raison de la surveillance continue du piège à saumoneaux et du tube à anguilles, le nombre de saumoneaux manquants a permis d'obtenir une estimation du nombre de poissons utilisant le passage à poissons pour franchir la centrale ECI. Par exemple, lorsque 100 saumoneaux ont été marqués et relâchés, que 20 et 10 individus ont été capturés dans le piège à saumoneaux et le tube à anguilles, respectivement, ceci résulte à $(100 - 20 - 10 =)$ 70 saumoneaux ayant utilisé le passage à poissons (ou ayant été capturés par des prédateurs). Connaissant ce nombre, l'utilisation potentielle d'Hambeek comme route migratoire pouvait être estimée à partir des essais Hambeek. En outre, la combinaison des deux types de pistes a donné des informations sur la pression de prédation des tronçons de la rivière examinés dans cette étude.

En 2012, 1321 saumoneaux ont été pris dans le piège à saumoneaux. De ces saumoneaux, 716 individus (soit 54% du nombre total) ont été marqués et relâchés dans une des quatre essais. Au cours des procédures de marquage et de relâchage, seulement cinq saumoneaux sur les 716 sont morts. Cette perte très faible (0,7%) indique que toute la procédure n'a eu qu'un impact mineur sur le bien-être des saumoneaux.

1 Inleiding

1.1 Algemeen

De Atlantische zalm (*Salmo salar*) is een vissoort die van oudsher in de Nederlandse wateren voorkomt. De vis heeft een vrij slank en gestroomlijnd uiterlijk en sommige ondersoorten kunnen lengtes bereiken van wel één meter. Zalmen zijn zogenaamde anadrome vissen. Dit wil zeggen dat zalmen zich voortplanten (paaien) in zoet water, maar dat de jongen op een gegeven moment naar zee trekken om daar volwassen te worden. In deze fase ondergaan de parr, het stadium waarin de jongen verblijven in de bovenstrooms gelegen paaigebieden, een eerste morfologische verandering en gaan over in het smolt stadium. In deze fase trekken de vissen ook naar zee. Uiteindelijk komen de volwassen dieren dan weer naar vrijwel exact dezelfde stroompjes waar ze als jonge vis hun eerste jaar hebben doorgebracht. Om deze te bereiken, springen de volwassen dieren tot wel meters hoog uit het water om watervallen, stroomversnellingen en andere barrières te overwinnen. Naast haar grootte en consumptiewaarde is het vooral deze (voorheen massale) migratie naar de paaigronden waardoor zalmen tot de verbeelding spreken.

Omdat vrijwel alle paaigebieden van de zalm bovenstrooms in Duitsland of België liggen, is de vis in het Nederlandse zoete water voornamelijk als passant aanwezig. Dit is niet veel anders in onze kustwateren omdat het verder opgroeien van de jonge zalmen, afhankelijk van hun herkomst, plaatsvindt in de zeeën bij Noorwegen, Faeröer of Groenland (De Laak, 2007). Voor Europa wordt geschat dat de gemiddelde leeftijd van terugkerende zalmen ongeveer vier jaar is (Hutchings en Jones, 1998), en dit komt neer op een periode van grofweg drie jaar op zee.

1.2 Zalm in Nederland

Hoewel de vis niet het gehele jaar door in Nederlandse wateren voorkomt, was de zalm een economisch zeer belangrijke vis voor Nederland. Plaatsaanduidingen zoals 'Zalmplaat' (nabij Rotterdam) zijn hier nog overblijfselen van. De grootste zalmafslag in Nederland was waarschijnlijk het 'Kralingsche Veer' dat gebouwd werd in 1875 als overdekte markt voor de afslag en verkoop van zalm, elft, winde, houting, fint en steur (figuur 1).



Figuur 1 Impressie van zalmafslag 'Kralingsche Veer' omstreeks 1905 en zalmvisserij (www.zalmhuis.nl en www.stichtingdekop.nl).

De aanleg van de Nieuwe Merwede vormde de grillige Biesboschkreken om tot een waterloop met evenwijdige en strakke oevers waardoor het mogelijk werd veel effectiever met grote zegens (netten) te vissen. Rond 1900 werd er hier op bijna industriële manier gevestigd op zalm, steur, houting, elft en fint. Niet meer door vissers in zalmschouwen, maar door een onderneming waarbij de 'aandeelhouders' grote sommen geld hadden geïnvesteerd in stoommachines, bedrijfsgebouwen, schroefstoomboten en personeel (70 man in ploegendiensten; www.stichtingdekop.nl).

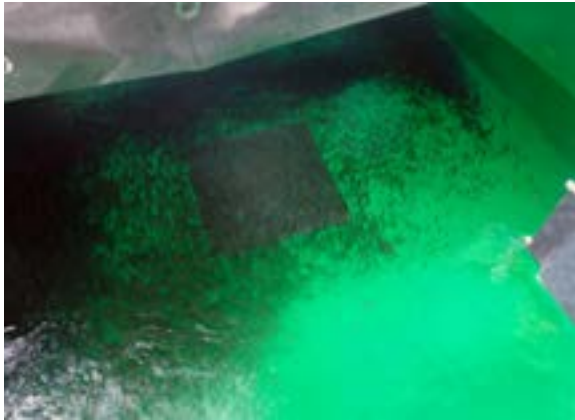
Rond 1880 werden er op de Nieuwe Merwede elk jaar zo'n 46.000 zalmen gevangen, een aantal dat tien jaar later bijna verdubbelde. Zo werden in 1887 in Nederland en Duitsland 250.000 zalmen gevangen (De Laak, 2007). De winstgevendste jaren voor de visserij vielen samen met de Eerste Wereldoorlog omdat Nederland als neutraal land voedsel, inclusief zalm, bleef leveren. Echter de gevangen aantallen liepen toen al terug. Niet alleen langs de Nieuwe Merwede, maar ook op de Oude Maas, de Lek, de Nieuwe Maas en de Beneden Merwede werd intensief jacht gemaakt op de trekvissen. Omstreeks 1930 was het gedaan met de grote zalmzegenvisserijen in Nederland. De zalmvisserij langs de Nieuwe Merwede heeft het 't langst volgehouden, maar in 1932 is ook de maatschap Nieuwe Merwede ermee gestopt (www.stichtingdekop.nl). In hoeverre de bevissing op industriële schaal een (te) grote belasting voor de populatie geweest is, is niet duidelijk, omdat er meerdere negatieve invloeden tegelijkertijd op de zalmpopulatie in werkte (De Laak, 2007). Duidelijk mag echter zijn dat de invloed van een dergelijke grootschalige visserij geen positieve is geweest.

Andere invloeden die de zalmpopulatie in Nederland (en overigens in heel West Europa) negatief beïnvloed hebben zijn (De Laak, 2007):

- waterverontreiniging, in het begin van de 20^{ste} eeuw liep de waterkwaliteit van de Rijn en de Maas, evenals die van de kleinere rivieren en beken hard achteruit. Begin 1900 vonden er al ongewoon grote vissterftes plaats die waarschijnlijk gerelateerd waren aan het lozen van organisch materiaal en het daarop volgende zuurstofgebrek in het water,
- veranderende morfologie van waterlopen, grindwinning en kanalisatie zorgde voor enorme veranderingen en verdwijnen van het paai- en opgroeimilieu,
- het ontstaan van migratie-barrières door de aanleg van waterkrachtcentrales en/of stuwen,
- de opkomst van aquacultuur, waarbij ontsnapte kweekzalm de wilde populatie ecologisch en genetisch bedreigt.

Dit alles heeft er in geresulteerd dat vanaf 1950 er eigenlijk geen zalm meer is waargenomen in het stroomgebied van de Maas en de Rijn (De Laak, 2007). Hierop volgend zijn er in onder andere Frankrijk, België, Nederland en Duitsland verschillende initiatieven gestart om de zalm weer terug in haar natuurlijke habitat te krijgen. Opvallend hierbij is dat alleen in Nederland dit initiatief zonder duidelijke overheidsbemoediging plaatsvindt. In Nederland loopt er sinds 1996 een gecombineerd initiatief van Nederlandse en Duitse vrijwilligers die verenigd zijn in visstandbeheercommissie (VBC) Roerdal en Hegegemeenschap Rur. Per jaar worden ongeveer 100.000 zalm-eieren (van de Loire-Allier stam) uit Frankrijk gehaald en opgekweekt in het door de vrijwilligers (3 à 4 cm) onderhouden kweekstation in Obermaubach (Duitsland). De uitgekomen larven worden vervolgens op het kweekstation verder opgekweekt tot het zogenaamde 'Brütlinge' formaat, dit zijn jonge zalmen ter grootte van een wijsvinger, waarna er per jaar ongeveer 90.000 jonge zalmen in de beken van het stroomgebied van de Duitse Roer (hun normale opgroei-gebied) worden uitgezet. De vissen zetten na een jaar in de beken te hebben geleefd hun trek naar zee in en moeten hierbij vanuit de beken eerst de Roer en daarna de rivier de Maas bereiken. Hierbij passeren de vissen Roermond in Nederland, waar er vier verschillende mogelijkheden zijn om de Maas te bereiken. Eén van deze vier mogelijkheden is een zogenaamde smoltval waar de vissen in vastgehouden worden en die dagelijks gelegeerd en gemonitord wordt door de vrijwilligers. Dit houdt in dat de instroom van water naar de smoltval wordt stopgezet en de in de val aanwezige vissen met een fijnmazig net worden uitgevangen. De vissen worden in een opvangbassin gebracht en geïdentificeerd op soort. Hierna worden de vissen benedenstrooms van de ECI weer losgelaten om hun trek voort te zetten.

Tijdens de palingtrek wordt ook de fuik achter de aalpijp in gebruik genomen. De inhoud van de fuik wordt in een opvangbassin gebracht waarna de vissen geïdentificeerd en gemeten worden. Omdat dit meestal relatief grote vissen zijn (vooral paling) wordt dit uitgevoerd met een speciaal gemaakte meetlat. Gemeten vis wordt direct weer terug gezet in de Roer zodat ze hun migratie kunnen vervolgen.



Figuur 2 Links één van de opkweekbakken in Düren (Duitsland) dichtbij de waterkrachtcentrale Obermaubach waarin het zalmbroed wordt grootgebracht tot het moment van uitzet. Rechts enkele van de jonge zalmen in detail. (Foto's: Fabrice Ottburg)

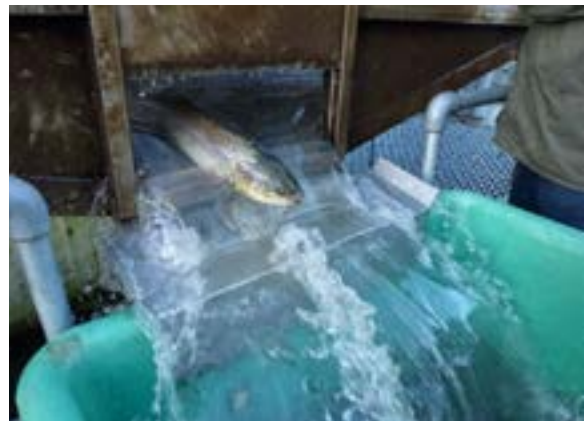
1.3 Aanleiding en doel van het onderzoek

De vrijwilligers van de VBC hebben tot nu toe geen zicht op de daadwerkelijke aantallen smolts (jonge zalmen) die, vanaf de bovenstroomse delen van de Roer, naar de Maas en daarmee uiteindelijk naar zee trekken. De smolts kunnen dit op vier manieren doen, namelijk via de smoltval, de aalpijp (aalfuik), de vispassage of de Hambeek (figuur 3). Hierbij moet worden opgemerkt dat de eerste drie deel uitmaken van de ECI waterkrachtcentrale in Roermond en dat de passage van de Hambeek hier bovenstrooms ligt. Van deze vier mogelijke passage routes kan er echter maar één gemonitord worden, dit is de smoltval. Het is niet bekend welk deel van de passerende smolts hierin belandt en er kan dus geen schatting van het totaal aantal migrerende vissen gemaakt worden. Verder worden er tijdens, delen van, de migratieperiode met schimmel geïnfecteerde jonge zalmen aangetroffen en is het niet duidelijk waardoor dit veroorzaakt wordt. Hierbij worden er ook nog de nodige exotische rivierkreeften en wolhandkrabben gevangen in de Roer die een mogelijke bron van infecties zijn.

VBC Roerdal heeft in samenwerking met Alterra twee onderzoeksvragen opgesteld. De primaire onderzoeksvraag is hoeveel van de totaal migrerende smolts er via de smoltval passeren. De tweede onderzoeksvraag is of het mogelijk was dat de schimmel waarmee de jonge zalmen geïnfecteerd waren door exotische rivierkreeften en/of wolhandkrabben overgedragen zijn.



Figuur 3 Van linksboven tot rechtsonder: smoltval, aalfuik, vistrap, Hambeek. (Foto's: Fabrice Ottburg)



Figuur 4 Links een overzicht van de vangkooi waarin grote optrekkende vis kan worden gevangen. Foto: Fabrice Ottburg. Op de rechterfoto is een vrouwelijke zalm te zien die gevangen is op 10 januari 2013. (Foto: Thijs Belgers)

2 Onderzoeksgebied en methoden

2.1 Locatie

De rivier de Roer wordt bij zijn passage van Roermond volledig opgevangen door de ECI waterkrachtcentrale. Bij een grootschalige revisie zijn er in 2007 een vistrap, een smoltval en een aalpijp aangelegd zodat de centrale weer passeerbaar werd voor vissen.



Figuur 5 De vistrap bij de ECI waterkrachtcentrale is in 2007 aangelegd. Om dit te kunnen realiseren werd een deel van de Roer drooggelegd en afgevist. De bovenstaande foto's zijn genomen op 18 juni 2007. (Foto's: Fabrice Ottburg)

Hierbij wordt de aalpijp bij de uitgang afgesloten met een fuik. De afgelopen twee jaar is deze aalpijp permanent in gebruik geweest om vismigratie continue te bemonsteren. De vistrap is in haar bovenstroomse deel uitgerust met een vangkooi waarin grote optrekkende vis kan worden gevangen. De smolt val bestaat daarnaast uit een aparte waterstroom waarin een rooster staat waardoor passerende vis in een opvangbekken wordt afgevangen. Tussen de Roer en het Groot Hellegat ligt een permanente verbinding in de vorm van een klein stroompje, waardoor vissen wel stroomafwaarts, maar niet stroomopwaarts kunnen migreren. Dit wordt geregeld met een duiker. Tijdens deze studie was dit stroompje tijdelijk bovenstrooms afgesloten.

Tussen de Roer en de Hambeek ligt een vispassage. Door deze permanente verbinding kan vis altijd stroom op- en afwaarts reizen (figuur 6). Deze vispassage fungeert als een soort bypass naar de Maas en voert een deel van het Roerwater via deze route af (figuur 6). De beek wordt van de Roer afgesloten door een balgstuw, die aangestuurd kan worden om onder andere de piek-afvoer van de Roer beter op te vangen en een constant debiet naar de ECI centrale te verzorgen. Tijdens de onderzoekperiode is er geen water over de balgstuw gelaten.



Figuur 6 Overzichtskartaal van het onderzoeksgebied met hierop de twee mogelijke migratieroutes (links) en een detailoverzicht (rechts).

2.2 Experimentele opzet

Het experiment bestond uit twee delen, een monitoring waarbij gemerkte (verzameld in de smoltval) smolts vlak voor de ECI centrale zelf werden losgelaten en een monitoring waarbij de smolts verder bovenstrooms, namelijk boven de Hambeek vispassage, werden losgelaten. Het was hierbij noodzakelijk om daadwerkelijk smolts te gebruiken omdat het gedrag dat hun trek stuurt niet per definitie in andere (gemakkelijker verkrijgbare) vissen aanwezig is. Ook was het belangrijk om wilde smolts te gebruiken en geen kweekdieren omdat uit eerdere ervaring van de VBC bleek dat de spierkracht en het uithoudingsvermogen van de laatste onvoldoende ontwikkeld waren om zich staande te houden in een natuurlijke omgeving als de Roer, bovendien hebben kweekvissen geen ervaring met predatoren zoals snoek en Europese meerval (mondelinge mededeling T. Belgers).

Bij het ontwerpen van de experimentele opzet werden drie aannames gemaakt:

- 1 dat het migratie-instinct van de dieren zo sterk was dat de dieren na tijdelijke opslag, merken en vrijlating hun trekgedrag weer voortzetten en niet terug stroomopwaarts zouden zwemmen,
- 2 dat de, in de smoltval gevangen, dieren geen specifieke voorkeur hadden voor deze passage zodat ze zich na bovenstroomse vrijlating weer 'normaal' over de verschillende passages bij de ECI zouden verdelen en niet allemaal in de smoltval zouden belanden,
- 3 de handelingen aan de smolts (het merken, transport naar uitzetlocatie en de daadwerkelijke uitzet) zijn zo uitgevoerd dat de vissen hier zo min mogelijk nadelen van ondervinden op het moment van definitief loslaten,
- 4 de predatie van de smolts niet heel hoog was zodat dit de passerende aantallen niet sterk zou beïnvloeden.

De laatste twee aannames werden gedaan op basis van ervaringen van de vrijwilligers van VBC Roerdal. In de loop der jaren hebben deze vrijwilligers de nodige expertise opgedaan in het hanteren

van smolts waardoor er zeer precies en met zo min mogelijk stress gewerkt kon worden. Tevens waren er bij de vrijwilligers observaties bekend waarbij smolts een vergelijkbare afstand binnen het uur wisten af te leggen. Hierdoor zou de tijd dat de smolts aan predatie werden blootgesteld zeer gering zijn, waardoor dit waarschijnlijk geen grote rol speelt op het test traject. De ECI waterkracht centrale zelf is op drie verschillende manieren te passeren, via de smoltval, de aalpijp en de vispassage. In deze studie werden de smoltval en aalpijp permanent gemonitord. De vispassage kon echter niet gemonitord worden en was daardoor een onbekende factor. Dit werd ondervangen door de volgende aanpak (de 'ECI run'):

Totaal passerende smolts = totaal uitgezette smolts = aantal in smoltval + aantal in aalpijp + aantal onbekend (vispassage + mortaliteit)

waarbij aantal onbekend de dieren waren die via de vispassage passeerde plus de exemplaren die op dit stukje door predatoren werden gepakt.

Dit betekende dat als er bijvoorbeeld 100 smolts gemerkt en uitgezet werden en er in de smoltval 20 en in de aalpijp 10 werden terug gevangen, dat er $(100 - 20 - 10 =)$ 70 dieren door de vispassage gegaan zijn of op dit stuk door predatoren werden gepakt.

Om na te gaan of er ook dieren via de Hambeek naar de Maas migreren werd een andere experimentele run ontworpen (de 'Hambeek run'). Hierbij werden de gemerkte smolts bovenstrooms van de Hambeek vispassage, die ook niet gemonitord kon worden, losgelaten. De bovenstaande aanpak werd nu beïnvloed door een tweede onbekende factor, de passage door de Hambeek.

Totaal passerende smolts = totaal uitgezette smolts = aantal in smoltval + aantal in aalpijp + aantal onbekend (vispassage + mortaliteit + Hambeek)

Waarbij in dit geval aantal onbekend de dieren waren die via de vispassage passeerden, plus de exemplaren die op dit stukje door predatoren werden gepakt, plus de dieren die door de Hambeek richting Maas migreerden.

Het combineren van de uitkomsten van beide runs liet dan het belang van predatie (op dit stuk van de Roer) en de Hambeek-route op het aantal passerende smolts bij de ECI-centrale zien. Als namelijk het aantal 'onbekend' uit de ECI run gelijk was aan het aantal 'onbekend' uit de tweede run betekende dit dat er geen dieren via de Hambeek de Roer verlieten en ook dat de predatie niet significant toenam op een traject dat ongeveer tien keer langer was (285 m ten opzichte van 2836 m). Om de precieze invloed van deze twee factoren weer te kunnen ontvlechten werden zowel de ECI run als de Hambeek run herhaald. Omdat er hydrologisch niets veranderde (geen sterk toegenomen afvoer) werd verwacht dat de 'aantrekkingskracht' van de Hambeek in beide herhalingen van de Hambeek run hetzelfde was. Het succes van predatie is zeer variabel en zou daardoor een veel willekeuriger patroon vertonen. Een verschil in het aantal 'onbekend' tussen de ECI run en de Hambeek run wees daarom op een invloed van de Hambeek-route of extra predatie op migrerende smolts, waarbij de herhalingen van beide runs onderling iets zeiden over het belang van predatie op de beide stukken.

Voorbeeld

Als er geen noemenswaardig verschil is in het aantal 'onbekend' tussen beide ECI runs geeft dit aan dat de predatie hier geen grote impact heeft. Als dit ook het geval is in het vergelijk tussen beide Hambeek runs, speelt predatie ook hier geen grote rol.

Is er echter een constant verschil in het aantal 'onbekend' tussen de ECI runs en de Hambeek runs (geen grote predatie impact), dan zijn er inderdaad smolts via de Hambeek naar de Maas gemigreerd. Is dit verschil er niet, dan is de Hambeek route niet van belang en komen de smolts allemaal langs de ECI.

De vier runs (twee runs, die herhaald werden) zijn uiteindelijk uitgevoerd op 28 maart, 4, 12 en 19 april 2012, waarbij run 1 en 3 zogenaamde ECI runs waren en run 2 en 4 zogenaamde Hambeek runs. De gegevens die verkregen werden uit deze experimentele runs stellen VBC Roerdal in staat om de aantallen in de smoltval gevangen smolts om te rekenen naar het totaal aantal passerende smolts.

Vervolgens kan er dan een schatting gemaakt worden van de effectiviteit van de herintroductie-inspanningen van VBC Roerdal en ArGe Lachs, te weten de efficiëntie van opkweek en uitzetting van jonge zalm.

2.3 Monitoren

Omdat de vispassage bij de ECI waterkrachtcentrale en de Hambeek niet van monitoringsapparatuur voorzien waren, werden verschillende alternatieve monitoringsmogelijkheden onderzocht. Het monitoren van vis onderwater is bijvoorbeeld mogelijk via het gebruik van onderwatercamera's (VAKI Riverwatcher systeem), telemetrie of transponder-onderzoek. Deze technieken hadden als groot voordeel dat er relatief weinig fysieke aanpassingen nodig zijn in de bestaande infrastructuur. Helaas zijn er ook enkele bezwaren bij deze technieken, waardoor hun toepassing in dit onderzoek niet mogelijk was.

Onderwatercamera's zijn, hoewel duur in aanschaf, weliswaar goed op te stellen in de observatieruimte van de vistrap (waarin een glazen ruit gemonteerd is), maar konden op deze manier maar de helft van de passage in beeld brengen. De andere helft was niet afsluitbaar waardoor een deel van de vissen nog steeds ongemerkt kon passeren. Gezien het feit dat de apparatuur bij de Hambeek in het open veld geplaatst zou moeten worden en daarmee zeer diefstal en vandalisme gevoelig was, viel dit af. Het gebruik van telemetrie is niet mogelijk omdat de benodigde zenders te groot zijn voor gebruik op de kleine smolts. Hoewel het gebruik van veel kleinere passieve transponders 'an sich' veelbelovend is, was deze techniek voor gebruik op de ECI nog niet ver genoeg ontwikkeld om hier toepasbaar te zijn. Uiteindelijk werd daarom gekozen voor de techniek van 'merk en terugvangst' waarbij de smolts met een (tijdelijk) merk uitgerust werden.

2.4 Smolts verzamelen en merken

De tijdens de reguliere monitoring in de smoltval gevangen smolts werden niet direct terug gezet maar tijdelijk opgeslagen in een afgedekt opvangbassin van 1000 liter. Dit bassin werd met een opvoerpomp continue van Roerwater voorzien, waarbij het surplus water weer naar de Roer teruggevoerd werd. Hierdoor verbleven de dieren altijd in hun natuurlijke condities (zuurstof, pH, temperatuur) en konden geen afvalstoffen in het water opbouwen. Het welzijn van de vissen in de opvangbassins werd dagelijks gecontroleerd. De dieren werden opgespaard totdat er tenminste 100 individuen verzameld waren. Hierbij werd erop gelet dat de dieren niet langer in het bassin verbleven dan maximaal zeven dagen. Was het beoogde minimum aantal van 100 dieren niet bereikt, dan werden de dieren vrijgelaten en startte het verzamelen opnieuw.

Als genoeg dieren voor een experimentele run verzameld waren, werden de dieren in kleine groepjes van ongeveer acht vissen tegelijkertijd licht verdoofd met eugenol (kruidnagel-olie in een concentratie van 20-40 mg/L (Anderson *et al.*, 1997), waarna de dieren bijvoorbeeld achter de borstvin een kleine tatoeage (merk) kregen. Het merk, een injectie met methyleen blauw, werd gezet met een dermojet drukinjector



Figuur 7 De dermojet drukinjector gevuld met methyleen blauw. Hiermee zijn de smolts gemerkt. (Foto: Fabrice Ottburg)

waardoor de huid van de vis intact bleef en er geen gevaar voor latere infectie optrad. De getatoeëerde vis werd daarna overgebracht naar een tweede opvangbassin (750 liter) om in een sterk met zuurstof doorborrelde omgeving bij te komen. De keuze om eugenol te gebruiken is gemaakt omdat de VBC hier ervaring mee had en omdat dieren sneller herstellen van een eugenol-verdoving dan van bijvoorbeeld MS-222 verdoving (Hansen en Jonsson, 1985; Anderson *et al.*, 1997).



Figuur 8 De bovenstaande reeks foto's geven een overzicht van de werkzaamheden. Eerst verdoven, vervolgens fotograferen, meten, wegen en merken. Daarna de vis weer laten bijkomen. Onderste foto is een van de 716 smolts die in één van de vier runs opnieuw de ECI waterkrachtcentrale in Roermond passeerde. (Foto's: Heinz-Josef Jochimes en Fabrice Ottburg)



Figuur 9 Twee van de 716 smolt die zijn gemeten, gewogen en gemerkt. (Foto's: Maurice Tilmans)

2.5 Uitzetten en terugvangen

Als de dieren allemaal waren gemerkt werden ze in een speciale zalmtransportkist naar de uitzetlocatie gebracht. Hier werden de vissen niet 'koud' in het water losgelaten maar met een zogenaamde 'soft-release' uitgezet. De 'soft-release' hield in dat de vissen eerst 30 minuten in een groot vierkant leefnet met buizenstelsel in de Roer geacclimatiseerd werden, waarna de vissen voorzichtig uit het net gelaten werden. Er is voor soft-release gekozen omdat dieren die enige tijd krijgen om te acclimatiseren over het algemeen beter presteren in hun nieuwe omgeving (Clarke *et al.*, 2011). Hoewel territoriaal als juveniele zalm, verliezen smolts deze eigenschap als ze gaan trekken en vormen ze scholen (McCormick *et al.*, 1998). Uitzet met 'soft-release' geeft de vissen ook de mogelijkheid om bij de uitzet weer daadwerkelijk een school te vormen. Hoewel de acclimatisatie-tijd door logistieke randvoorwaarden niet heel lang kon zijn, is er vanuit een voorzorgsprincipe toch voor gekozen om dit in de uitzettingen in te bouwen. De uitzet was altijd in de middag. Hierbij werd verwacht dat niet alle smolts meteen na 'release' zouden doorgaan met migreren maar dat de migratie gedurende de eerste nacht pas goed op gang zou komen, omdat smolts over het algemeen een nachtelijk migratiepatroon vertonen (Olsen *et al.*, 2004; Riley, 2007), met uitzonderingen bij hoge watertemperaturen (Moore *et al.*, 1995; Ibbotson *et al.*, 2006; Ibbotson *et al.*, 2011) en in het hoge noorden waar continu zon schijnt (Davidsen *et al.*, 2005).



Figuur 10 De transportkist waarin de smolts werden vervoerd was voorzien van een belichtingssysteem. Van de ECI centrale tot het verst gelegen uitzetpunt duurde de reis nooit langer dan 15 minuten. Met 'soft' release kregen de smolts eerst de gelegenheid te acclimatiseren en om weer een school vissen te vormen, voordat zij werden losgelaten. (Foto's: Fabrice Ottburg)

Daar de vissen van elke run een ander merk kregen (een puntje achter de rechter borstvin of één achter de linker borstvin, achter beide vinnen, twee puntjes, et cetera) kon een achterblijvende vis uit bijvoorbeeld de eerste run in de smoltval of aalfuik worden terug gevangen samen met smolts van run 2 zonder dat dit de identificatie van de smolt (en hiermee de proefresultaten) nadelig zou beïnvloeden.



Figuur 11 De linker foto toont de uitzet-locatie van run 1 en 3, de zogeheten ECI run. De rechterfoto is de uitzetlocatie voor run 2 en 4, de Hambeek run. (Foto's: Fabrice Ottburg)

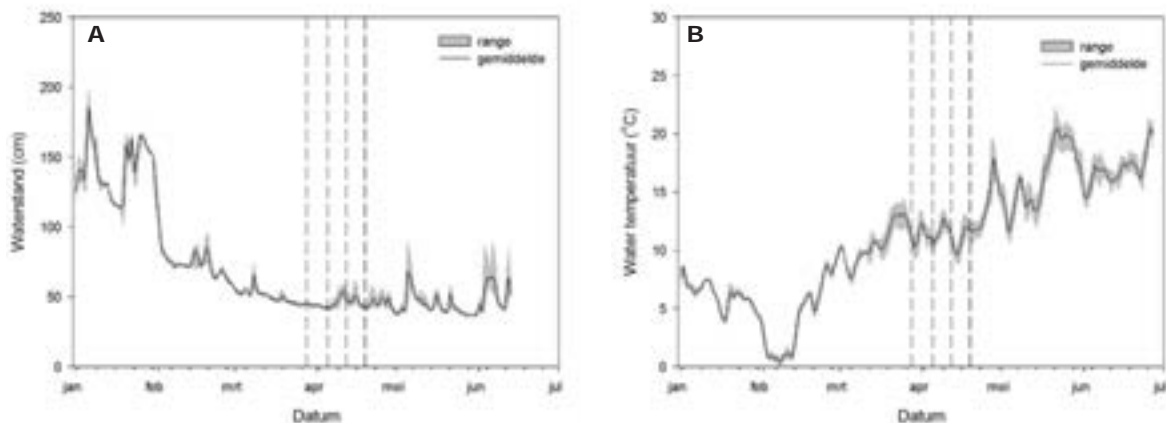
2.6 Analyse beschimmelde smolts

Smolts met een zware schimmelinfectie werden uit de testgroep gehaald en direct op locatie ingevroren, waarna ze op transport gingen naar het laboratorium. Na ontdooien werden er plukjes schimmel van de huid afgenomen. Vervolgens werd geprobeerd de schimmels te typeren met de Fungal Identification kit (Applied Biosystems). Met een specifieke PCR-test (Polymerase Chain Reaction) werd getest op de aanwezigheid van de oomyceten *Aphanomyces invadans* en *Aphanomyces astaci*, waarbij de laatste de veroorzaker is van de kreeftenpest (de schimmelinfectie die dodelijk is voor onder andere de inheemse Europese rivierkreeft).

3 Resultaten

3.1 Milieuomstandigheden

Op het Nederlandse deel van de rivier de Roer was geen officieel meetstation aanwezig. Het dichtstbijzijnde meetstation was Stah, dat net over de grens in Duitsland ligt. Op het moment dat de experimenten uitgevoerd werden, waren de piekafvoeren uit de winterperiode voorbij en lag de watertemperatuur tussen de 10 en 15 graden (figuur 12A en 12B).



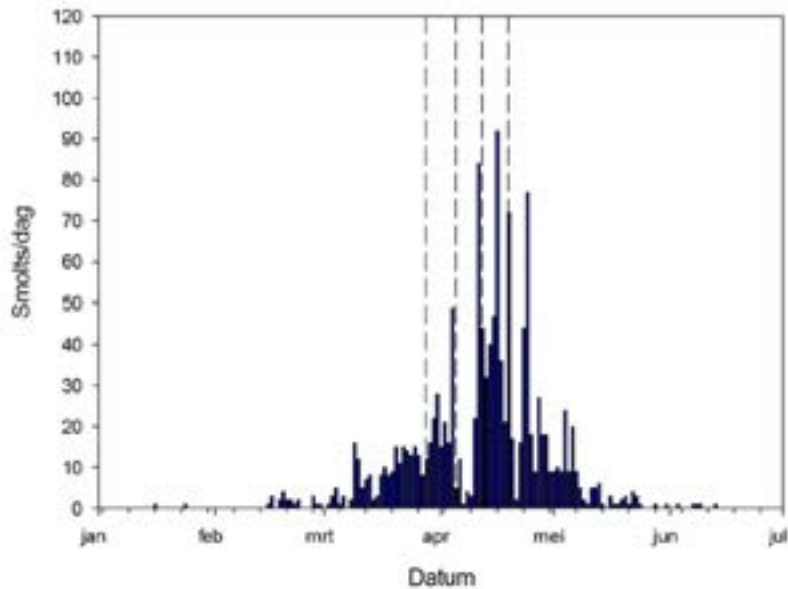
Figuur 12 De waterstand (A) en watertemperatuur (B) van de Roer tijdens de eerste helft van 2012. De metingen zijn afkomstig van meetstation Stah, net over de grens in Duitsland. De vier verticale stippellijnen markeren de tijdstippen waarop de vier experimentele runs zijn gestart.

Tijdens de experimentele runs bleven deze omstandigheden redelijk constant waardoor er tussen de verschillende runs geen impact van waterhoogte en -temperatuur op de resultaten wordt verwacht.

3.2 Reguliere smolt monitoring

Een enkele vroege smolt in januari daargelaten, kwam de migratie richting de Maas pas halverwege februari voorzichtig op gang (figuur 13). Medio maart werden meer dan tien dieren per dag gevangen en begon de migratie goed op gang te komen, terwijl de piek medio april bereikt werd. Eind mei werden er vrijwel geen migrerende smolts meer waargenomen. In deze periode zijn er in totaal 1321 smolts waargenomen.

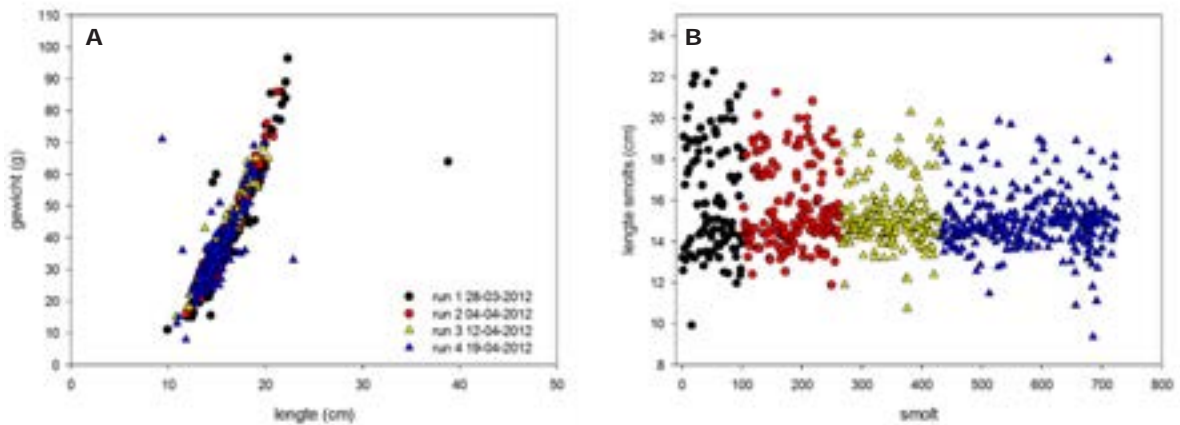
De verticale stippellijnen, die de inzet van de experimentele runs aangeven, laten zien dat de runs midden in de migratie plaatsvonden. Dit geeft aan dat de gebruikte smolts niet tot de voor- of achterhoede behoorden, met de mogelijkheid dat deze een iets afwijkend onderliggend gedrag vertoonden, maar in de hoofdmoot en daarmee vol in hun migratie zaten. Het was belangrijk om de runs in deze hoofdmoot te laten vallen omdat het vooraf niet duidelijk was of bijvoorbeeld het merken en opnieuw uitzetten wellicht een afwijkende respons, zoals het terug stroomopwaarts zwemmen, zou veroorzaken bij vroeg migrerende smolts waarbij de migratie-drang misschien nog niet heel sterk ontwikkeld was. Van smolts waarbij dit wel het geval was, werd verwacht dat de experimentele handelingen geen verstoring van het migratie-instinct zouden veroorzaken.



Figuur 13 Het aantal smolts dat per dag in de smoltval bij de ECI waterkrachtcentrale werd gevangen. De vier verticale stippellijnen markeren de tijdstippen waarop de vier experimentele runs zijn gestart.

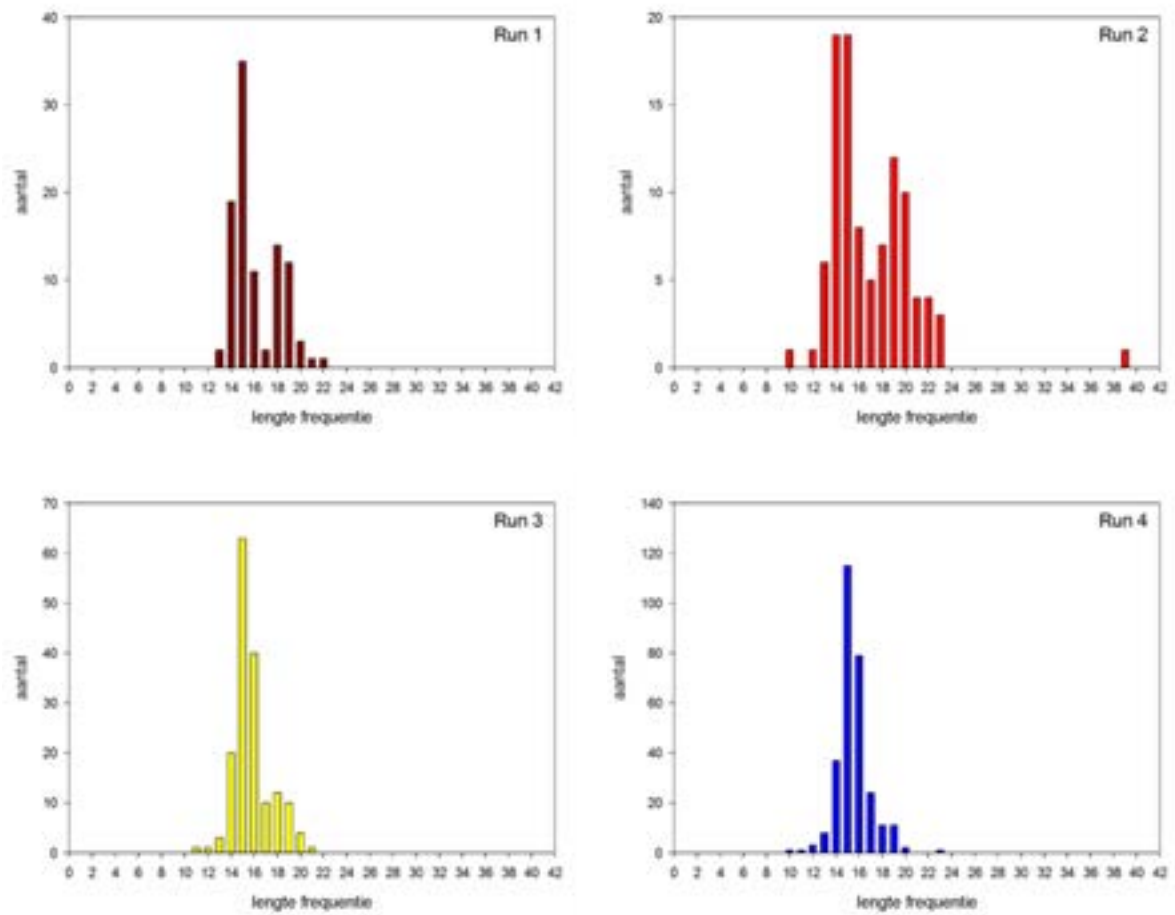
3.3 Smolts in de experimentele runs

De smolts gebruikt in de experimentele runs werden na verdoving gefotografeerd en gewogen, waarna de dieren daadwerkelijk gemerkt werden. Als de lengte en het gewicht van de smolts tegen elkaar worden uitgezet, resulteert dit in een redelijk lineair verband (figuur 14A).



Figuur 14 De lengte per vis en de lengte-gewicht relatie van de gemerkte smolts.

Als alleen de lengte van de smolts bekeken wordt, blijkt dat er een scheiding in (tenminste) twee groepen lijkt te zijn, die het meest duidelijk in de eerste runs waar te nemen is (figuur 14B). Dit beeld wordt bevestigd als de gemeten lengte in frequentie-klassen worden weergegeven (figuur 15). Dit betekent dat een smolt van 13,2 cm tot de klasse 13 cm gerekend wordt evenals een smolt van 13,9 cm, maar een smolt van 14,1 in de klasse 14 cm geplaatst wordt).



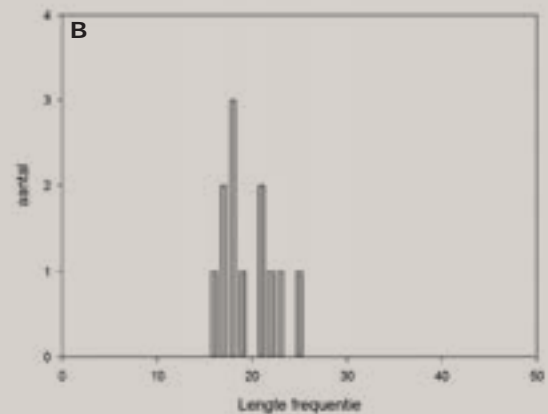
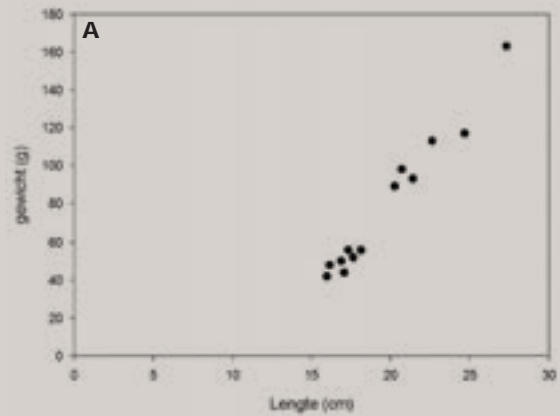
Figuur 15 De lengte-frequentie verdeling van de smolts uit de verschillende experimentele runs.

Zeeforel (*Salmo trutta*)

Naast smolts werden er, vooral in de laatste run, jonge zeeforellen aangetroffen. De zeeforel is eigenlijk de naar zee migrerende vorm van de 'gewone' beekforel. Deze dieren waren echter veelal forser en robuuster dan de jonge zalmen (figuur 17A). In totaal werden er veertien zeeforellen gevangen. Hoewel figuur 17B wellicht suggereert dat ook hier twee lengteklassen aanwezig waren, waren de beschikbare aantallen veel te laag om hier daadwerkelijk uitspraken over te kunnen doen.



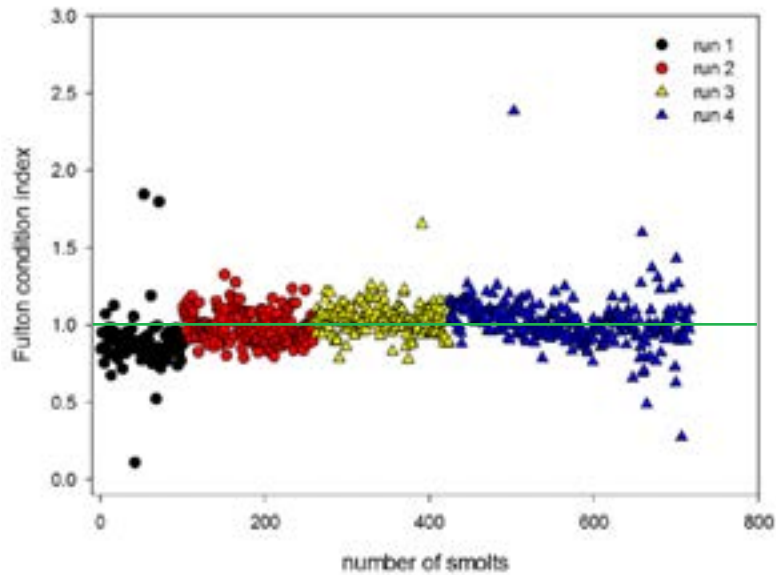
Figuur 16 Eén van de veertien gevangen zeeforellen. De rode rand op de vetvin is kenmerkend voor deze soort. (Foto: Maurice Tilmans)



Figuur 17 De lengte-gewicht relatie (A) en lengte-frequentie verdeling (B) van de jonge zeeforellen.

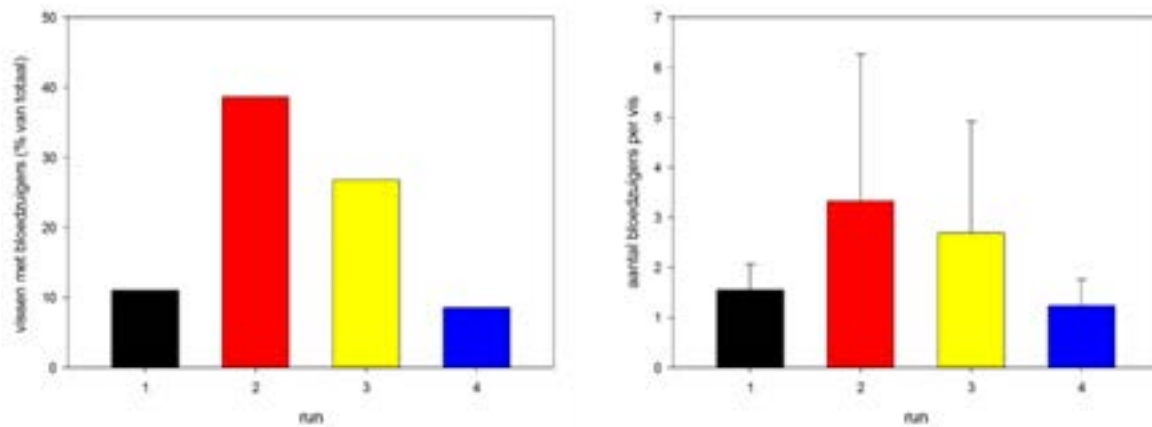
De conditie van de vissen kan uitgedrukt worden in de Fulton Conditie Index (K; (Ricker, 1975; Nash *et al.*, 2006)). Deze index wordt berekend uit de lengte en het gewicht van de vis¹ en als dit gelijk is aan 1 betekent dit dat de conditie van de vis in orde is. Vooral de smolts uit de eerste run hadden een wat mindere conditie ($K < 1$, zie figuur 18), terwijl de conditie van de vissen uit de latere runs goed was. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat er een lichte negatieve trend in de conditie van de vissen in de laatste run aanwezig leek te zijn (figuur 18). Dit betekent dat als de conditie van de migrerende smolts gemonitord wordt, dit in het begin van de migratie mogelijk een vertekend beeld geeft van de conditie van de gehele populatie die dat seizoen naar de Maas trekt.

¹ De Fulton Conditie Index (K) wordt als volgt berekend:
$$K = \frac{\text{gewicht (g)}}{[\text{lengte (cm)}]^3}$$



Figuur 18 De Fulton Conditie Index (K) voor alle smolts gebruikt in het experiment.

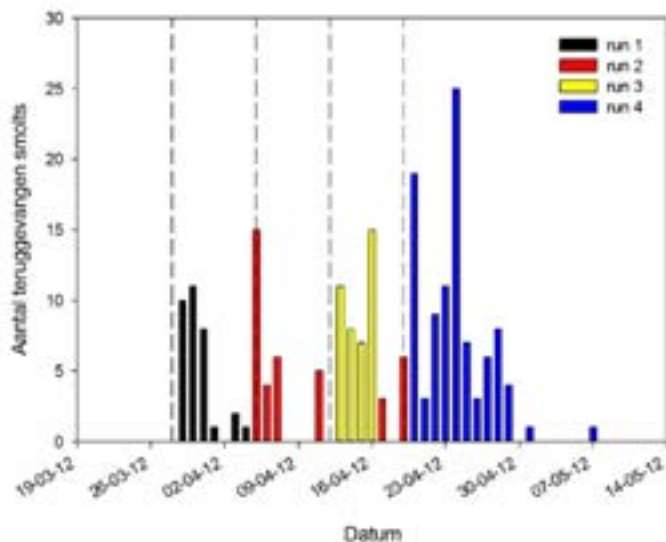
De conditie van de vissen is van verschillende factoren afhankelijk en één hiervan zou parasitisme door bloedzuigers kunnen zijn. Het percentage door bloedzuigers gearasiteerde vissen wisselde sterk per run en varieerde van ongeveer 10% tot bijna 40% (figuur 19A). Opvallend was dat de meeste bloedzuigers werden gevonden op de vissen die de 'beste' conditie hadden. Het aantal bloedzuigers per vis varieerde ook maar was evenredig met het eerder genoemde percentage gearasiteerde vis, en dit betekent dat bij meer gearasiteerde vissen per run er op die vissen ook meer bloedzuigers aanwezig waren (figuur 19B).



Figuur 19 Door bloedzuigers gearasiteerde smolts als percentage van het totaal per run (A) en aantal bloedzuigers per gearasiteerde vis (B).

3.4 Resultaten van de experimentele runs

Een deel van de uitgezette smolts kwam dezelfde dag of een dag later al weer aan bij de ECI waterkrachtcentrale (figuur 20). Dit laatste had waarschijnlijk meer te maken met de monitoringsfrequentie van de smoltval en aalfuik, dan met een daadwerkelijke latere aankomst van de smolts. Echter niet alle uitgezette smolts komen binnen een dag weer aan bij de ECI waterkrachtcentrale. In de beide 'ECI runs' varieerde dit van zeven dagen in run 1 tot vier dagen in run 3. In de verder gelegen 'Hambeek runs' duurde het tot wel twee weken voordat de laatste gemerkte smolt werd waargenomen (figuur 20).

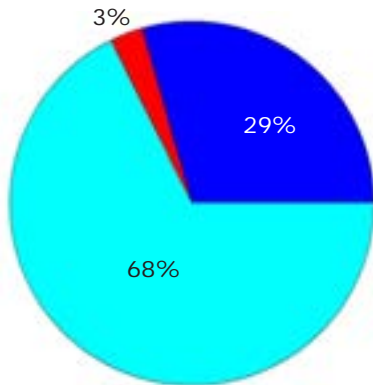


Figuur 20 Moment van terugvangst van de gemerkte smolts.

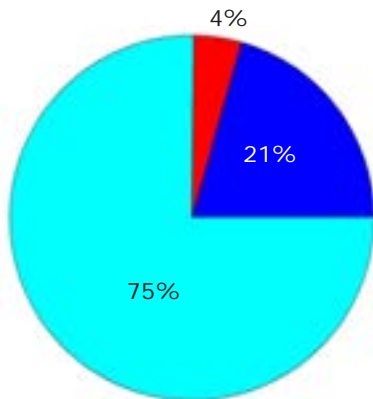
De terugvanglocatie van de smolts bij de ECI waterkrachtcentrale vertoonde opvallend weinig variatie tussen de verschillende runs (figuur 21). Het percentage dat in de aalfuik terug gevangen werd is klein, gemiddeld 4% en 1% bij respectievelijk de 'ECI runs' en 'Hambeek runs'. Opvallend was ook dat in beide type runs zeer met elkaar overeenkomende percentages (gemiddeld 24% en 29% voor ECI runs en Hambeek runs) van de uitgezette smolts in de smoltval terug gevangen werden. Hiermee werd de gelijkenis tussen de percentages 'onbekend' (het deel dat de vispassage gebruikt had, opgegeten was of - in het geval van de Hambeek runs - een alternatie route gekozen had) van beide type runs nog groter, te weten gemiddeld 72% en 70% en deze getallen kunnen als identiek beschouwd worden.

ECI run

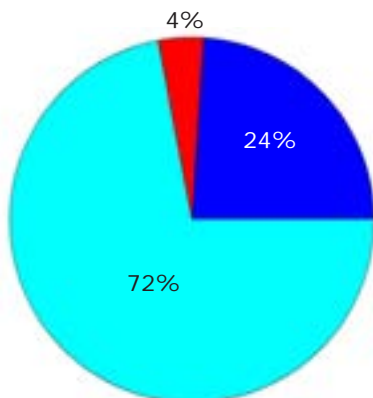
Run 1
100 smolts



Run 3
165 smolts



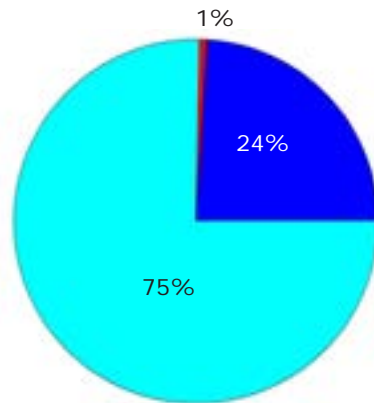
gemiddeld



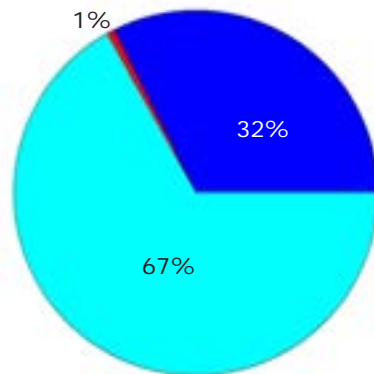
■ Smoltval
■ Aalpijp
■ Onbekend (vispassage + mortaliteit)

Hambeek run

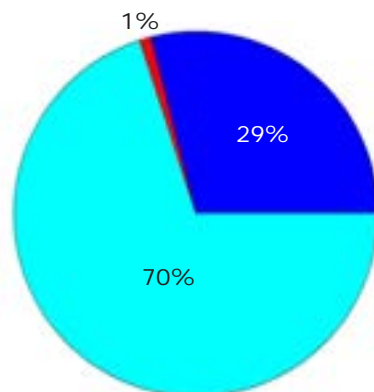
Run 2
158 smolts



Run 4
293 smolts



gemiddeld



■ Smoltval
■ Aalpijp
■ Onbekend (vispassage + mortaliteit + Hambeek)

Figuur 21 Locatie van de teruggevangen smolts als percentage van het totaal uitgezette aantal dieren.

3.5 Resultaten van de schimmelanalyses

Van veertien smolts zijn plukjes schimmel van de huid afgenomen. Omdat deze schimmelplukjes van uit het veld verzameld materiaal afkomstig waren, is dit geen zuiver materiaal (het bestond niet uit maar één soort schimmel). Het niet-zuiver zijn van de schimmelplukjes stoorde dan ook enigszins in de analyse waardoor geen volledige typering kon worden uitgevoerd. Van negen van de veertien plukjes was het mogelijk om sequenties te verkrijgen van de schimmels. In vijf van deze negen gevallen was het mogelijk om deze tot op de soort te typeren. In alle gevallen was dit de oomyceet *Saprolegnia parasitica*. Deze schimmel is beschreven als (secundair) pathogene oomyceet bij salmoniden (Zaror *et al.*, 2004; Ortega *et al.*, 2005).

De overige resultaten zijn gebaseerd op veelal korte sequentie fragmenten waardoor er geen zekerheid is over de soorts- en genusnaam, maar het wel te verwachten is dat de schimmel behoort tot de stam van *Ascomycota* (1x) en *Basidiomycota* (3x).

De specifieke real time PCR testen op de aanwezigheid van *Aphanomyces invadans* en *Aphanomyces astaci* gaf aan dat alle veertien geteste monsters negatief waren en dat de vissen dus niet geïnfecteerd lijken te zijn met deze schimmels.

4 Discussie en conclusie

In deze studie werden twee onderzoeksvragen beantwoord, namelijk: a) hoeveel van de door de VBC Roerdal uitgezette kleine zalmpjes na smoltificering de ECI centrale passeren tijdens hun trek naar zee en b) of de schimmels die op sommige smolts werden waargenomen door de aanwezigheid van exotische kreeften en krabben veroorzaakt konden worden.

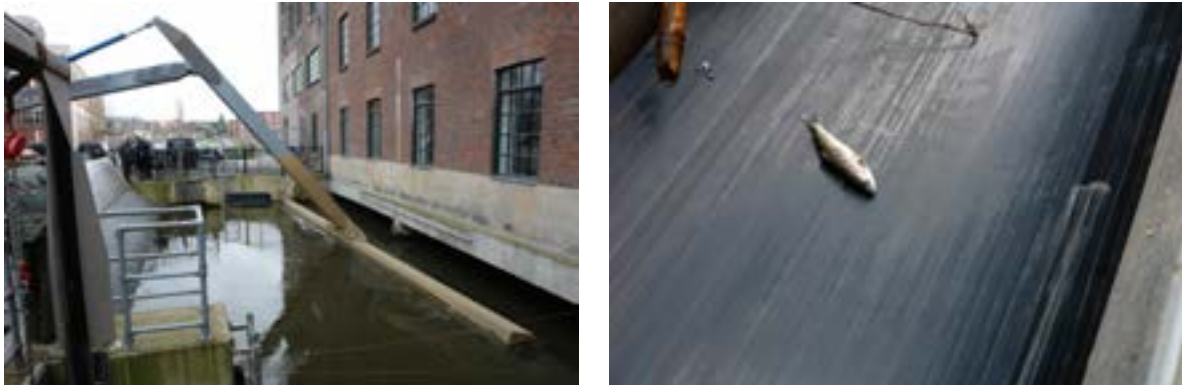
Om de tweede vraag te beantwoorden zijn enkele beschimmelde smolts in het laboratorium geanalyseerd. Analyse van de schimmelplukjes duidde vooral op een secundaire infectie met *Saprolegnia parasitica*. Secundair betekent in dit geval dat de schimmel niet de primaire oorzaak van het onwelzijn van de vissen was, maar dat dit door een andere factor werd veroorzaakt waarna de schimmel de vis kon infecteren. Vooral lage stroomsnelheden, warm water en slechte waterkwaliteit bevorderen infecties van *Saprolegnia parasitica*. Hierbij was het niet duidelijk hoe lang de vissen al geïnfecteerd waren en kon dus ook niet achterhaald worden waar precies in het stroomgebied de vissen geïnfecteerd geraakt zijn.

Om de eerste vraag te beantwoorden werden vier maal wilde smolts verzameld, gemerkt en bovenstrooms weer uitgezet. De smolts konden daarna in run 1 en 3 via de smoltval, de aalpijp, de vispassage de ECI centrale passeren of in run 2 en 4 ook nog eens via de Hambeek de Maas bereiken. Doordat de aalpijp en de smoltval continue gemonitord werden kon met het percentage 'niet gemonitorde' smolts een schatting van het deel gemaakt worden dat gebruik maakte van de vispassage. Alsr dit percentage bekend was, kon in de andere run het percentage dat gebruik maakte van de Hambeek geschat worden. Ook kon uit de vergelijking van de resultaten uit beide runs een indruk van de mortaliteit verkregen worden.

De vier experimentele runs vielen niet aan het begin, maar midden in de migratie-periode van de smolts. Dit was gunstig omdat het aan het begin van de migratie-periode mogelijk was dat de smolts niet in één keer door trokken naar de Maas, maar dit of met tussenposen deden of zich mogelijk zelfs weer enigszins stroomopwaarts zouden bewegen. Zeker in het laatste geval zou dit een grote verstoring van het experiment kunnen veroorzaken. Omdat tijdens het experiment de trek in volle gang was, was de mogelijkheid van het optreden van een dergelijke verstoring zeer gering.

In totaal werden in de 2012-migratie periode 1321 smolts in de smoltval gevangen. Hiervan zijn 716 smolts (54% van het jaartotaal gevangen in de smoltval) gemerkt en verdeeld over vier experimentele runs weer bovenstrooms van de ECI uitgezet. Tijdens het merken en uitzetten zijn vijf van de 716 smolts tijdens de uitzet overleden. Het feit dat het maar een zeer klein percentage (0.7%) is, geeft aan dat de gehele procedure maar een uiterst geringe impact op de vissen heeft gehad.

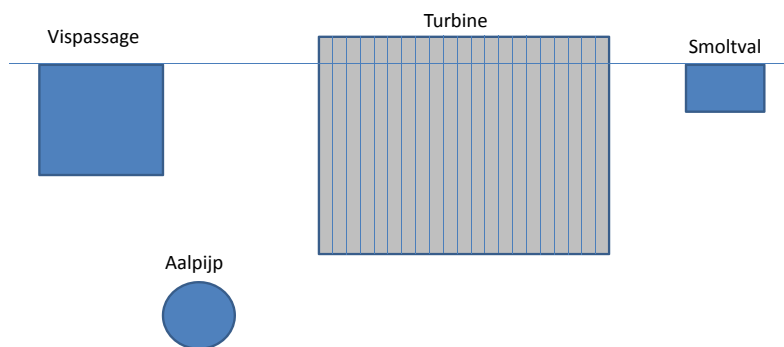
De afstand tussen de uitzet-locaties en de ECI centrale was respectievelijk 0,285 en 2,836 km voor de 'ECI runs' en 'Hambeek runs'. Hoewel uitgezette smolts op dezelfde dag weer voor de ECI centrale waargenomen werden (tijdens mechanisch schoonmaken van het rooster bij de centrale werd door de veger een gemerkte smolt mee omhoog genomen), duurde het tot wel twee weken voordat er geen gemerkte smolts meer gevangen werden. Dit was afstand afhankelijk en smolts die dicht bij de ECI centrale werden uitgezet, waren ook sneller gepasseerd dan smolts die verder van de ECI centrale werden uitgezet.



Figuur 22 Tijdens mechanisch schoonmaken van het rooster bij de centrale werd door de veger een gemerkte smolt mee omhoog genomen. (Foto's: Fabrice Ottburg)

Opvallend genoeg was er weinig spreiding in de terugvangst-gegevens van de verschillende runs. Vierentwintig tot tweeëndertig procent van de uitgezette dieren werd teruggevangen in de smoltval. De dieren maakte bijna geen gebruik van de aalpijp en zeventig tot vijfenzeventig procent werd niet teruggevangen. Deze laatste groep bestond uit vissen die of de vispassage gebruikten, gepreedeerd werden of via de Hambeek de Maas opzochten. De af te leggen afstanden in de twee runs waren zeer verschillend. Als predatie een grote factor zou zijn, zou dit logischerwijs toenemen met een grotere af te leggen afstand. Met als gevolg dat het percentage onbekend in de 'Hambeek run' zou toenemen. Er werd verwacht dat als (een gedeelte van) de smolts via de Hambeek zou afzakken, dit ook terug te zien zou zijn als een groter percentage 'onbekend' in de 'Hambeek run'. Gemiddeld bedroegen de percentages 'onbekend' tweeënzeventig procent voor de 'ECI runs' en zeventig procent voor de 'Hambeek runs' en dit betekent dat er nagenoeg geen verschil tussen de twee type runs bestond. Dit geeft aan dat predatie geen enorme impact heeft op dit stuk van de Roer en dat de dieren weinig gebruik maken van de Hambeek om de Maas te bereiken. Het lijkt erop dat de dieren de hoofdstroom blijven volgen en dit aan de oppervlakte doen. Dit fenomeen is eerder beschreven (Hansen en Jonsson, 1985) en is mogelijk de meest energetisch gunstige manier van verplaatsen en/of een veiligheidsmaatregel om niet in zogenaamde 'achter-wateren' te blijven steken (McCormick *et al.*, 1998).

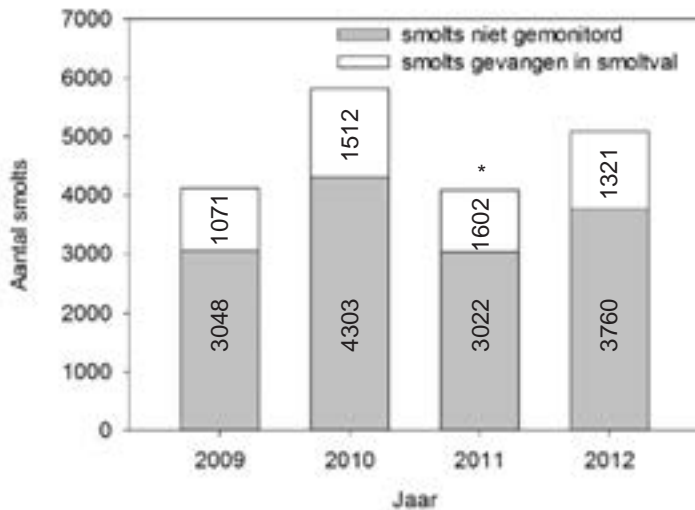
Het feit dat smolts aan de oppervlakte in hoofdstroom migreren is ook terug te zien in de verdeling van de smolts over de verschillende passage-mogelijkheden bij de ECI waterkrachtcentrale. Navraag bij het waterschap leerde dat de turbine een maximaal debiet van 18 m³ heeft en vispassage een debiet van 0.75 m³, de smoltval een debiet van 0.47 m³ en de aalpijp een debiet van 0.27 m³ had. Omdat de turbine afgeschermd wordt met een fijn rooster waar de smolts niet kunnen passeren, moeten de dieren een andere route kiezen (figuur 23).



Figuur 23 Schematische weergave passagemogelijkheden ECI waterkrachtcentrale.

Dit sluit aan bij waarnemingen van de vrijwilligers van de VBC die melding maakten van het feit dat bij de ECI centrale aangekomen smolts eerst voor het rooster blijven staan en zich lijken te oriënteren op de lokale omstandigheden voordat verder wordt getrokken. Dit oriënteren op een alternatieve route is overigens vaker geobserveerd als smolts een obstakel op hun migratieroute ontmoeten (Croze en Larinier, 1999).

Omdat de hoofdstroom bij de ECI centrale niet meer toegankelijk is, blijft er daardoor een toegankelijk debiet van $(0.75+0.47+0.27=)$ 1.49 m^3 voor de vissen over. De smoltval maakt hiervan $(0.47/1.49*100=)$ 31.5% uit. Hierdoor blijft er een lokstroom van de aalpijp en vispassage over van $([0.75+0.27]/1.49*100=)$ 68.5%. Er van uitgaande dat de aalpijp te diep onder het wateroppervlak ligt om daadwerkelijk een aantrekkelijke route voor de smolts te vormen, zullen de smolts zich voornamelijk over de smoltval en de vispassage verdelen. De waargenomen percentages van 26.5% in de smoltval gevangen smolts en 71% door de vispassage getrokken smolts (zijnde de fractie 'onbekend') komen opvallend dicht in de buurt van de eerder berekende passeerbare waterverdeling van 31.5% van de smoltval en 68.5% van de vispassage. Dit geeft aan dat de migratiekeuzes van de smolts zich inderdaad laten voorspellen door de grootte van de (oppervlakkige) waterstromingen. Een interessante vraag die hiermee opgeworpen wordt, is hoe klein een stroming moet zijn ten opzichte van een hoofdstroom om niet meer aantrekkelijk te zijn voor migrerende smolts.



Figuur 24 Berekende totaal aantallen smolts die de ECI passeerden, gebaseerd op vangsten uit de smoltval.

* In 2011 viel, midden in de migratieperiode, de turbine van de waterkrachtcentrale uit waardoor dit mogelijk effect heeft gehad op de smolt-migratie van dat jaar.

Er passeerde gemiddeld $([24+29]/2=)$ 26.5% van de uitgezette smolts via de smoltval. Samen met de monitorings-gegevens van de afgelopen jaren wordt het mogelijk hiermee een schatting te maken van het totaal aantal smolts dat uit de bovenloop van de Roer naar zee getrokken is. Dit resulteert in totaal aantallen van respectievelijk 4749, 5815, 4624 en 5081 smolts in de jaren 2009, 2010, 2011 en 2012 (figuur 24).

Als deze aantallen vergeleken worden met het aantal jonge zalmpjes dat de vrijwilligers van de VBC Roerdal in deze jaren hebben uitgezet, blijkt dat 3.5% tot 6.6% van de uitgezette jonge vissen het smoltstadium bereikt en de ECI waterkrachtcentrale passeert op weg naar de Maas (en uiteindelijk op weg naar zee, zie tabel 1). Als het aantal passerende smolts vergeleken worden met het aantal geïncubeerde eieren in het kweekstation, blijkt er een overleving van 3.2% tot 5.8% te zijn (Tabel 1).

Tabel 1 Overleving van jonge zalmen vanaf uitzet tot ECI passage.

Jaar	Aantal geïncubeerde eieren	Aantal uitgezette zalmpjes ^a	Totaal aantal smolts passerend bij de ECI centrale	Passerend als percentage van uitgezet (%)	Passerend als percentage van eieren (%)
2009	150000	134988	4749	3.5	3.2
2010	100000	88650	5815	6.6	5.8
2011	101133	81295	4624	5.7	4.6
2012	106920	96679	5081	5.3	4.8

^a Bron: VBC Roerdal en ArGe Lachs

Vergeleken met de overleving van jonge zalmen in het wild, is dit een zeer goed resultaat. Hoewel de overleving erg afhankelijk is van het type water waarin de dieren moeten opgroeien, varieert de overleving van ei tot smolt in het wild tussen de 0.38% en 3.2% (Bley en Moring, 1988) met mogelijk incidentele uitschieters tot 11% (Symons, 1979).

In andere uitzettingsprogramma's waarbij jonge, in bassins opgekweekte, zalmen in geschikte habitats uitgezet worden, wordt een overleving tussen 1% en 12% gevonden (Bley en Moring, 1988). Een dergelijke 'broed' tot smolt-overleving is ongetwijfeld een functie van predatie op de kleine jonge zalmen en van onderlinge competitie voor ruimte en andere levensbehoeften tussen de grotere, daardoor minder gevoelig voor predatie zijnde, parr (het stadium voorafgaand aan de uiteindelijke smoltificering). Een toename in overleving van uitzet van jonge zalm tot smolt kan mogelijk bereikt worden door een zorgvuldige timing van de uitzet om zo de zwaarste predatie te vermijden en de dichtheid van de uit te zetten dieren zo te plannen dat dit de opgroeiende parr en smolt niet in een negatieve onderlinge concurrentie strijd brengt. In een optimale situatie zouden er dan wellicht vijf tot zes smolts per 91 tot 100 m² beek kunnen opgroeien (Meister, 1962; Elson, 1975). Het mag duidelijk zijn dat een sturing op dergelijke zaken een zeer grondige en gedetailleerde kennis van het watersysteem van uitzetting vereist.

Hoeveel van de door VBC Roerdal uitgezette smolts daadwerkelijk de zee bereikt, is niet bekend. In een eerdere studie met gezenderde smolts (Brevé *et al.*, 2013) werden in 2010 en 2011 smolts uitgezet en gevolgd op hun weg naar zee. In dit onderzoek werd echter gebruik gemaakt van tweejarige, in een kwekerij grootgebrachte, smolts die operatief met een radio-tag uitgerust werden en ongeveer 12 km bovenstrooms van de ECI waterkrachtcentrale werden uitgezet. Bij detectie van de dieren bij de ECI centrale bleek er al 44% sterfte te zijn en uiteindelijk bereikte maar maximaal 3% de zee. In hoeverre dit resultaat representatief is voor de migratie van wilde smolts is niet duidelijk.

De conditie van ongetrainde kweek-smolts is niet vergelijkbaar met die van wilde smolts en de dieren uit de kweek kunnen zich over het algemeen slechter staande houden in natuurlijke milieus (Anttila *et al.*, 2011). Ook de operatieve ingreep kan het resultaat beïnvloed hebben. Hoewel het radio-taggen van smolts goed mogelijk is zonder grote negatieve bijeffecten voor de fysiologie en het gedrag van de vissen (Moore *et al.*, 1990; Vriese en Breukelaar, 2007), kunnen negatieve effecten op zwemcapaciteit na zenderimplantatie zeker voorkomen en ook nog eens verschillen in hun impact op wilde en kweekdieren (Peake *et al.*, 1997). Hoewel beide factoren op zich zelf misschien niet eens problematisch hoeven te zijn voor de vissen, kan het ook zijn dat hun combinatie in het Roer-Maas systeem verkeerd heeft uitgepakt. Zo is het hypothetisch mogelijk dat een iets zwakkere kweek-smolt, die operatief een inwendige zender heeft gekregen, in de Roer toch gemakkelijk een infectie oploopt (zie ook sectie 3.5) waaraan ze vervolgens snel bezwijken.

Het in kaart brengen van de precieze overleving van de smolt van de Roer tot de Noordzee kan daarom waarschijnlijk het beste met wilde smolts uitgevoerd worden. Hoewel het mogelijk is dat de overleving van wilde smolts inderdaad laag is, zal de juiste interpretatie van het resultaat van Brevé en collega's (Brevé *et al.*, 2013) een additioneel speciaal ontworpen experiment vergen om de onderlinge afhankelijkheden tussen kweek versus wilde smolt, zendermethodiek in combinatie met de waterkwaliteit van de Roer (dan wel Maas), te onderzoeken.

Afgezien van de onduidelijkheid over de daadwerkelijke overleving van de smolts tot aan de Noordzee, kan zeker geconcludeerd worden dat de inzet van alle vrijwilligers van VBC Roerdal en Hegegemeenschap Rur effectief is. Uitgaande van de vertaalslag dat het aantal smolts gevangen in de smoltval 26.5% van het totaal bedraagt, brengt hun inzet het overlevingspercentage van ei tot smolt al boven de natuurlijke gemiddelde range van 0.38% en 3.2%. Of het overlevingspercentage nog verder op te hogen is, is op dit moment niet duidelijk, maar hangt onder andere sterk af van een verdere afstemming op de draagkracht en inrichting van de daadwerkelijke uitzetgebieden.

5 Dankwoord

De auteurs bedanken alle mensen die dit onderzoek en de herintroductie van de zalm in zijn breedte zin mogelijk maakten en nog steeds maken. Het werken met het enthousiaste team vrijwilligers van VBC Roerdal en ArGe Lachs in de opzet en tijdens de uitvoering van de studie was zeer stimulerend en ook nog eens erg leuk. Hierbij willen we vooral Thijs Belgers, Heinz-Josef Jochims en Maurice Tilmans, die de leden van het kernteam van deze studie zijn, bedanken voor hun grote inzet en het beschikbaar stellen van hun kennis en kunde. Diezelfde heren maar ook Hermann-Josef Hermans, Hermann-Josef Koch, Egon Lüttke, Walter Kaiser, Willem van Beijen, Hans Peter Richter en Fons Bänziger danken wij voor hun praktische inzet tijdens de verschillende werkzaamheden om de vier uitgevoerde runs mogelijk te maken. Ook willen we hier graag fruitbedrijf Jongenhof bedanken voor het openstellen van hun perceel zodat er een geschikte uitzetplaats voor de 'Hambeek runs' mogelijk was.

Ook de inzet van de leden van de begeleidingscommissie tijdens de overlegmomenten binnen het project werd zeer gewaardeerd. De begeleidingscommissie bestond uit Dr. Armin Nemitz (Rheinischer Fischereiverband), Daniel Fey (LANUV), Franklin Moquette (Sportvisserij Nederland), Gerard de Laak (Sportvisserij Nederland), Rob Gubbels (Waterschap Roer en Overmaas) en Gerard Straver (Wetenschapswinkel Wageningen UR). Daarnaast bedanken wij Jan Kamman (Sportvisserij Nederland). Onze collega's Marc Engelsma en Mischa Petie bedanken wij voor hun assistentie bij de schimmelanalyses. Jacqueline Augusiak en Oriane Guérin bedanken wij voor de respectievelijke Duitse en Franse vertaling van de samenvatting.

Dit project werd mogelijk gemaakt door een subsidie van de Wetenschapswinkel van Wageningen Universiteit en Research centrum en werd verder ondersteund door een bijdrage van Sportvisserij Nederland en een beschikbaarstelling van materialen door tuincentrum Daniëls. Verder bedanken wij Marc Budé van Sportvisserij Limburg voor het beschikbaar stellen van een vergaderlocatie en zijn gastvrije onthaal.



Figuur 25 V.l.n.r. Franklin Moquette, Gerard Straver, Ivo Roessink, Maurice Tilmans, Thijs Belgers, Hermann-Josef Hermans, Hermann-Josef Koch, Heinz-Josef Jochims, Daniel Fey en Armin Nemitz. (Foto: Fabrice Ottburg)



Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen



6 Referenties

Anderson, W.G., R.S. McKinley *et al.*, 1997. *The use of Clove Oil as an anesthetic for Rainbow Trout and its effects on swimming performance*. North American Journal of Fisheries Management 17(2): 301-307.

Anttila, K., E. Jokikokko *et al.*, 2011. *Effects of training on functional variables of muscles in reared Atlantic salmon *Salmo salar* smolts: connection to downstream migration pattern*. Journal of Fish Biology 78(2): 552-566.

Bley, P.W. en J.R. Moring, 1988. *Freshwater and ocean survival of Atlantic salmon and steelhead: a synopsis*. Biological Report. Washington DC, U.S. Fish and Wildlife Service. 88 (9): 22.

Brevé, N., H. Vis *et al.*, 2013. *Exorbitant mortality of hatchery-reared Atlantic salmon smolts *Salmo salar* L., in the Meuse river system in the Netherlands*. Journal of Coastal Conservation published online february 2013: 1-13.

Clarke, L.R., M.W. Flesher *et al.*, 2011. *Survival and straying of hatchery Steelhead following forced or volitional release*. North American Journal of Fisheries Management 31(1): 116-123.

Croze, O. en M. Larinier, 1999. *A study of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolt behaviour at the Pointis hydroelectric powerhouse water intake on the Garonne River and an estimate of downstream migration over the Rodere dam*. Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture(353-54): 141-156.

Davidsen, J., M.-A. Svenning *et al.*, 2005. *Spatial and temporal migration of wild Atlantic salmon smolts determined from a video camera array in the sub-Arctic River Tana*. Fisheries Research 74(1-3): 210-222.

De Laak, G.A.J., 2007. *Kennisdocument Atlantische zalm, *Salmo salar* (Linnaeus, 1758)*. Bilthoven, Sportvisserij Nederland: 95.

Elson, P.F., 1975. *Atlantic salmon rivers, smolt production and optimal spawning: an overview of natural production*. Int. Atl. Salmon Found. 6: 96-119.

Hansen, L.P. en B. Jonsson, 1985. *Downstream migration of hatchery-reared smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the River Imsa, Norway*. Aquaculture 45(1-4): 237-248.

Hutchings, J.A. en M E.B. Jones, 1998. *Life history variation and growth rate thresholds for maturity in Atlantic salmon, *Salmo salar**. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55: 22-47.

Ibbotson, A.T., W.R.C. Beaumont *et al.*, 2006. *Diel migration patterns of Atlantic salmon smolts with particular reference to the absence of crepuscular migration*. Ecology of Freshwater Fish 15(4): 544-551.

Ibbotson, A.T., W.R.C. Beaumont *et al.*, 2011. *A size-dependent migration strategy in Atlantic salmon smolts: Small smolts favour nocturnal migration*. Environmental Biology of Fishes 92(2): 151-157.

McCormick, S.D., L.P. Hansen *et al.*, 1998. *Movement, migration, and smolting of Atlantic salmon (*Salmo salar*)*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55(S1): 77-92.

Meister, A.J., 1962. *Atlantic salmon production in Cove Brook, Maine*. Trans. Am. Fish. Soc. 91: 208-212.

-
- Moore, A., E.C.E. Potter *et al.*, 1995. *The migratory behaviour of wild Atlantic salmon (Salmo salar) smolts in the estuary of the River Conwy, North Wales*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 52(9): 1923-1935.
- Moore, A., I. C. Russell *et al.*, 1990. *The effects of intraperitoneally implanted dummy acoustic transmitters on the behaviour and physiology of juvenile Atlantic salmon, Salmo salar L.* Journal of Fish Biology 37(5): 713-721.
- Nash, R.D.M., A.H. Valencia *et al.*, 2006. *The Origin of Fulton's Condition Factor - Setting the record straight*. Fisheries 31(5): 236-238.
- Olsen, K.H., E. Petersson *et al.*, 2004. *Downstream migration in Atlantic salmon (Salmo salar) smolt sibling groups*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 61(3): 328-331.
- Ortega, C., A.B. Fernandez *et al.*, 2005. *Health risks associated with the migration of Atlantic salmon (Salmo salar L.): an epidemiological surveillance programme in Northern Spain*. Revue Scientifique Et Technique-Office International Des Epizooties 24(3): 887-898.
- Peake, S., R.S. McKinley *et al.*, 1997. *Influence of transmitter attachment procedures on swimming performance of wild and hatchery-reared Atlantic salmon smolts*. Transactions of the American Fisheries Society 126(4): 707-714.
- Ricker, W.E., 1975. *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations*. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada 191: 1-382.
- Riley, W.D., 2007. *Seasonal downstream movements of juvenile Atlantic salmon, Salmo salar L., with evidence of solitary migration of smolts*. Aquaculture 273(2-3): 194-199.
- Symons, P.E.K., 1979. *Estimated escapement of Atlantic Salmon (Salmo salar) for maximum smolt production in rivers of different productivity*. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 36(2): 132-140.
- Vriese, F.T. en A.W. Breukelaar, 2007. *Downstream migration of salmon smolts in the River Rhine in 2007*. Utrecht, VisAdvies: 38.
- Zaror, L., L. Collado *et al.*, 2004. *Saprolegnia parasitica in salmon and trout from southern Chile*. Archivos De Medicina Veterinaria 36(1): 71-78.



Wageningen UR, Wetenschapswinkel
Postbus 9101
6700 HB Wageningen
T (0317) 48 39 08
E wetenschapswinkel@wur.nl

www.wageningenUR.nl/wetenschapswinkel

Wageningen UR (University & Research centre) ondersteunt met de Wetenschapswinkel maatschappelijke organisaties als verenigingen, actiegroepen en belangenorganisaties. Deze kunnen bij ons terecht met onderzoeksvragen die een maatschappelijk doel dienen. Samen met studenten, onderzoekers en maatschappelijke groepen maken wij inspirerende onderzoeksprojecten mogelijk.

