



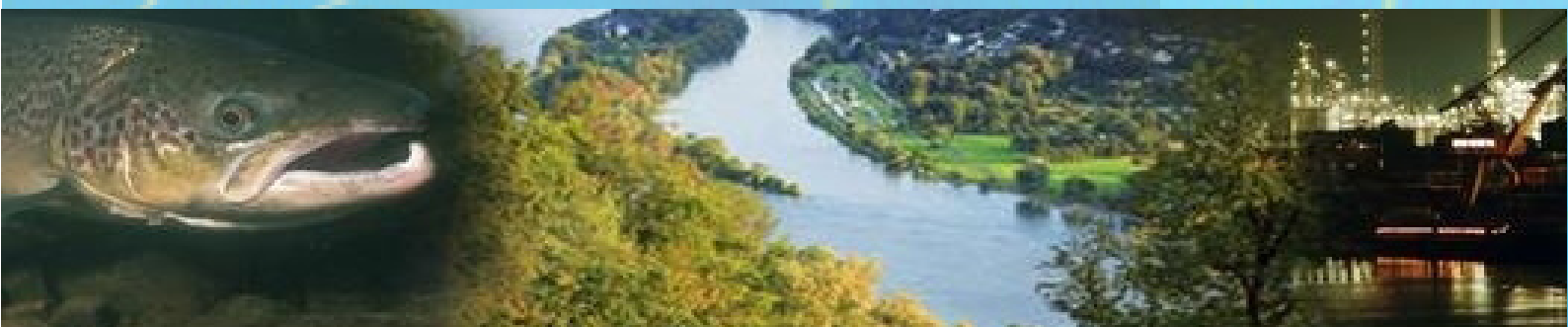
**Visecologische totaalanalyse
incl. beoordeling van de effectiviteit
van de lopende en
beoogde maatregelen
in het Rijngebied met het oog op de
herintroductie van trekvis**

Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Rapport Nr. 167



Colofon**Uitgegeven door de**

Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR)

Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, 56068 Koblenz, Duitsland

Postbus 20 02 53, 56002 Koblenz, Duitsland

Telefoon: +49-(0)261-94252-0, fax +49-(0)261-94252-52

E-mail: sekretariat@iksr.de

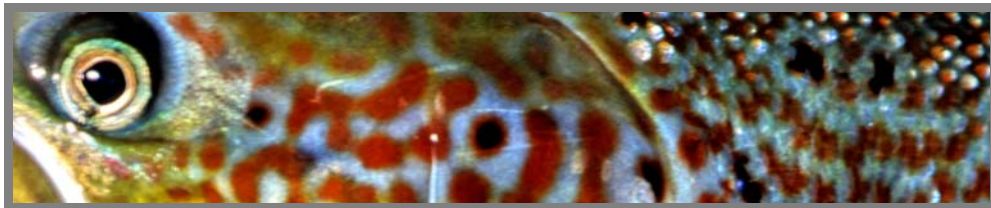
www.iksr.org

Vertaling: Fabienne van Harten, Marianne Jacobs

ISBN 978-3-941994-04-1

© IKSР-CIPR-ICBR 2009

Visecologische totaalanalyse incl. beoordeling van de effectiviteit van de lopende en beoogde maatregelen in het Rijngebied met het oog op de herintroductie van trekvis



Onderzoek in opdracht van de Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR), 2009

Jörg Schneider
Bürogemeinschaft für Fisch- und gewässerökologische Studien – BFS
Unterlindau 78, D-60323 Frankfurt am Main

Frankfurt am Main, mei 2009

INHOUDSOPGAVE

Glossarium trekvissen	4
1. Inleiding	6
2. Aantal terugkerende vissen en interpretatie van de grootte van de populaties	10
3. Analyse van de factoren	23
3.1 Wat zijn de relevante beïnvloedingsfactoren voor anadrome trekvissen?	23
3.2 Welke anadrome vissoorten c.q. levensstadia worden doorslaggevend beïnvloed door welke factoren en welke trekperiodes kennen deze soorten?	28
3.3 Welke invloed heeft de lineaire passeerbaarheid op de trekvispopulaties en hoeveel vissen kunnen er waarschijnlijk terugkeren als in verschillende subsystemen (selectie: Duitse Nederrijn, Middenrijn, Moezel, Main, zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn, Hoogrijn) geschikte paaigronden en opgroeihabitats bereikbaar zijn c.q. welke subsystemen of Rijntrajecten hebben het grootste potentieel?	41
3.4 Wat is de verhouding tussen de inspanning voor zalmuitzet en het aantal aan controlestations getelde terugkerende vissen (<i>terugkeerpercentage</i>) en welke factoren hebben hierop evt. invloed?	51
3.5 Wat zijn de <i>beperkende</i> factoren (bij waterkrachtcentrales: welke criteria zijn relevant)?	64
4. Voorgestelde maatregelen	99
4.1 Visserij	99
4.2 Passeerbaarheid	100
4.2.1 Haringvlietsluizen	100
4.2.2 Zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn	101
4.2.2.1 Aanbevelingen t.a.v. de voorstellen van het Stucky-onderzoek, fase II (2006)	101
4.2.2.2 Kembs	103
4.2.2.3 Verhoging van de efficiëntie van de stroomopwaartse vismigratievoorzieningen in Iffezheim en Gamsheim	104
4.2.3 Stuwen in de Moezel	104
4.2.4 Integratie van scheepvaartsluizen in optrekplannen	105
4.2.5 Zijrivieren	105
4.3 Predatie	109
4.4 Temperatuur	110
4.5 Habitatkwaliteit, waterkwaliteit en sediment	111
4.6 Prioriteitenlijst en kosten voor de voorgestelde maatregelen voor deelsystemen en het systeem als geheel	112
4.7 Voorstellen voor aanvullend onderzoek	130
5. Verbouwing van de stuwen / herstel van de stroomopwaartse passeerbaarheid aan de stuwen Straatsburg en Gerstheim (incl. beweegbare stuwen) en verbouwing van de kleine stuwen in de oude loop van de Rijn bij Gerstheim en Rhinau, teneinde het Elz-Dreisamgebied te ontsluiten	131
Literatuur	134

BIJLAGE:

I. Aanbevelingen van de ICBR aan de Rijnsoeverstaten voor het reduceren van de bijvangst en de ongeoorloofde vangst van zalm, zeeforel en meerforel (salmoniden)

II. Gespreksverslag "bijvangst en illegale visserij"

III. Afvoergegevens voor de Rijn in de periode 1998-2007

IV. Resultaten van de vistellingen aan de vispassages Iffezheim en Gamsheim

V. ICBR-statistiek "getelde zalmen in het Rijnsysteem" in de periode 1990-2008

VI. Onderzoeksresultaten van de Universiteit Kassel: lokstroom pomp, verhoging van de energieomzetting in vertical slot-passages d.m.v. borstels

VII. Verbinding van het Elz-Dreisamsysteem met de Duits-Franse Bovenrijn

Glossarium trekvissen

Adult: volwassen

Allochtoon: uitheems (ook: geïmporteerde zalmen of uitgezette zalmen van vreemde herkomst; vgl. autochtoon)

Anadroom: gezegd van vissen die zich voortplanten in zoet water en ook hun juveniele fase daar doorbrengen en voor hun adulte fase naar de zee trekken (voorbeelden: zalm, zeeforel, elft, zeeprik, steur)

Autochtoon: inheems (ook: zalmen van oorspronkelijk vreemde herkomst die al uit natuurlijke voortplanting in het Rijnsysteem rekruteren; vgl. allochtoon)

Breed(je): jonge vis tijdens de eerste weken na het dooierzakstadium (Engl.: *fry*)

Emergentie: het verlaten van het grindbed (interstitieel water) door het broed nadat de dooierzak is opgebruikt; begin van het stadium waarin de vis onafhankelijk is van de dooierzak als (primaire) voedselbron en zelfstandig eten zoekt

Vroegrijp: gezegd van jonge zalmen die al voor de stroomafwaartse trek als smolt in het zoete water geslachtsrijp worden en kunnen deelnemen aan de voortplanting (betreft bijna uitsluitend *mannelijke* parrs, zogenaamde vroegrijpe homvissen); in een enkel geval trekken de vissen niet meer uit (stationaire vroegrijpe parr)

Grilse: kleine zalm die na een winter in de zee te hebben doorgebracht, terugkeert naar het zoete water (ook "eenzeewinter"-zalm of Jacobszalm)

Homing (Eng.): het naar de geboortेरивier trekken van salmoniden om daar te paaien

Interstitieel water: met water doorstroomd grindbed waar de eitjes en dooierzaklarven van grindpaaiers (o.a. zalm, zeeforel) zich verder ontwikkelen, ook wel: poriewater

Juveniel: jong, gebruikt om het jeugd stadium van vissen aan te duiden (bij anadrome soorten de levensfase in zoet water)

Katadroom: gezegd van vissen die zich voortplanten in de zee en ook hun juveniele fase daar doorbrengen en voor hun adulte fase naar het zoete water trekken (voorbeeld: aal)

Lokstroom: de stroming die migrerende vissen gewaarworden en ter oriëntering gebruiken (o.a. van belang voor het vinden van stroomopwaartse vismigratievoorzieningen)

Metapopulatie: groep populaties of subpopulaties waarin (meestal in beperkte mate) genetische uitwisseling plaatsvindt

Migratie: stroomopwaartse of stroomafwaartse trek

Homvis: mannetjesvis

Mortaliteit: sterfte

MZW-zalm: "multizeewinter"-zalm, grote vis die twee jaren (winters) of meer op zee heeft doorgebracht alvorens terug te keren naar het zoete water

Parr: jonge zalm tussen het eerste en het derde levensjaar; tijdens deze fase lijken de vissen uiterlijk op forellen

Populatie: groep individuen die als relatief sterk geïsoleerde voortplantingseenheid amper genetische uitwisseling kent met andere populaties

Postsmolt: smolt die de zee heeft bereikt

Potamodroom: gezegd van vissen die hun hele levenscyclus doorbrengen in het zoete water, evt. met migratiebewegingen binnen de stromende wateren (voorbeeld: beekforel)

Predator: roofvijand; dier dat een ander dier doodt om voedsel te verwerven

Ammocoetes: larve van de prik

Reproductie: voortplanting

Kuitvis: wijfjesvis

Salmoniden: zalmachtigen (omvat o.a. de Atlantische en de Pacifische zalm en de forel)

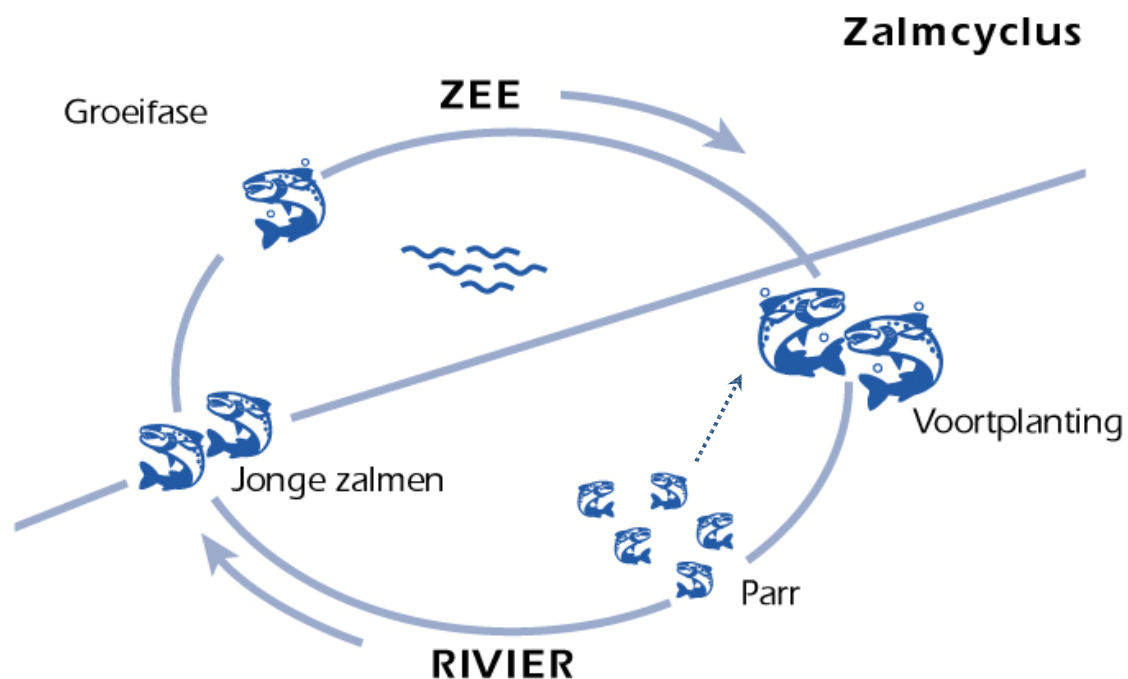
Smolt: zilverachtig verkleurde jonge zalm (vaak tussen het tweede en vierde levensjaar) die meestal in de lente in groepen of scholen uittrekt naar zee

Smoltificatie: fysiologische overgang van parr naar smolt (o.a. ontwikkeling van tolerantie t.o.v. zout water)

Strayer: volwassen vis die een stroomgebied van een rivier binnentrekt die niet zijn geboorterivier / locatie van uitzetting is (bij de zalm meestal nabijgelegen wateren); strayen wordt ook wel zwerven genoemd

Subpopulatie: groep individuen die als weinig geïsoleerde voortplantingseenheid een voortdurende genetische uitwisseling kent met naburige subpopulaties van een populatie

Wkc: afkorting van *waterkrachtcentrale* voor de opwekking van elektriciteit



1. Inleiding

Het onderhavige onderzoek heeft, conform het ministerieel communiqué van 18 oktober 2007, ten doel om de effectiviteit van reeds uitgevoerde maatregelen voor de herintroductie van anadrome trekvis in het Rijnstroomgebied in kaart te brengen. Centraal staat daarbij het herstel van de natuurlijke zalm populatie, maar daarnaast worden ook beschikbare gegevens over de zeeforel, elft en zeepril, incl. levensstadia, geëvalueerd en geografisch gedifferentieerd bekeken (deelstroomgebieden en watersystemen). In dit onderzoek wordt *niet* gekeken naar de aalstand; deze soort wordt apart behandeld in het masterplan van de ICBR.

Op basis van de bovenstaande elementen zullen verbeteringsmaatregelen of combinaties van zulke maatregelen worden voorgesteld die elkaar zinvol en logisch aanvullen. Daarnaast wordt in dit onderzoek een motivatie geleverd voor de volgorde waarin de maatregelen worden uitgevoerd. De prioriteiten dienen zodanig te worden gesteld dat de beschikbare middelen optimaal worden ingezet, voor en na 2015.

Uit de voorstellen selecteren de staten maatregelen die vervolgens worden opgenomen in de nationale KRW-maatregelenprogramma's en in het programma "Rijn 2020". Deze beoogde maatregelen worden voor eind 2009 opgenomen in het "masterplan trekvis Rijn" en als zodanig onderdeel van het internationaal stroomgebiedbeheerplan voor de Rijn (deel A). De staten voeren de maatregelen uit in fasen tot 2015 c.q. 2020/2027.

De klemtoon van het onderzoek ligt op de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn, omdat hier de grootste problemen zijn met de longitudinale passeerbaarheid en dus ook het meeste geld zal moeten worden geïnvesteerd in de herintroductie of ondersteuning van de populaties anadrome trekvis. Bovendien zijn in dit gebied voor de meeste stuwen en andere barrières – in tegenstelling tot in de Rijndelta (bijv. het Haringvliet) of de grote zijrivieren van de Rijn (bijv. de Moezel) – nog geen gedetailleerde plannen beschikbaar die verder gaan dan algemene haalbaarheidsonderzoeken. Precisering behoeven onder andere de voorwaarden waaraan moet zijn voldaan, opdat het Elz-Dreisamgebied bereikbaar zou zijn en de condities die moeten worden vervuld bij de aanleg van vispassages aan de stuw Gerstheim en aan de kleine stuwen in de oude loop van de Rijn bij Gerstheim en Rhinau. Daarnaast moet de kans worden beschreven dat de paaigronden tot in de regio Bazel bereikbaar worden voor anadrome soorten.

In een eerste stap wordt de kennis over de status van de populaties (genetische randvoorwaarden en huidige omvang van de populaties) van de doelsoorten gepresenteerd. Daarbij wordt hoofdzakelijk gebruik gemaakt van de meetgegevens van geselecteerde controlestations (Rijn: Iffezheim en Gamsheim; Moezel: Koblenz; Sieg: Buisdorf) en van gegevens over de natuurlijke voortplanting in het Rijnsysteem (hoofdstuk 2).

In een tweede stap worden de beschikbare gegevens geëvalueerd op basis van verschillende vragen (hoofdstuk 3).

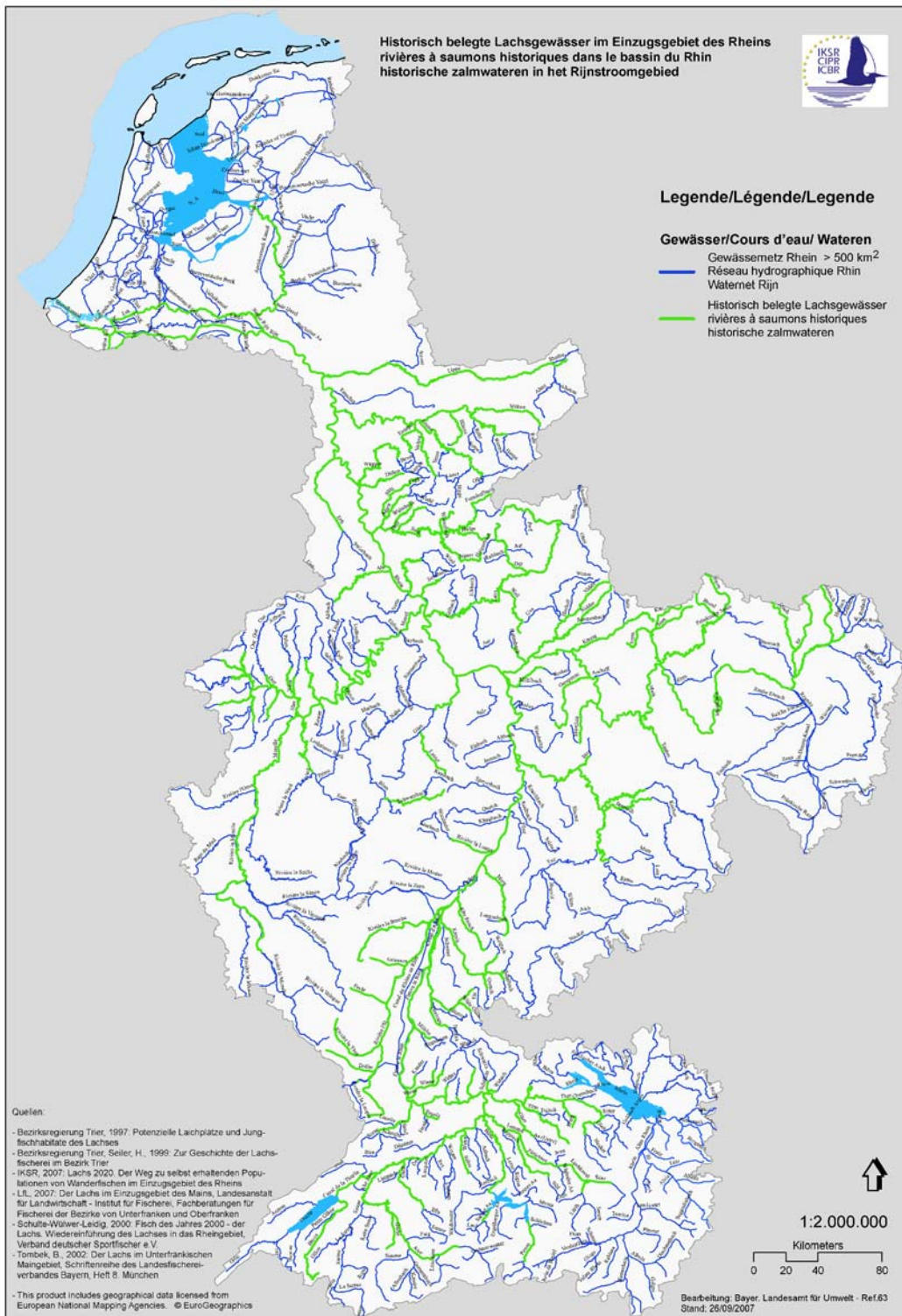
Bij de analyse van de beschikbare gegevens worden de volgende vragen behandeld:

- I. Wat zijn de relevante beïnvloedingsfactoren voor anadrome trekvis?
- II. Welke anadrome vissoorten c.q. levensstadia worden doorslaggevend beïnvloed door welke factoren en welke trekperioden kennen deze soorten?
- III. Welke invloed heeft de lineaire passeerbaarheid op de trekvispopulaties en hoeveel vis kunnen er waarschijnlijk terugkeren als in verschillende subsystemen (selectie: Duitse Nederrijn, Middenrijn, Moezel, Main, zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn, Hoogrijn) geschikte paaigronden en opgroeihabitats bereikbaar zijn c.q. welke subsystemen of Rijntrajecten hebben het grootste potentieel? [theoretische beschouwing; oppervlakteregelerend naar paaigronden en opgroeihabitats]

- IV. Wat is de verhouding tussen de uitzetinspanning en het aantal aan controlestations getelde terugkerende vissen (*terugkeerpercentage*) en welke factoren hebben hierop evt. invloed? [alleen de zalm vanwege de uitzetmaatregelen]
- V. Wat zijn de *beperkende* factoren (bij waterkrachtcentrales: welke criteria zijn relevant)?

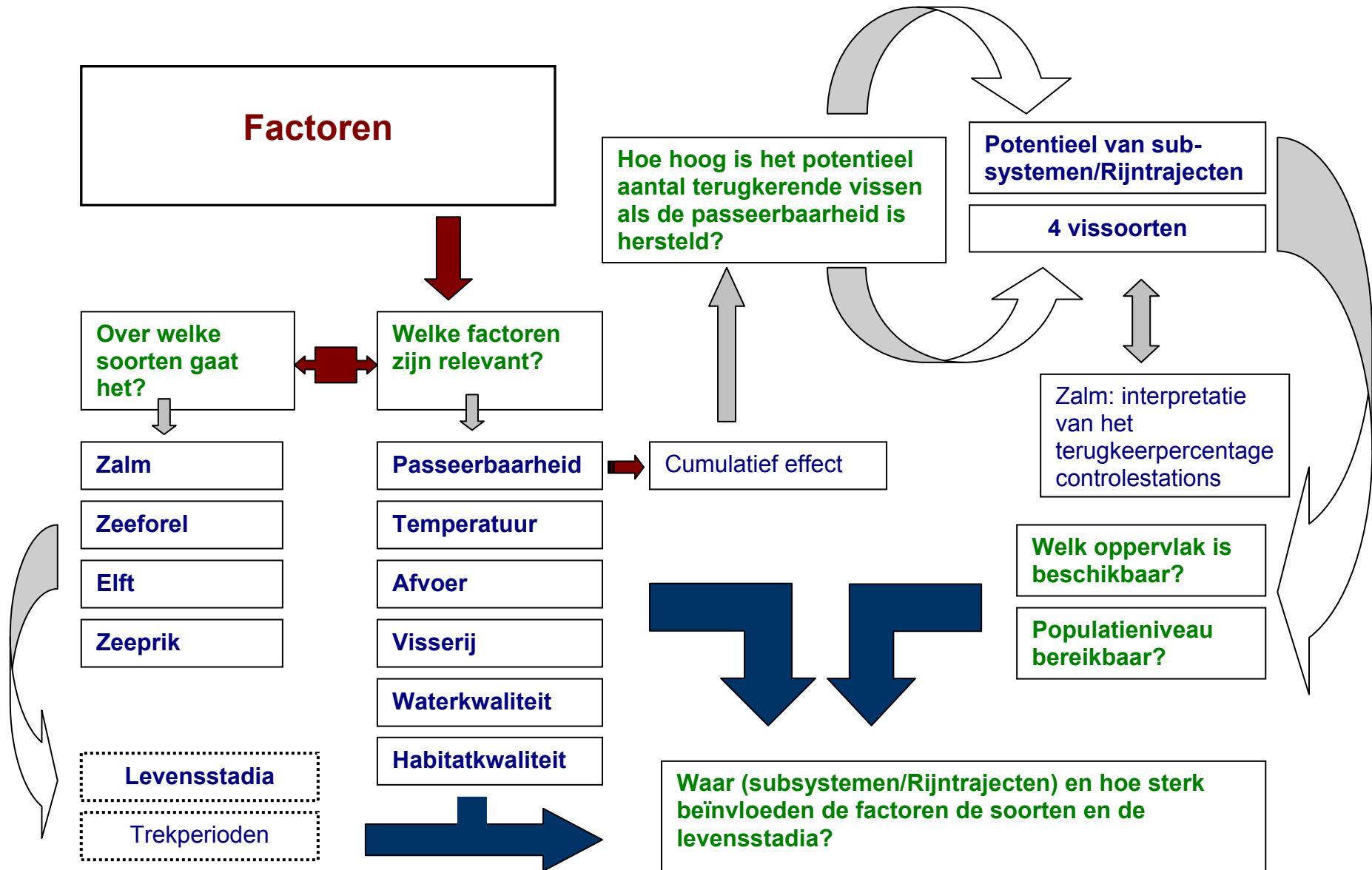
Op basis van de verzamelde informatie worden voor de ernstige tekorten maatregelen voorgesteld en gerangschikt naar prioriteit. Daarbij inbegrepen zijn ook voorstellen voor verder onderzoek (hoofdstuk 4).

De informatie over de verbouwing van de stuwen / het herstel van de stroomopwaartse passeerbaarheid aan de stuwen Straatsburg en Gerstheim en over de verbouwing van de migratiebarrières in de oude loop van de Rijn bij Gerstheim en Rhinau, teneinde het Elz-Dreisamgebied te ontsluiten, wordt in hoofdstuk 5 op een rij gezet.



Overzichtskaart van de historische zalmwateren in het Rijnsysteem (ICBR, 2007)

Schematische weergave van de evaluatiestappen



2. Aantal terugkerende vissen en interpretatie van de grootte van de populaties

Genetische randvoorwaarden voor de doelsoortpopulaties

Om de potentiële (positieve of negatieve) effecten van de in hoofdstuk 3 genoemde factoren te kunnen inschatten, moet de toestand waarin de populaties zich bevinden worden geïnterpreteerd. Daarvoor moeten eerst de genetische randvoorwaarden voor de doelsoortpopulaties worden geschetst. Deze voorwaarden verschillen naargelang van de specifieke levenswijze en de migratiepatronen.

Kleine populaties die eventueel ruimtelijk zijn gefragmenteerd, zijn in principe kwetsbaarder en beschikken als gevolg van het kleiner aantal individuen over een minder dikke "buffer" tegen negatieve factoren dan grotere populaties in een uitgestrekt, aaneengesloten areaal. Het huidige populatiecijfer van de trekvis in de Rijn is voor een gedifferentieerd management dan ook van groot belang. Hieronder valt ook en met name de vraag naar de kritische populatiegrootte, d.w.z. het punt waarop de populatie zo klein is dat er vanuit genetisch oogpunt een *bottle-neck*-situatie ontstaat (verlies van genetische variabiliteit, risico op inteelt), waardoor het gevaar dat de populatie instort, toeneemt.

Doorslaggevend is in dit verband o.a. de populatiestructuur op metaniveau: is de populatie zo goed als geïsoleerd (= de genetische uitwisseling met andere populaties is zeer beperkt) of vindt er rekrutering plaats uit een metapopulatie die lokale verkleining of instorting van populaties kan opheffen door migratie of herkolonisatie. Een bepalende factor vormt daarbij het zogenaamde *homing* (instinct om terug naar de "geboortevier" te trekken), d.w.z. of en met welke precisie een soort voor de voortplanting precies die wateren of dat watersysteem opzoekt waaruit ze in de juveniele fase is weggetrokken. *Homing* kan worden geïnterpreteerd als *ruimtelijke isolatie door gedrag* en het herkoloniatiepotentieel van "verlaten" wateren is des te kleiner hoe preciezer het *homing* instinct en dus hoe lager het straying percentage (rondzwervende individuen) is. Bijgevolg is het *herkoloniatiepotentieel* vanuit dit oogpunt voor de zalm (zeer sterk *homing* instinct) zeer klein, voor de elft en de zeeforel (respectievelijk sterk en gemiddeld *homing* instinct) beperkt en voor de zeeprick (geen *homing* instinct) zeer groot.

Een andere bepalende factor voor het herkoloniatiepotentieel (c.q. de stabiliteit van de populaties) in slechts gedeeltelijk passeerbare watersystemen is de "anadromiegraad". Bij soorten die zowel anadrome als potamodrome (d.w.z. min of meer stationaire) individuen voortbrengen en waarvan de "anadromiegraad" beperkt is (bijv. bij de forel *Salmo trutta*) worden de langeafstandstrekvis (hier: de anadrome vorm zeeforel) ook gerekruteerd uit zoetwaterpopulaties (hier: de beekforel), waardoor bijvoorbeeld de verbetering van de waterkwaliteit van de migratieroute Rijn in het begin van de jaren tachtig van de twintigste eeuw relatief snel heeft geleid tot een terugkeer van de zeeforel. De zeeprick en de elft zijn daarentegen in het Rijnsysteem obligaat anadroom (maximale anadromiegraad), wat betekent dat hun herintroductiepotentieel direct afhankelijk is van het straying percentage. De zalm is min of meer een geval apart, omdat (tenminste in productieve wateren, zoals het Rijnsysteem) een deel van de populatie (jonge, mannelijke, "vroegrijpe" parrs uit de leeftijdsklassen 0+, 1+, 2+) geslachtsrijp wordt in zoet water en (meestal het jaar daarop) ofwel wegtrekt ofwel als residente vorm in het zoete water blijft (een heel klein aandeel van 1 tot < 5%) (SCHNEIDER, 1998). Omdat de wijfjes echter obligaat anadroom zijn (uitzonderingen: land-locked- of zoetwaterpopulaties in Noord-Europa en Noord-Amerika) heeft deze vorm van "facultatieve anadromie" slechts weinig invloed op het herintroductiepotentieel.

Uitgaande van de hierboven beschreven elementen is de bedreiging waaraan de vier doelsoorten van dit onderzoek zijn blootgesteld compleet verschillend:

- Zeeprikken vertonen, voor zover bekend, geen homing gedrag in termen van imprinting (er zijn wel indicaties dat feromonen van soortgenoten van het andere geslacht en geurstoffen van larven ervoor zorgen dat bevolkte wateren “aantrekkelijker” worden gevonden); de soort is anadrome (geen zoetwaterpopulatie in het Rijnsysteem). Het herintroductiepotentieel is groot en staat in direct verband met de grootte van de metapopulatie in de zee. De kritische populatiegrootte kan pas worden onderschreden wanneer de grootte van de metapopulatie een kritische waarde bereikt.
- Bij de elft blijft het straying percentage binnen de perken. De soort verkeert in Europa in een bedenkelijke toestand; de Rijnpopulatie is ver verwijderd van de laatste resterende grote en genetisch “gezonde” populatie in het Gironde-Dordognesysteem (Zuidwest-Frankrijk). De afgelopen jaren werd de elft slechts sporadisch aangetroffen in de Rijn (bijv. in Iffezheim en Gamsheim, zie hieronder); niets wijst erop dat er sprake is van een *reproductieve* populatie.
- Zeeforellen rekruteren ook uit potamodrome “beekforelpopulaties” en kennen daardoor, ondanks het relatief geprononceerde homing gedrag, toch een groot herintroductiepotentieel. Het anadrome gedrag heeft echter ook een genetische component. De populatiegrootte van de anadrome variant is vanuit genetisch oogpunt dan ook niet onbelangrijk. Acuuft gevaar lijkt er thans evenwel niet te zijn.
- De (voor wat de wijfjes betreft) obligaat anadrome Atlantische zalm vertoont als gevolg van zijn uitgesproken homing instinct (= lage straying percentages) een uitzonderlijk klein herintroductiepotentieel dat nog verder wordt beknot door de instorting van de populaties in de watersystemen in de buurt van de Rijn. Het geprononceerde homing instinct heeft verstrekkende gevolgen voor de bepaling van een minimale populatiegrootte of het minimale aantal terugkeerders dat nodig is voor de opbouw van stabiele populaties: de populatiegrootte en de genetische variabiliteit zijn bij adaptatieprocessen de doorslaggevendende factoren; hoe kleiner de populatie, hoe eerder de genetische variabiliteit gebreken vertoont (o.a. als gevolg van inteelt). Een levensvatbare (zichzelf in stand houdende) zalmpopulatie wordt daarom gekenmerkt door een minimum aantal *zich succesvol voortplantende* individuen (= genetisch effectieve populatiegrootte). Het aantal terugkerende vissen is daarbij slechts tot op bepaalde hoogte een indicator voor de werkelijke populatiegrootte; immers, in principe plant alleen een deel van de terugkeerders zich met succes voort. Bovendien zijn niet alleen de anadrome terugkerende vissen relevant voor de populatiegrootte, maar ook de vroegrijpe mannelijke parrs (die op buitengewoon doeltreffende wijze deelnemen aan de voortplanting). Vroegrijpe mannetjes zijn in de wateren van het Rijnsysteem zeer talrijk vertegenwoordigd en nemen onder de mannelijke parrs vijftig tot bijna honderd procent in (SCHNEIDER, 1998). Deze twee groepen (anadrome terugkeerders en vroegrijpe mannetjes) vormen *samen* de “genetisch effectieve populatiegrootte”. De genetisch effectieve populatiegrootte N_e geeft aan hoeveel individuen van de totale populatie N_c (*census population size*) daadwerkelijk deelnemen aan de voortplanting en hun genetische eigenschappen doorgeven. Voor de zalm wordt een minimale effectieve populatiegrootte van circa vijfhonderd zich reproducerende individuen per populatie/subsysteem voorgesteld als minimaal managementdoel. *Voor korte periodes* (vijf tot tien generaties) ligt de kritische effectieve populatiegrootte bij vijftig ($N_e = 50$). Daalt de populatiegrootte onder deze kritische waarde dan worden inteelteffecten steeds waarschijnlijker (CONSUEGRA & NIELSEN, 2007). De auteurs wijzen er echter op dat er zelfs voor populaties $<100-13 N_e$ indicaties zijn dat de genetische diversiteit behouden blijft, wat waarschijnlijk kan worden verklaard door de genetische uitwisseling tussen populaties door strayers en de verhoging van de effectieve populatiegrootte door vroegrijpe, mannelijke parrs. Als de populatiegrootte fluctueert, dient de kleinste populatiegrootte te worden gebruikt als effectieve populatiegrootte. Als de sex-ratio uit evenwicht is, vormt de kleinste groep (gewoonlijk de wijfjesvissen) de beperkende factor. Een hoger aandeel vroegrijpe mannetjes in de reproductieve populatie draagt evenwel bij tot de verhoging van de effectieve populatiegrootte. Als er sprake is van een disproportionale sex-ratio kan de effectieve populatiegrootte worden uitgedrukt met de volgende formule:

$$N_e = \frac{4N_m N_f}{N_m + N_f} \quad (m = \text{mannetjes}; f = \text{wijfjes})$$

Bij honderdvijftig anadrome kuitvissen en duizend homvissen (bijv. honderd mannelijke terugkeerders en negenhonderd vroegrijpe mannetjes) bedraagt de populatiegrootte N_e iets meer dan vijfhonderd. Een dergelijke wanverhouding in de sex-ratio is realistisch, precies omdat er zulke grote aandelen vroegrijpe mannetjes worden geregistreerd in het Rijnsysteem. Omdat de voortplanting van een generatie kuitvissen in het Rijnsysteem over een periode van vier jaar loopt (grilse van de leeftijdscategorie 2+ tot MZW-terugkeerders van de leeftijdscategorie 5+) zijn er voor een stabiele populatie met een N_e van vijfhonderd dieren rekenkundig gezien 37,5 of ongeveer 40 "effectieve moedervissen" *per jaar* nodig (voorwaarde: zeer groot aantal homvissen incl. vroegrijpe mannetjes). In veel dierpopulaties bedraagt N_e slechts 10% van N_c . Vermoed wordt dat ook zalmpopulaties een vergelijkbare verhouding vertonen, waarbij wel dient te worden gezegd dat hier nog veel behoefte is aan nader onderzoek. Klaarblijkelijk heeft N_c evenwel betrekking op de terugkeerders in het mondingsgebied (niet alle dieren leven lang genoeg om te paaien, bijv. als gevolg van ziektes, verwondingen, predatie, vangst). Bij teruggekeerde vissen die de paaewateren al hebben bereikt, zou N_e ongeveer 50-75% van N_c kunnen bedragen (in ouderdierhouderijen ligt N_e bij $> 80\%$ N_c). Vooral de kuitvissen zouden bovendien een relatief hoger aandeel aan de populatie N_e kunnen innemen, terwijl bij de homvissen omgekeerd evenredig hiermee dan minder terugkeerders naar de paaigronden (hier vooral subdominante anadrome mannetjes) met succes deelnemen aan de voortplanting (sociale structuur, verzwakking, bevruchting van eitjes pas nadat dominante en/of vroegrijpe mannetjes hun kans tot bevruchten hebben gehad). Als werkwaarde wordt daarom een N_e van maximaal 75% N_c per jaar gebruikt voor kuitvissen *in de paaewateren* (als $N_e=40$ dan $N_c=53$). Bij een sex-ratio van 1:1 betekent dit dat er ongeveer honderd individuen per jaar en subsysteem moeten terugkeren. In kleine subsystemen die in verbinding staan met naburige systemen zijn er als gevolg van immigrerende strayers (= toename van de populatiegrootte) duidelijk minder terugkerende vissen nodig (zie hierboven). Voor een terugkeercijfer van honderd individuen per jaar en subsysteem (= minimale populatiegrootte van ca. vijfhonderd individuen incl. vroegrijpe mannetjes) moet bij een terugkeerpercentage van 3% (managementdoel, vgl. hfst. 3.3) elk subsysteem beschikken over circa 3,3 ha habitat (productie: ca. 3.300 smolts ofwel 1.000 smolts per hectare).

Omdat de zalm als gevolg van zijn zeer sterk ontwikkelde homing instinct niet alleen met grote precisie terugkeert naar zijn riviersysteem, maar daar ook zijn eigen paai- en geboorterivier opzoekt, zijn de subpopulaties onderling relatief sterk geïsoleerd. Deze ruimtelijke isolatie werkt in het kader van evolutionaire selectieprocessen adaptaties (aanpassingen) aan de wateren waar de vis uit het ei is gekropen in de hand. Deze aanpassingen komen tot uitdrukking in specifieke genetische en biologische eigenschappen, o.a. in een verschillende verblijftijd in de zee, verschillende migratiepatronen en paaiperioden die specifiek zijn gericht op het temperatuurregime van de wateren van herkomst. Omdat de donorpopulaties die worden gebruikt voor de uitzet in het Rijnsysteem allemaal allochtoon zijn (en dus afkomstig zijn uit uitheemse watersystemen en niet zijn aangepast aan de nieuwe wateren) moet de herintroductie worden gezien als een voortdurend aanpassingsproces aan de ontvangende wateren dat in de loop van verschillende generaties, over een lange periode wordt beïnvloed door factoren die relevant zijn voor de selectie. Een onvolkomen aanpassingsvermogen (gebrekkige "fitness") kan o.a. tot uitdrukking komen in weinig of geen voortplanting, lage overlevingspercentages in de groeifase, hoge sterfte bij de uittrek en een te laag terugkeerpercentage. Door een voorselectie van de donorpopulaties is wel geprobeerd om stammen met specifieke kenmerken (migratie-afstand, verblijf in de zee, paaiperiode) te kiezen die, uitgaande van de biologische kennis over de vroegere stam,

bijzonder geschikt lijken, maar over de overdraagbaarheid en relevantie van de factoren is nog maar nauwelijks iets bekend. Zeker is bovendien dat de voormalige “Rijnzalm populatie” bestond uit verschillende subpopulaties die waren aangepast aan specifieke wateren (bijv. Sieg, Moezel, Elzas, Mainsysteem) en dat deze stammen waren blootgesteld aan verschillende klimatologische, hydrologische en ecologische omstandigheden. Dat betekent dat de noodzakelijke adaptatieprocessen zich moeten afspelen op het niveau van de subpopulaties en dat deze populaties zouden moeten worden bekeken als aparte managementeenheden. Dat betekent ook dat de vraag hoe groot een toekomstige populatie moet zijn (hoeveel individuen ze moet tellen) alleen kan worden beantwoord per deelstroomgebied (bijv. minimale populatiegrootte in het Illsysteem, het Moezelsysteem, de Hoogrijn). Het kan niet worden uitgesloten dat deze managementeenheden in de toekomst nog verder moeten worden gedifferentieerd. Een minimale populatiegrootte vastleggen voor de Rijn als geheel is vanuit dit oogpunt niet zinvol. Voor afzonderlijke subsystemen wordt er – zoals hierboven is aangegeven – van uitgegaan dat er per jaar circa honderd individuen moeten terugkeren.

Historische visstand en instorting van de doelsoortpopulaties in het Rijnsysteem

De genoemde doelsoorten komen (naast andere anadrome soorten waarmee in dit onderzoek verder geen rekening wordt gehouden, zoals de Atlantische steur, de fint en de houting) van nature voor in de Rijn. Hun verspreiding en populatiedichtheid – en dus ook hun economische betekenis – varieerde evenwel sterk op de afzonderlijke Rijntrajecten. De soort met zonder enige twijfel de breedste verspreiding en grootste economische betekenis van de monding van de Rijn (BÜRGER, 1926; DE GROOT, 1989) tot in de Hoogrijn (vgl. o.a. uitgebreid materiaal in BARTL *et al.*, 1993) en in verschillende zijrivieren van de Rijn (o.a. de Aare, de Moezel, de Main, de Neckar, de Ruhr, de Sieg) was de zalm. De historische zeeforelstand is daarentegen moeilijker te interpreteren, aangezien deze zalmachtige, migrerende forelvariant niet altijd werd onderscheiden van de zalm. Vast staat dat ook de zeeforel stroomopwaarts trok tot in de Hoogrijn en een belangrijke economische rol speelde. De anadrome prik migreerde slechts zelden tot in de Hoogrijn, maar in de Duits-Franse Bovenrijn kwamen prikken en elften vaker voor. In de Bovenrijn werd er gericht en op grote schaal gevist op de elft. De rivierprik werd lokaal (bijv. Taubergießen, Kinzig) zelfs zeer vaak aangetroffen en elften trokken ook in grote scholen naar de zijrivieren de Neckar, de Main en de Moezel (incl. Sauer). De Atlantische steur kwam over het geheel genomen zelden voor, maar drong van tijd tot tijd door tot in de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn. De fint en de houting waren vooral in de Rijndelta en de Duitse Nederrijn talrijk en van economisch belang.

Het verdwijnen van de trekvispopulaties valt min of meer samen met de bouw van migratiebarrières; andere beïnvloedende factoren waren de verslechtering van de waterkwaliteit, de uitvoering van waterbouwkundige maatregelen en de overbevissing van de resterende populaties. In de Hoogrijn werden in de periode 1900-1910 nog zalmen gevangen (de visserij teerde op deze vis). Door de aanleg van de krachtcentrales Augst-Whyhlen (1907-1912) en Laufenburg (1908-1914) werd de toegang tot belangrijke paaigebieden (o.a. de Hoogrijn tussen Waldshut en Albruck-Dogern) al in het begin van de twintigste eeuw versperd. Toen de krachtcentrale Markt/Kembs (1932) was voltooid, kwam de optrek van zalmen in de Hoogrijn nagenoeg tot stilstand; na de luchtaanval en de verwoesting van de stuw in 1945 kende de migratie een tijdelijke opleving (er werden vissen gevangen onder de centrale Augst-Whyhlen). Een vergelijkbare kortstondige terugkeer van de zalm in de Wiese en de Rijn bij Bazel werd in de winter van 1944/45 vastgesteld na het bombardement op de krachtcentrale Kembs. De laatste zalm in de Hoogrijn werd gevangen in 1954, toen de krachtcentrale Birsfelden werd aangelegd; onder Birsfelden werden nog tot 1958 exemplaren gevist (BARTL *et al.*, 1993). De zalmen paaiden in de Rijn en in de kwelbeken en na de bouw van de stuw bij Markt in de oude loop van de Rijn.

Volgens BARTL *et al.* (1993) werden nog tot het midden van de jaren zestig zalm en alle andere anadrome soorten verdwenen uit de bovenloop.

De trekvispopulaties in alle belangrijke zijrivieren, zoals de Neckar, de Main, de Moezel, de Sieg, de Ruhr, enz. kenden een vergelijkbare ontwikkeling. Ook hier was in de eerste plaats de bouw van stuwen verantwoordelijk voor de instorting van de visstand. De sluiting van de stuw in Koblenz (1952) maakte bijvoorbeeld een eind aan de zalmoptrek in de Moezel (SEILER, 1999). Tegelijkertijd verdwenen ook de elft (en vermoedelijk ook de zee- en rivierprik) uit het Moezelsysteem.

De voorlopig laatste keer dat een zalm uit het Rijnsysteem werd gezien, was in 1969 (in het grindgat bij Diersheim bovenstrooms van Gambenheim). De enkele zalmen die in de jaren zestig werden vastgesteld, zijn waarschijnlijk te verklaren door sporadische visuitzet en/of kleine relictpopulaties (vgl. BARTL *et al.*, 1993). De elften die sinds de late jaren zeventig zijn geregistreerd, kunnen worden toegeschreven aan kleine relictpopulaties (tot dusver is geen voortplanting vastgesteld) of aan de migratie van rondzwervende exemplaren (BARTL & TROSCHER, 1997).

Huidige stand van de doelsoorten in het Rijnsysteem

De toestand waarin de doelsoortpopulaties zich thans bevinden, kan worden geschetst aan de hand van het aantal terugkerende vissen en de vastgestelde omvang van de voortplanting. Terwijl het vastleggen van het aantal terugkerende vissen met behulp van elektrische visserij sterk afhankelijk is van de methode (visserij-inspanning, afvoersituatie bij de monsterneming, diepte en breedte van de rivier) leveren continu of nagenoeg ononderbroken werkende controlestations een nauwkeuriger beeld. Maar ook deze registratie is onderhevig aan beperkingen: zeeprikken worden in de gebruikte fuiken amper aangetroffen omdat de spijlen te ver uit elkaar staan; terugkerende vissen worden praktisch uitsluitend vastgesteld in de stations met videobewaking Iffezheim en Gambenheim. De fuiken in de Sieg zijn bij hoge afvoeren, wat salmoniden betreft, weinig effectief, omdat deze vissen de stuw springend passeren en dus niet worden geteld. Het aantal vissen dat de (verouderde) vispassage in de Moezel (Koblenz) vindt, varieert sterk met de afvoeromstandigheden en de activiteit van de verschillende turbines van de waterkrachtcentrale.

Opmerking: Omdat een van de factoren die bepalend is voor de ontwikkeling van de zalmpopulatie de uitzetinspanning is, wordt de relatie tussen de uitzetinspanning en het aantal vastgestelde terugkeerders nauwkeurig geëvalueerd in hoofdstuk 3.4.

De controlestations die in gebruik zijn in het Rijnsysteem vindt u in tabel 1. Om het aantal en de percentages terugkerende vissen te vergelijken, werden vier locaties geselecteerd op basis van de volgende overwegingen:

- Sieg/Buisdorf: Representatief voor een subsysteem dat uitstekend geschikt is voor de herintroductie van de zalm (en de zeeforel); werd ook geselecteerd vanwege het groot aantal terugkerende vissen en de goede gegevensbasis over de smoltuittrek en de terugkeerpercentages na smoltuittrek (hervangstexperimenten) en vanwege de duur van het project in kwestie.
- Moezel: Wordt geselecteerd vanwege de lange geschiedenis van het station, de goede gegevensbasis en de uitgestrektheid van de geschikte habitats voor zalm en zeeforel in het gebied (potentieel, zie hoofdstuk 3.3).
- Iffezheim: Wordt geselecteerd vanwege de sleutelfunctie voor een groot aantal stroomgebieden in de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn (Frankrijk, Duitsland, Zwitserland), de pilotfunctie van de stroomopwaartse vismigratievoorziening voor het herstel van de passeerbaarheid van de hoofdstroom en de signaalfunctie voor de

verbouwing van de vijf bovenstrooms gelegen, niet-passeerbare stuwen Straatsburg, Gerstheim, Rhinau, Marckolsheim en Vogelgrün.

- Gamsheim: Werd geselecteerd vanwege de directe vergelijkbaarheid met de benedenstrooms gelegen locatie Iffezheim.

Uit de vergelijking van het aantal vissen aan de stations Iffezheim en Gamsheim kan ook informatie worden gedistilleerd over de effectiviteit (vindbaarheid, passeerbaarheid) van de vispassages in de Rijn die (met bepaalde restricties) ook kan worden gebruikt voor de beoordeling van de plannen aan de verder bovenstrooms gelegen krachtcentrales. Tot slot kunnen de resultaten van de controlestations onderling ook worden vergeleken t.a.v. de visuitzet (zalm) die heeft plaatsgevonden in elk stroomgebied.

Tab. 1: Controlestations in het Rijnsysteem (* locaties die in het onderhavige onderzoek specifiek zijn geëvalueerd)

Rivier	Locatie	In werking sinds
IJssel	Westervoort	1997
Lek	Hagestein	1994
Waal	Woudrichem	1994
Dhünn	Auermühle	2002
Sieg	Buisdorf *	2000
Agger	Troisdorf	2000
Moezel	Koblenz *	1992
D-F Bovenrijn	Iffezheim *	2000
D-F Bovenrijn	Gamsheim *	2006

Duits-Franse Bovenrijn

Het aantal vissen dat werd geteld in de Duits-Franse Bovenrijn (vgl. ook tabel 1) is weergegeven in figuur 1. Voor de zalm werd in 2002 een piek vastgesteld in Iffezheim, waarna de populaties in de jaren 2004 tot 2006 afnamen. In 2007 steeg het aantal getelde vissen weer licht, in 2008 was er sprake van een duidelijke toename (vgl. bijlage IV). Sinds de ingebruikneming van het controlestation Gamsheim in 2006 wordt daar een onafgebroken, duidelijke toename in de tellingen genoteerd.

Veel dramatischer is de achteruitgang van de zeeforelpopulatie. In 2003 stortte de populatie regelrecht in en sindsdien is geen kentering in zicht. Wat opvalt is het – vergeleken met Iffezheim – nog betrekkelijk groot aantal vissen in Gamsheim, want tussen deze twee locaties liggen relatief grote subsystemen (Ill, Rensch) die kunnen worden gebruikt als voortplantingsgebied en plaats bieden aan ca. 100 ha habitat voor de productie van zeeforelsmolts (SAUMON-RHIN, 2005, 2008b; SCHULTZ, 2006).

De zeeprík kende in 2002 een sterke achteruitgang, maar sindsdien neemt het aantal vrijwel ononderbroken toe. In 2007 stond de populatie al weer op het niveau van het eerste volle controlejaar 2001. Het verschil tussen het aantal getelde vissen in Iffezheim en Gamsheim is duidelijk groter dan bij de zalm en de zeeforel, wat misschien kan worden verklaard door het feit dat de soort benedenstrooms van Gamsheim (Ill, Rensch, Rijn) geschikte voortplantingshabitats aantreft (CLAIR *et al.*, 2005; BLASEL, 2008). Bovendien was de vispassage van Iffezheim tijdens de piekperiode in de stroomopwaartse trek van de zeeprík in 2008 niet in gebruik. Echter, het kan niet worden uitgesloten dat de soort – net zoals de elft, zie hieronder – ook via de scheepvaartsluizen optrekt en dat de tellingen onder dit voorbehoud moeten worden beoordeeld. De zeepríkpopulatie in de Duits-Franse Bovenrijn is dus misschien nog groter en de herkolonisatie misschien nog dynamischer dan de beschikbare optrekgegevens laten doorschemeren. Deze stelling wordt bevestigd door Nederlandse gegevens.

Het aantal elften dat per jaar wordt vastgesteld (incl. in Nederland), is op twee handen te tellen. De populatie kan zichzelf op lange termijn niet in stand houden. Wat interessant is, is dat in 2006 en 2007 in Iffezheim telkens twee, maar in Gamsheim telkens zes exemplaren werden geregistreerd. De enige plausibele verklaring voor deze wanverhouding is dat de vissen de scheepvaartsluizen [*] gebruiken.

* *Opmerking: Ook voor anadrome salmoniden is bekend dat ze sluisen gebruiken: terugkeeders in de Rench in 1999; vaststellingen boven de stuw van Straatsburg (in 2002 in het Elzaskanaal, in 2003 bij Fessenheim en in 2008 in het bovenpand Straatsburg); tijdelijke discrepantie in de waarnemingen van 2008 tussen Gamsheim en Iffezheim; op 5 oktober 2008 sinds meer dan veertig jaar weer een zalm in Bazel. Voor zeeforellen is met telemetrisch onderzoek bewezen dat ze gebruik maken van de sluisen in de Rijn (onderzoeken van BUWAL, 2004 & SAUMON-RHIN, 2005) en bovendien zijn er verschillende aanwijzingen dat er bovenstrooms van niet-passeerbare stuwen zeeforellen worden gevangen. Om al deze redenen worden in hoofdstuk 4 specifieke maatregelen voorgesteld t.a.v. dit thema.*

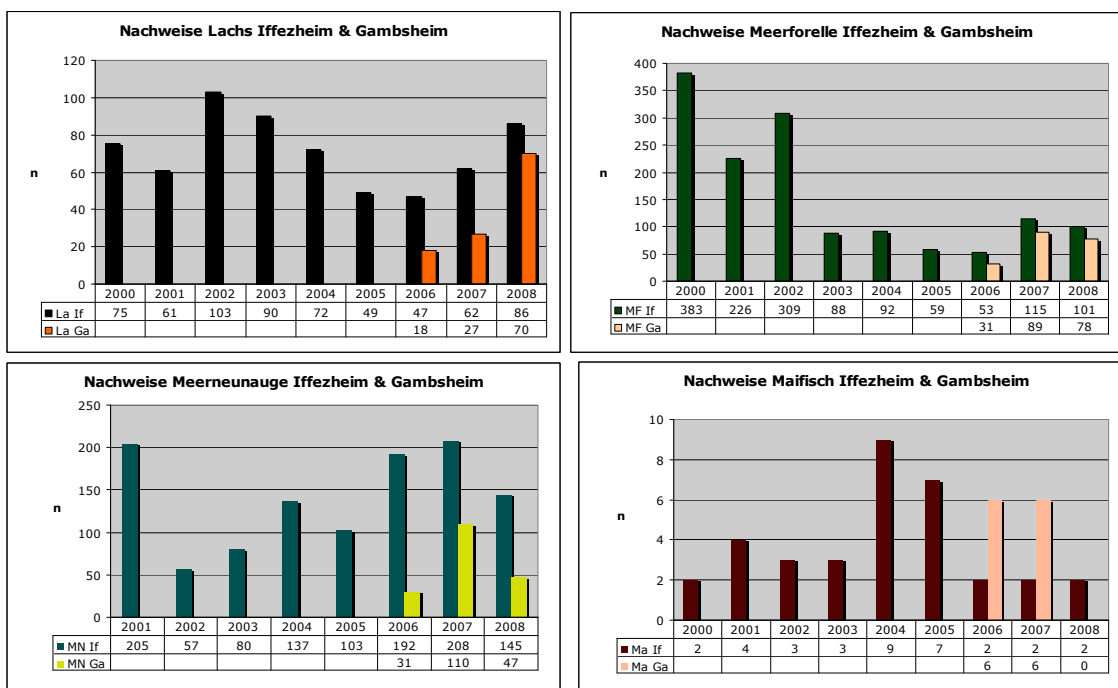


Fig. 1: Het aantal getelde exemplaren van de doelsoorten zalm, zeeforel, zeeprick en elft in de controlestations Iffezheim en Gamsheim (SAUMON-RHIN; stand van 31 december 2008).

Opmerking: De vispassage van Iffezheim was tijdens de stroomopwaartse trek van de zeeprick en de elft in 2008 zo goed als niet in gebruik (vgl. ook tabel 5).

Middenrijn / Duitse Nederrijn

In de Moezel worden van de bekeken doelsoorten uitsluitend zeeforellen en zalmen signaleerd (in mei 2004 werd bij het legen van de fuiken aan de vispassage een enkele zeeprick geteld). Tussen 1992 en 2007 werden in de fuiken van de – slechts beperkt functionerende – vispassage van Koblenz in totaal 70 zalmen en 642 zeeforellen gevangen. In 1997 en 1998 werd een eerste, voorlopige instorting van de zeeforelpopulatie vastgesteld. Net zoals in Iffezheim werd in 2003 opnieuw een duidelijke achteruitgang genoteerd in het aantal gevangen zeeforellen. Sindsdien is het geregistreerde aantal, net zoals in de Duits-Franse Bovenrijn, min of meer stabiel op laag niveau. Een daling van het aantal terugkerende zalmen werd pas in 2005 verwacht (in 2002 en 2003 werd er in het Moezelsysteem geen vis uitgezet), maar zoals bij de zeeforel namen de tellingen al in 2003 af, een daling die voortduurde tot 2007. Omdat de zalmuitzet in 2004 weer werd opgepakt,

kon in 2008 opnieuw een stijging worden vastgesteld in het aantal terugkeerders. De gegevens worden aanschouwelijk gemaakt in figuur 2 (bovenaan).

Als gevolg van intensieve visuitzet en toenemende natuurlijke voortplanting is het aantal optrekkende zalmen in de Sieg het grootst (figuur 2 onderaan). Ook hier werden in 2003 en 2004 slechtere resultaten geboekt dan in 2002, hoewel er door optimalisatie van de habitatkeuze dankzij kartering van de uitzethabitats en optimalisatie van de kwaliteit van de geproduceerde uitzetvis een zeer duidelijke stijging van het aantal terugkeerders werd verwacht. In 2007 en 2008 werden de meeste stroomopwaarts trekkende vissen geteld. Voor de zeeforel komt de trend tot 2006 overeen met de trend in de Duits-Franse Bovenrijn en de Moezel, maar in 2007 en 2008 werd een duidelijke toename opgetekend. Bij de interpretatie van het resultaat van het vangstcontrolestation Sieg moet echter ook rekening worden gehouden met het feit dat per jaar minstens 30–50% van de optrekkende vissen bij hogere afvoeren de stuw passeert. De vispassage is in 2006/2007 wel geoptimaliseerd, zodat de vissen hem beter kunnen vinden, maar als gevolg van de hoge afvoeren in 2007 en 2008 kon een groot aantal zalmen en zeeforellen de stuw springend passeren. Het totaal aantal naar de Sieg teruggekeerde zalmen werd in het “recordjaar” 2007 geschat op 1.000, bij de zeeforellen ging het om 180 exemplaren. Deze cijfers werden bevestigd bij de hervangst van gemerkte vissen in de middenloop van de rivier.

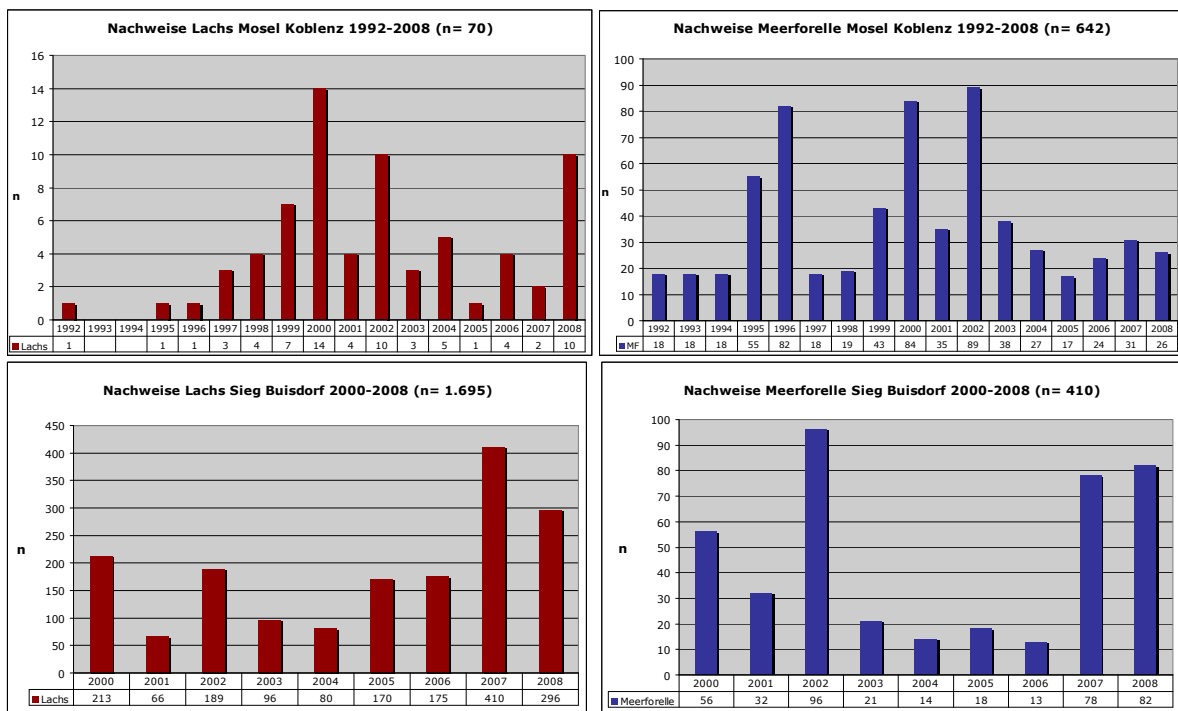


Fig. 2: Het aantal getelde exemplaren van de doelsoorten zalm en zeeforel in de controlestations Moezel/Koblenz (bovenaan) en Sieg/Buisdorf (onderaan)

Tot slot wordt op hoofdlijnen het aantal zalmen aangegeven dat werd geteld in Rijnland-Palts (1992-2008) (figuur 3). Alle waarnemingen – met uitzondering van die voor de Moezel, die zijn opgenomen voor vergelijkingsdoeleinden – gebeurden buiten controlestations, in de eerste plaats d.m.v. elektrische visserij (al wadend door de rivier of vanaf een boot), maar ook d.m.v. visuele controles, vondsten van dode vissen en vangstmeldingen van hengelaars. Anders dan in de controlestations leveren jaren met lage waterstanden (bijv. 2003) en goede visomstandigheden in de paaivaten relatief hoge tellingen op, jaren met zeer hoge afvoeren in de herfst (1998; 2001) worden gekenmerkt door lage vangstresultaten. De verschillen in de getelde aantallen zijn ook te wijten aan een verschil in de visserij-intensiteit. Tijdens het door hoge afvoeren gekenmerkte “recordjaar” 2007 konden grote, maar in geen geval bovengemiddelde grote aantallen worden geteld (vgl. Sieg/Buisdorf).

Opgemerkt dient te worden dat de Duitse deelstaten Noordrijn-Westfalen en Rijnland-Palts sinds 2000 de selectie van de uitzethabitats geoptimaliseerd en de kwaliteit van de uitgezette vis verbeterd hebben. Bovendien zijn tussen 2000 en 2002 bijzonder veel vissen uitgezet. Deze factoren hebben evenwel amper een positieve invloed gehad op het aantal terugkerende vissen.

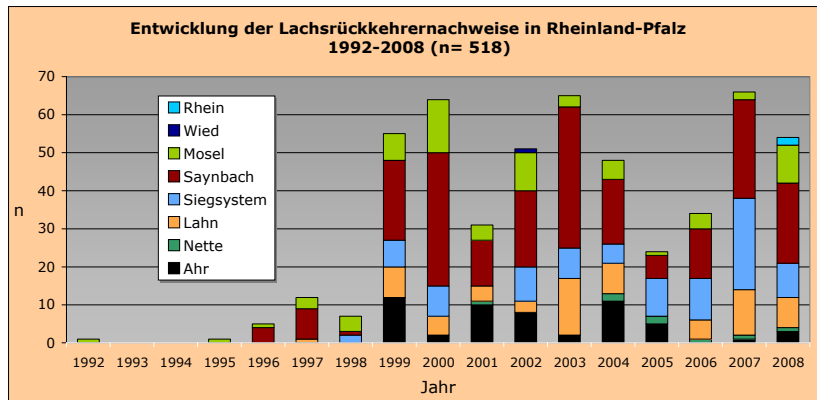


Fig. 3: Getelde zalmen in Rijnland-Palts (Duitse Nederrijn en Middenrijn incl. Moezel)

Rijndelta

JURJENS (2006) kon aantonen dat er een relatief goede overeenkomst bestaat tussen het aantal zalmen dat per jaar in de Rijndelta en het aantal zalmen dat in het Duitse Rijngebied wordt geteld (fig. 4). Tussen 2002 en 2005 werd elk jaar 17 tot 30% van de vissen die daarvoor in Duitsland waren geteld ook geregistreerd in de Delta. Op basis van de tellingen in de Delta kan daarom een ruwe schatting worden gemaakt van het aantal terugkeerders dat later in de paaigebieden kan worden verwacht. De cijfers uit de Waal zijn daarvoor bijzonder goed geschikt.

Bij de interpretatie van figuur 4 moet rekening worden gehouden met het feit dat de abrupte toename van het aantal getelde exemplaren in Duitsland vanaf 2000 hoofdzakelijk kan worden verklaard door de ingebruikneming van de controlestations Iffezheim, Sieg/Buisdorf en Agger/Troisdorf (vgl. fig. 1 & 2 en tab. 1). Aandacht verdient ook de voortdurende afname van het aantal zalmen sinds 2001, zowel in de Rijndelta als in de Duitse Rijn. De mogelijke oorzaken van deze – ondanks stijgende natuurlijke voortplanting (zie hieronder; tab. 2) en toegenomen en geoptimaliseerde uitzet – dalende trend worden besproken in hoofdstuk 3.

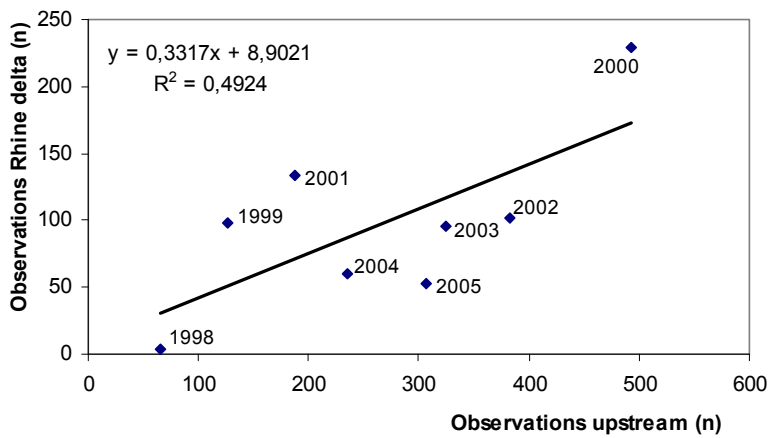
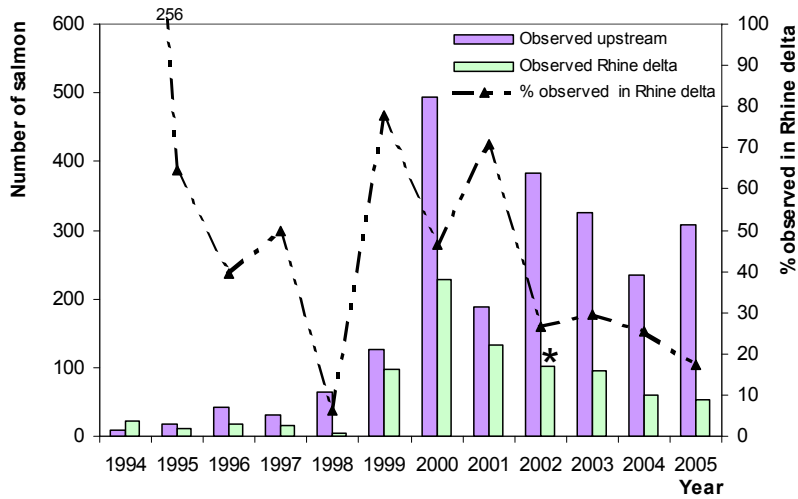


Fig. 4: Bovenaan: Getelde volwassen zalmen in Duitsland (“Observed upstream”) en in de Rijndelta (“Observed Rhine delta”) in de periode 1994-2005; (*) is een minimale schatting als gevolg van een lage vangstefficiency veroorzaakt door hoge afvoeren. Onderaan: De tellingen in relatie tot elkaar. De plotselinge toename van het aantal getelde exemplaren in Duitsland vanaf 2000 kan hoofdzakelijk worden verklaard door de ingebruikneming van de controlestations Iffezheim, Sieg/Buisdorf en Agger/Troisdorf (vgl. tab. 1); de dalende trend in de tellingen begint in 2001.

Natuurlijke voortplanting van de doelsoorten in het Rijnsysteem

Zalm:

Zowel de kwalitatieve als de kwantitatieve (dichtheid van jonge vissen) waarnemingen zijn de afgelopen jaren in alle *bereikbare* watersystemen fors in aantal toegenomen. De actuele resultaten worden op een rij gezet in tabel 2. Het overzicht verduidelijkt het directe verband tussen natuurlijke voortplanting en verbeteringen van de passeerbaarheid van de wateren. De belangrijkste voortplantingsgebieden liggen momenteel in het Wupper-Dhünnsysteem, in het Siegsysteem, in de Ahr (waarschijnlijk), in het Saynbachsysteem en in de Bruche (Illsysteem). In 2007/2008 werd voor het eerst ook in de Wisper niet te verwaarlozen voortplanting vastgesteld. De meeste van deze rivieren zijn grotendeels weer passeerbaar (de paaigebieden zijn weer bereikbaar). Uit het gebied van de Duits-Franse Bovenrijn en het Moezelsysteem zijn, analoog met het aanhoudende gebrek aan passeerbaarheid van de migratieroutes, geen of hoogstens sporadische vaststellingen bekend. De dichtheden van de natuurlijke zalmopulaties zijn hier daarom nog zeer gering.

Voor een aantal watersystemen van de Duitse Nederrijn en de Middenrijn (Sieg, Saynbach, evt. Ahr en Wisper) moet er daarentegen volgens de monitoring van de Duitse deelstaten Noordrijn-Westfalen en Rijnland-Palts van worden uitgegaan dat tussen vijf en twintig procent van de terugkeerders in 2007 en 2008 al tot de groep van de “wilde zalmen” behoorde die zijn geboren in het Rijngebied (definitie van “wilde zalm” hier: een teruggekeerde vis die *niet* is uitgezet, maar wel voortkomt uit natuurlijke voortplanting; de ouderdieren van de terugkeerders kunnen ingevoerde, uitgezette vissen zijn) en dus minstens bij de eerste “autochtone” generatie dient te worden geklasseerd (vgl. jaarlijkse rapportage van de deelstaten aan de ICBR in 2002 – 2006). In de zomer van 2008 werden in grote delen van verschillende rivieren (o.a. de Sieg, de Agger, de Nister, de Kleine Nister, de Wisserbach, de Saynbach en de Wisper) hoge dichtheden wilde zalmen van de leeftijdscategorie 0+ vastgesteld (rond 1 individu/m²) (NEMITZ, mondelinge mededeling; SCHNEIDER, in voorbereiding).

Voor de Duits-Franse Bovenrijn, het Wupper-Dhünnsysteem en de Moezel is daarentegen als gevolg van de bestaande tekortkomingen in de passeerbaarheid van de migratiewateren en/of voortplantingswateren geen of slechts een miniem aandeel zalmen uit natuurlijke voortplanting te verwachten onder de terugkeerders. Met dit verschil in de bereikte mate van passeerbaarheid en in de aanwezigheid van “wilde zalmen” moet ook rekening worden gehouden bij de interpretatie van de terugkeercijfers en -percentages aan de controlestations!

Zeeforel:

Over het voortplantingssucces van de zeeforel is niet veel bekend, omdat de jonge vissen niet te onderscheiden zijn van potamodrome “beekforellen” en de twee vormen over het algemeen samen voorkomen.

Omdat de zeeforel nagenoeg dezelfde eisen stelt aan zijn paaigebied als de zalm hebben beide soorten bij het herstel van hun populatie met vrijwel dezelfde beperkingen (gebrekkige passeerbaarheid en habitatkwaliteit) te kampen. Er kan van worden uitgegaan dat het voortplantingssucces van de zeeforel groot is in de wateren waar ook de zalm zich succesvol voortplant.

Tab. 2: Overzicht van de tellingen en dichtheden van natuurlijk voorkomende zalmen en ontwikkeling c.q. stand van de bereikbaarheid van de paaigronden in het Rijnsysteem: er bestaat een nauw verband tussen de omvang van de natuurlijke voortplanting en het herstel van de longitudinale passeerbaarheid c.q. de bereikbaarheid van de paaigronden.

(Deel)staat	Systeem	Projectwaternen - selectie van de belangrijkste zijrivieren (* geen uitzet)	Eerste zalm uitzet	Jaren waarin broedsel is vastgesteld (voortplanting de herfst/winter daarvoor)															Habitat-gebied in ha
				1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
D	Wupper-Dhünn	Wupper Dhünn Eifgenbach	Zammonzet in het Wupper-Dhünn-systeem	/	/	/	/	/	/	/	/	0	/	/	/	/	/	(X)	25
D	Sieg	Siegsys. a/d Rijn in NRW Agger (onderste 30 km) Naafbach Pleisbach Hanfbach Bröl Homburger Bröl Waldbröl Derenbach Steinchesbach Krabach Gierzhagener Bach Irsenbach Sölz Schlingenbach	Zalmuitzet in het Siegsysteem aan de Rijn sinds 1988, sinds 1998 niet alleen in het klassieke vlaggebied en de bovenste regio van het tarbelengebied, maar ook in geselecteerde kleine en middelgrote beken	X	/	/	/	/	/	/	X	0	XX	/	/	/	/	/	190
X	/	/	/	/	/	/	0	0	XXX	XXX	XXX	XX	XXXX	XXXX					
/	/	/	/	/	/	/	XX	0	/	XXX	XXX	XXX	XXXX	XXXX					
/	/	/	/	/	/	/	0	/	0	/	0	/	/	X	/	/	/		
/	/	/	/	/	/	/	0	0	/	0	X	0	X	/	/	/	/		
X	/	/	X	/	/	/	0	0	XX	XX	0	XX	XXX	/	/	/	/		
/	/	/	/	/	/	/	0	0	/	XX	XXX	XX	X	/	/	/	/		
/	/	/	/	/	/	/	0	0	/	0	0	XXX	XXX	/	/	/	/		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	/	/	/	/	/		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	X	/	/	/	/		
/	/	/	/	/	/	/	0	/	/	/	/	/	/	X	/	/	/		
/	/	/	/	/	/	/	/	0	/	0	/	/	/	/	/	/	/		
/	/	/	/	/	/	/	0	0	/	/	/	XX	/	/	/	/	/		
/	/	/	/	/	/	/	/	0	/	0	/	/	/	X	XXXX				
Middenloop Sieg in RLP	1994	/	/	/	/	/	/	X	0	0	0	X	X	X	XXXX				
Nistersysteem	1991	/	/	/	/	/	XX	0	X	X	X	X	X	XXX	XX	XXXX			
Wisserbach	1991	/	/	/	/	/	/	XXX	XX	XX	0	X	XX	XXX	XX	XXXX			
Elbbach	1995	/	/	/	/	/	/	/	0	X	0	/	/	XX	XX				
Heller-Daade	1998	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	/	/	/	X	X			
Asdorf	1997	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	/	/	/	/	/	/		
D	Ahr	Ahr	1995	/	/	/	/	/	/	X	0	0	X	X	0	0	0	?	80
D	Nette	Nette *	-	/	/	/	/	/	/	/	X	0	XX	X	X	0	X		10
D	Saynbach	Saynbach	1994	/	/	/	/	/	/	XX	XX	XX	XXX	XXXX	XXXX	XX	XXXX	XXXX	10
Brebach	1994	/	/	/	/	/	/	XXXX	XX	X	X	0	0	0	0	XXX			
D	Moezel	Elzbach	2005	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	0	0		170
Kyll	1996	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
Prümsysteem	1996	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
Sauer	1992	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	/	/	/	/	/	/		
Our	1992	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
D	Lahn	Mühlbach	1994	/	/	/	/	/	/	(X)	0	/	/	/	/	/	/		19
Weil	1995	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
Dill	1995	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
D	Nahe	Nahe	2004 (eenmalig)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		?
D	Wisper	Wisper	1999	/	/	/	/	/	/	/	/	0	XX	XX	0	0	XX	XXXX	2
D	Main	Schwarzbach * Kinzigstroom (Hessen)	- 2001	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0		12
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	/	/		
D	Alb	Alb	2001	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		10
D/F	(Wies)Laute	(Wies)Lauter	1991	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	?	?	
D	Murg	Murg	2001	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	X	X	X		36
F/D	Rijn	Rijn onder Iffezheim *	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	X	/	/	/		50 (?)
D	Rench	Rench	2001	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		11
F	Ill	Bruche Bovenloop Illsysteem	1991 1991	/	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		72**
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
D	Kinzig	Kinzig (BW)	2001	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	X	/	/	/		68
D	Elz-Dreisam	Elz Dreisam	2005 2008	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		59
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
F/D	Rijn	Oude loop van de Rijn	1991	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		88
CH	Wiese	Wiese	1984	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		24
CH	Birs	Birs	1995	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		17
CH	Ergolz	Ergolz	1995	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		3

LEGENDE

Kwal. vaststellingen/afz. vaststellingen/bemonstering van afz. locaties	X
Kwal. vaststellingen/terugkeerders boven migratiebarrières teruggezet	(X)
Laag voortplantingssucces (1 tot ≤ 5 parrs/100 m ²)	XX
Hoog voortplantingssucces (> 5 - 50 parrs/100 m ²)	XXX
Zeer hoog voortplantingssucces (> 50 parrs/100 m ²)	XXXX
Onderzoek uitgevoerd, geen vaststellingen	0
Niet onderzocht	/
Onderzoek voor 2009 gepland	?

Paaigronden (grotendeels) bereikbaar
Paaigronden gedeeltelijk/bepert bereikbaar
Paaigronden niet/bij wijze van uitzondering bereikbaar

** Illsysteem zonder Thur en Lauch

Zeeprik:

Voor de zeeprik is er voortplanting waargenomen in het hele *bereikbare* Rijngebied (met uitzondering van het Nederlandse traject) (vgl. BLASEL, 2008 voor een samenvatting en inschatting van het oppervlak van de larvale habitats en CLAIR *et al.*, 2005 voor kaarten van de Elzas). Paaibedden werden o.a. in het Illsysteem (2001-2004: 299 stuks; CLAIR *et al.*, 2005), de Wieslauter, de Murg en aan de Middenrijn in de Wisper, de Saynbach (wel 12 stuks), de Nette en de Ahr waargenomen. Ook het Sieg- en het Wupper-Dhünnsysteem worden thans gebruikt als voortplantingsgebied. De soort plant zich naar alle waarschijnlijkheid ook voort in de hoofdstroom van de Duits-Franse Bovenrijn (tot aan de stuw Straatsburg). De actuele populatie is dus reproductief succesvol en lijkt te blijven groeien.

Elft:

Hoewel er sinds de late jaren zeventig regelmatig een enkele elft wordt geregistreerd in het Rijnsysteem (BARTL & TROSCHER, 1995) lijkt een populatie zich niet te vestigen. Voortplanting van elften en jonge exemplaren worden nergens gezien (ook niet bij onderzoek van het roostergoed aan inlaatwerken van krachtcentrales; WEIBEL, KORTE, NEMITZ, telkens mondelinge mededeling) en er moet van worden uitgegaan dat de soort zich nog niet of slechts sporadisch voortplant in de Rijn. De oorzaak hiervan ligt waarschijnlijk in de zeer kleine omvang van de populatie.

3. Analyse van de factoren

3.1 Welke factoren hebben een effect op het herintroductie- of herkolonisatiepotentieel van anadrome trekvisen?

Relevante factoren voor de herintroductie in en de zelfstandige verspreiding van trekvisen over het watersysteem van de Rijn zijn:

a) Passeerbaarheid

Een watersysteem moet longitudinaal passeerbaar zijn, opdat anadrome trekvisen binnen de soortspecifieke migratieperiode en binnen het individuele tijdsbudget vóór het begin van de paaiperiode geschikte voortplantingsgebieden of paaigronden kunnen bereiken. Paaigebieden worden – overeenkomstig de soortspecifieke eisen – gekenmerkt door verschillende parameters, zoals temperatuurregime, zuurstofgehalte, substraat en hydraulische omstandigheden en beperken de voortplanting tot specifieke delen (gebieden) over de lengte van een rivier. In tabel 3 worden de paaigronden van de vier doelsoorten weergegeven verwijzend naar de watergebieden.

Tab. 3: Paaigronden van de doelsoorten in watergebieden

	Watergebieden	
Soort	Favoriete gebieden (kernegebieden)	Overgangsgebieden die bij wijze van uitzondering worden gebruikt
zalm	vlagzalmgebied – onderste zone van het forellengebied	barbelengebied
zeeforel	vlagzalmgebied – onderste zone van het forellengebied	bovenste zone van het forellengebied
zeeprik	vlagzalmgebied	onderste zone van het forellengebied; barbelengebied
eft	barbelengebied	vlagzalmgebied

Voor de inschatting van de stroomopwaartse vismigratie is in de eerste plaats de functionaliteit van stroomopwaartse vismigratievoorzieningen relevant; afhankelijk van de locatie kunnen ook de passeerbaarheid van kunstwerken bij hoge afvoeren en de mogelijke trek via sluizen van belang zijn.

De functionaliteit bestaat uit twee factoren: *vindbaarheid* (ligging van de visoptrekvoorziening, lokstroom) en *passeerbaarheid* (afmetingen van en hydraulische omstandigheden in de visoptrekvoorziening). Een beperkte functionaliteit kan de volgende negatieve effecten hebben:

- stopzetting van de optrek
- vertraging bij de optrek
- visschade (aan kaak, huid, vinnen, kieuwen)

Mogelijke negatieve gevolgen daarvan zijn het achterwege blijven van voortplanting, noodpaai in suboptimale habitats, verwondingen die leiden tot infecties met dodelijke afloop en problemen bij de voortplanting. Bovendien wordt een vertraging van de optrek gekenmerkt door een hoger risico op visserijsterfte (*zie ook visserij*). In het beste geval kan de voortplanting gebeuren in andere wateren met vergelijkbare habitatkwaliteit, wat bij de zalm echter ook het risico op strayers van ongewenste stammen kan verhogen in wateren die verder zo worden gemanaged dat er slechts een variëteit voorkomt; voorbeeld: drie registraties in de Moezel met een tweede registratie in de Nette (1) en de Sieg (2).

Bij de stroomafwaartse migratie bestaan de cumulatieve effecten uit

- sterfte door turbines en inlaatwerken van krachtcentrales;
- vertraging bij de uittrek (incl. verhoogde predatiedruk).

De oorzaken van visbeschadiging in de turbines van een waterkrachtcentrale zijn divers.

DAVIES (1988) onderscheidt er vier:

- Botsing met stilstaande of bewegende delen van de turbine
- Snelle drukveranderingen
- Schuifkrachten en turbulentie
- Cavitatie*

(* het imploderen van luchtbellen door verschillen in het drukverloop in een turbine)

Wanneer een vis in botsing komt met stilstaande en/of bewegende delen van de turbine leidt dit in veel gevallen tot snijwonden (inscheuring, doorsnijding), breuken (o.a. van de wervelkolom) of andere zware uitwendige schade. Drukverschillen, schuifkrachten, turbulentie en cavitatie kunnen leiden tot verwondingen zoals bloeditstortingen in de ogen, opengebarsten of weggerukte ogen en bloedingen aan het uiteinde van de vinnen (duidelijke uiterlijke tekenen van drukbeschadigingen door de turbine) en inwendige verwondingen zoals een geplette zwemblaas, interne bloedingen aan organen en in het weefsel en directe vleeswonden (voornamelijk als gevolg van cavitatie).

Om de *sterfte* door turbines te reduceren, worden thans verschillende visgeleidingssystemen (schuine fijnroosters, rolroosters) met succes getest; de technische toepassing ervan is tot dusver echter alleen in kleine en middelgrote wateren mogelijk. Voor de grote rivieren (Rijn, Moezel, Main, Neckar) zijn er nog geen duurzame oplossingen gevonden; turbinebeheer (tijdelijk enkele turbines op maximale kracht laten draaien terwijl de rest wordt stilgelegd; voor korte tijd alle turbines stilleggen) blijft hier de komende tijd waarschijnlijk de enige uitvoerbare maatregel om vissen te beschermen.

De *vertraging* bij de uittrek van jonge vissen zorgt er onvermijdelijk voor dat de predatiedruk toeneemt (vooral in gestuwde zones) en evt. dat de vissen geschikte tijdsvensters voor de overgang naar het mariene milieu missen (*zie ook predatie, visserij*).

Beide effecten manifesteren zich vooral bij de smolts van zalm en zeeforel (totale lengte 12-20 cm), omdat deze vissen relatief groot zijn als ze uittrekken en dus een groter risico lopen om met turbines in contact te komen en omdat ze voor aanvoerkanalen naar turbines en bij plotselinge stroomversnellingen aan de overlaat van stuwen vermijdingsgedrag vertonen. De elft en de zeeprík trekken uit als ze een lichaamslengte hebben bereikt van respectievelijk 5-6 cm en 14-15 cm. Zeepríken gaan door voor zeer robuuste vissen, maar elften zijn gevoelig voor drukverschillen en sterke turbulentie. De elft is klein en daardoor is het risico op mechanische beschadigingen beperkt, maar toch worden aan krachtcentrales mortaliteitscijfers vermoed die vergelijkbaar zijn met die van de zalm (LARINIER & TRAVADE, 2002b).

b) Predatiedruk door vogels en vissen

In het Rijnsysteem zijn onder de avifauna de blauwe reiger (alleen in nevenwateren), de aalscholver en de grote zaagbek belangrijke predatoren. Als gevolg van het jaaggedrag, de verspreiding en het inmiddels grote aantal individuen wordt aan de aalscholver verreweg de grootste predatiedruk op de trekvispopulaties toegeschreven. Bij de vissen zijn de snoek, snoekbaars, roofblei en – tot op zekere hoogte – de meerval typische predatoren. De roofblei- en meervalpopulaties zijn de afgelopen jaren duidelijk groter geworden. De predatiedruk is voornamelijk van belang voor de uittrekkende stadia van de vier doelsoorten. In de opgroehabitats zijn o.a. de forel, de kopvoorn, de barbeel, de rivierdonderpad en de blauwe reiger relevante predatoren.

De opvallend zilverglinsterende smolts van de zalm en de zeeforel trekken in scholen, dicht bij het oppervlak uit en vallen dan ook bijzonder vaak ten prooi aan aalscholvers. In de maag van overwinterende aalscholvers in het Siegsysteem werden echter ook jonge zalmparrs aangetroffen (in drie van tien onderzochte magen) (SCHNEIDER, 2005).

Optrekkende paaivissen lopen gevaar als ze samscholen onder barrières in de rivier en voor vismigratievoorzieningen. Grote individuen, zoals volwassen zalmen, zeeforellen en elften, mogen dan normaliter wel niet meer binnen het prooispectrum van de aalscholver vallen, zelfs bij zalmen zijn er grote en ook dodelijke letsels vastgesteld (bijv. in de Rensch; foto BARTL; in BLASEL, 2004). Bij de vissen is vooral de meerval, die wel 200 cm lang kan worden, een geduchte predator van volwassen trekvisen.

Als gevolg van de morfologische eentonigheid (structuurarmoede), de langere verblijftijd van de uittrekkende vissen en de soms hoge predatorendichtheid is de predatiedruk in gestuwde gebieden over het algemeen duidelijk groter dan in vrij afstromende trajecten. Vooral smolts worden hier blootgesteld aan een hoge predatiedruk uitgaande van de aalscholver (JEPSEN *et al.*, 1998), maar ook van de roofblei en de snoekbaars (*vgl. a) Passeerbaarheid*).

c) Invloed van het temperatuurregime van de Rijn op de kolonisatie en de migratie

Hier ligt de nadruk op het effect van zogenaamde extreme jaren met bovengemiddeld hete en droge zomers. Als referentiejaar wordt in dit onderzoek het jaar 2003 genomen. De watertemperaturen in de Rijn lagen toen gedurende een periode van ca. zes weken in juli/augustus in de buurt van of zelfs net iets boven de 30°C, in zijrivieren (bijv. de Sieg) werden temperaturen van bijna 28°C gemeten.

De optimale temperatuur voor uittrekkende smolts ligt tussen 7 en 14,3°C (maximaal 19°C). Bij temperaturen rond 25°C staken optrekkende salmoniden hun migratie, wat dient te worden beschouwd als een teken van stress. De maximale, letale temperatuur is echter relatief hoog; ze bedraagt (afhankelijk van de acclimatisatie) voor fingerlings (2-3 maanden oud) 28,7 tot 29,2°C; voor parrs van de leeftijdscategorieën 0+ en 1+ 27,4 tot 32,8°C en voor adulte zalmen ongeveer 30-32°C. Bij hoge temperaturen onder de letale bovengrens stijgt ook het mortaliteitsrisico door stress en infecties.

In hoeverre hoge temperaturen zoals in de hete zomer van 2003 in aanmerking komen als beperkende factor voor trekvisen wordt in hoofdstuk 3.5 behandeld op basis van de beschikbare gegevens.

d) Invloed van het afvoerregime van de Rijn op de kolonisatie en de migratie

Aan hoge afvoeren wordt over het algemeen een positief effect op de migratie van trekvisen toegekend. Smolts voeren hun stroomafwaartse trek bij voorkeur uit bij hoge afvoeren en sterke troebelheid. Aan waterkrachtcentrales ontstaan bij deze omstandigheden bovendien alternatieven voor de uittrek via de turbines, bijv. als de stuwen overstroomd en de omleidingskanalen hoge debieten te slikken krijgen. Hoge afvoeren leiden daarom doorgaans tot een significante mortaliteitsreductie (incl. predatie in gestuwde gebieden). Bij beperkt passeerbare intrekbarrières vergemakkelijken hoge afvoeren de stroomopwaartse trek voorbij kunstwerken en omleidingskanalen. Vaak wordt ook vastgesteld dat de dieren verder bovenstrooms gelegen paaigronden opzoeken.

Hoge afvoeren kunnen aan stroomopwaartse vismigratievoorzieningen ook negatief uitpakken, bijvoorbeeld door hydraulische overbelasting of door het optreden van concurrerende stromingen t.o.v. de hoofdstroming uit de vispassage. Als de vissen bovendien als gevolg van de opbouw van het complex terecht kunnen komen in doodlopende zones, bijvoorbeeld door scheidingsdammen tussen de waterkrachtcentrale (met vispassage) en de overstroomde stuw hebben de dieren eventueel nog meer moeilijkheden bij het vinden van de vismigratievoorziening.

Een ander aspect is het complexe systeem voor de uitwatering van de Rijn in het deltagebied, waar door het openen en sluiten van dijken (Haringvliet) het debiet wordt gereguleerd en de watertoevoer naar de Rijntakken wordt gemanaged. Als gevolg van de debietschommelingen kunnen anadrome soorten de verschillende migratiewegen niet altijd even goed gebruiken of zijn de wegen niet altijd even aantrekkelijk (bij in- en uittrek).

e) Visserijdruk op trekvispopulaties [illegale visserij vs. incidentele bijvangst]

Visserijactiviteiten kunnen worden onderverdeeld in beroepsvisserij (incl. kustvisserij), visserij als bijverdienste en sport- c.q. hengelsevisserij.

De beroepsvisserij gebruikt o.a. fuiken (fykenets), kieuwnetten (gillnets), zegens (seines), ankerkuilen (anchored stow net) en sleepnetten (incl. bodemtrawls) (trawl fisheries). In de visserij die wordt bedreven als bijverdienste wordt vooral gewerkt met fuiken en kieuwnetten (aan de kust en in het binnenland). Deze vormen van visserij worden, op enkele uitzonderingen na, bijna uitsluitend beoefend in het Nederlandse mondingsgebied. Gehengeld wordt er praktisch in het hele Rijngebied.

De effecten van visserij hangen af van drie factoren:

- visserijinspanning (kent seizoensgebonden en lokale variaties)
- vangkans (afhankelijk van vistuig en visfrequentie)
- sterfte (afhankelijk vistuig en methode, temperatuur, manier en duur van *handling*)

Omdat de zeeforel en de zalm in het hele Rijngebied (incl. kustzone) zijn beschermd, bestaat er *geen legale mogelijkheid om op grote salmoniden te vissen*. Visserijsterfte kan dan ook worden onderverdeeld in de volgende categorieën:

- onttrekking in het kader van doelgerichte illegale visserij (stroperij)
- onttrekking van toevallige vangsten uit onwetendheid over de beschermde status
- onbedoelde bijvangsten die worden teruggezet (sterfte door handling en/of schade als gevolg van vistuigen)

f) Waterkwaliteit (microverontreinigingen, organische verontreinigingen)

Onder het begrip microverontreinigingen worden talrijke synthetische organische stoffen begrepen die in het dagelijkse leven worden gebruikt en bijv. met het afvalwater via de waterafvoer uit verstedelijkte gebieden in de wateren terechtkomen en daar in zeer lage concentraties (nanogram tot microgram per liter) worden vastgesteld. Bij deze stoffen gaat het bijv. om resten van gewas- en materiaalbeschermingsmiddelen, om cosmetica, schoonmaakmiddelen en resten van geneesmiddelen (BRAUCH, 2007). Organische verontreinigingen leiden tot eutrofiëring, zuurstofgebrek (incl. tekort aan zuurstof in het grindbed, vgl. g) en tot veranderingen in de vissoortengemeenschap, meer bepaald een verschuiving naar soorten die weinig eisen stellen aan hun leefgebied.

g) Habitatkwaliteit

De kwaliteit van habitats wordt negatief beïnvloed door waterbouwkundige maatregelen en beperkingen van de rivierdynamiek. Hieronder vallen ook kleine krachtcentrales voor de opwekking van hydro-elektriciteit (bouw van nieuwe centrales, stuwpeilverhoging, aantasting van habitats door de aanleg van omleidingskanalen). Een bijzonder verstorend effect heeft de beschadiging van paaigebieden (verlies van snel stromende gedeelten met grindachtige ondergrond).

Sediment kan bijdragen tot het dichtslibben (consolideren) van grindachtige substraten en daardoor het uitdiepen van het paaibed bemoeilijken of verhinderen.

Gecombineerd met organische belastingen kunnen sedimentafzettingen bovendien leiden tot een zuurstoftekort in het grindbed, wat het voortplantingssucces kan reduceren of zelfs tot nul herleiden. Het minimale zuurstofgehalte (grenswaarde) in het nest van salmoniden bedraagt > 5 mg/l tijdens de incubatie.

3.2 Welke anadrome vissoorten c.q. levensstadia worden doorslaggevend beïnvloed door welke factoren en welke trekperioden kennen deze soorten (tijdsvensters waarbinnen de factoren effect hebben)?

Relevantie van verschillende factoren voor de verschillende levensstadia

De betekenis van de belangrijkste factoren voor de verschillende levensstadia wordt samengevat in tabel 4. Daarbij wordt onderscheiden tussen positieve en negatieve effecten.

Tab. 4: Relevantie van verschillende factoren voor de afzonderlijke levensstadia van de salmoniden zalm en zeeforel en voor de elft en de zeeprík; + staat voor een positief effect, - voor een negatief effect.

Legende: groot gemiddeld klein zeer klein

Factor		Gevolgen: + positief effect		- negatief effect							
Soorten	Stadium	Migratiebarrière		Predatie		Afvoer		Visserij kust & Rijn- systeem	Waterkwaliteit		
		optrek	uittrek	zoet water	hoog	laag	therm. belasting		org. belasting	fijn sediment	
zalm & zeeforel	eitjes, larven	n.v.t.	n.v.t.	klein -	klein -	gemiddeld -	n.v.t.	zeer klein -	groot -	groot -	
	parrs	klein -	klein -	gemiddeld -	zeer klein -	gemiddeld -	n.v.t.	klein -	klein -	zeer klein -	
	smolts	n.v.t.	groot -	groot -	groot +	groot -	zeer klein -	zeer klein -	klein -	zeer klein -	
	terugkeerders	groot -	klein -	zeer klein -	groot +	gemiddeld -	groot -	gemiddeld -	klein -	zeer klein -	
elft	eitjes, larven	n.v.t.	n.v.t.	groot -	zeer klein -	klein -	n.v.t.	zeer klein -	klein -	zeer klein -	
	uittrekkende vis	n.v.t.	groot -	groot -	groot +	groot -	zeer klein -	zeer klein -	klein -	zeer klein -	
	terugkeerders	groot -	n.v.t.	klein -	groot +	gemiddeld -	groot -	zeer klein -	klein -	zeer klein -	
zeeprík	eitjes, larven	n.v.t.	n.v.t.	gemiddeld -	zeer klein -	klein -	n.v.t.	zeer klein -	gemiddeld -	gemiddeld -	
	uittrekkende vis	n.v.t.	klein -	groot -	groot +	groot -	zeer klein -	zeer klein -	klein -	zeer klein -	
	terugkeerders	groot -	n.v.t.	gemiddeld -	groot +	gemiddeld -	zeer klein -	zeer klein -	klein -	zeer klein -	

Migratieperioden van de soorten

Het tijdelijk-ruimtelijke aspect van de migratie van trekvis in het Rijnsysteem is:

a) relevant voor de inschatting van de effectiviteit van beheermaatregelen en –plannen met een tijdelijk of discontinu effect op de passeerbaarheid van migratiebarrières, zoals turbinebeheer, milieuvriendelijk beheer van scheepvaartsluizen (visintrek), verlagen van stuwen c.q. naar seizoenen geregelde minimale afvoer in omlidingskanalen (visintrek en –uittrek) of de vangst van migrerende vissen om ze naar doelgebieden onder of boven niet-passeerbare kunstwerken of aaneenschakelingen van stuwen te transporteren (“trap and truck”). Dit laatste punt is ook relevant voor de “oplossing met dubbel bekken” (visintrek) in de scenario’s 1 en 2 aan de krachtcentrale Vogelgrün (vgl. STUCKY-onderzoek fase II, 2006).

b) relevant voor de inschatting van de effecten van kritische factoren, zoals de watertemperatuur als alleenstaande gebeurtenis en langjarig temperatuurregime (migratieprikkel, mortaliteitsfactor), de afvoeromstandigheden (migratieprikkel, bereikbaarheid van paaigronden bij beperkt passeerbare kunstwerken, concentratie verontreinigende stoffen), concurrerende stromingssituaties aan waterkrachtcentrales (vindbaarheid c.q. debiet door de optrekvoorziening versus debiet door de turbines).

Tab. 5: Paai- en migratieperioden van de zalm en andere trekvissoorten in de Rijn. Donkere vakjes: kernperiode; lichte vakjes: minder activiteit.

Paai- en migratieperioden van diadrome vissoorten in het Rijnsysteem											BFS 2006	
Paaiperioden	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Atlantische zalm												
zeeforel												
elft												
Atlantischer steur												
zeeprrik												
rivierprrik												
aal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
bot	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Migratie paaivissen Rijn												
<i>Optrek</i>												
Atlantische zalm												
zeeforel												
elft												
Atlantischer steur												
zeeprrik												
rivierprrik												
<i>Uittrek</i>												
aal												
bot												
Atlantischer zalm												
Migratie juveniele vissen												
<i>Uittrek</i>												
Atlantische zalm												
zeeforel												
elft												
Atlantischer steur												
zeeprrik												
rivierprrik												
<i>Optrek</i>												
aal												
bot												

Tabel 5 geeft een overzicht van de migratieperioden van de zalm en andere trekvissoorten (incl. steur, rivierprrik, aal en bot) over de migratieroute Rijn. Uit de tabel blijkt duidelijk dat er bij de zalm (en in beperkte mate ook bij de zeeforel, deze soort trekt echter amper in de lente) het hele jaar door stroomopwaartse migratiebewegingen plaatsvinden. Smolts van salmoniden trekken uitsluitend in de periode van maart tot juli uit (vooral van april tot mei, in de Delta ook in juni). Vroegrijpe, mannelijke zalmparrs trekken in de late zomer en de herfst vaak door de benedenlopen.

Opmerking bij tabel 5: "minder activiteit" is niet gelijk aan "onbelangrijk", omdat vanuit populatiegenetisch oogpunt ook individuen die buiten de kernperiode paaien en/of migreren moeten worden beschouwd als deel van een populatie met een voor de samenstelling van de populatie belangrijke strategie waarop ten behoeve van de genetische variabiliteit geen "antropogene selectiedruk" zou mogen worden uitgeoefend. Dit geldt vooral voor de obligaat anadrome trekvis zalm en elft.

Tijdsvenster optrek

In de figuren 5 – 7 worden de perioden afgebeeld waarin in de controle- en monitoringsstations Rijn/Iffezheim, Rijn/Gambsheim, Moezel/Koblenz en Sieg/Buisdorf terugkerende zalmen en zeeforellen zijn geregistreerd.

In de figuren 8 en 9 wordt voor de verschillende controlestations een vergelijkende weergave van het cumulatieve aantal zalmen en zeeforellen gegeven (als som en als aandeel). Daarbij dient te worden gezegd dat voor Iffezheim en Gambsheim de cijfers tot 6 oktober 2008 zijn meegenomen, hoewel de gegevensreeksen nog onvolledig zijn.

Voor de optrekperioden aan de vier controlestations Iffezheim, Gambsheim, Moezel en Sieg kunnen de volgende trends worden vastgesteld:

- Beide soorten vertonen twee kenmerkende optrekperioden, in het midden van het jaar en in de herfst. Toelichting: Bij de zalm correleert de optrekperiode in sterke mate met de (stamspecifieke) duur van het verblijf in de zee; de groep van de vroege migreerders wordt vaak gedomineerd door multizeewinter-zalmen (MZW), de tweede *run* bestaat voornamelijk uit eenzeewinter zalmen (1ZW, grilse). Omdat de stammen die worden gebruikt in de Rijn verschillende grilse-MZW-aandelen hebben, moeten de gegevens ook worden geïnterpreteerd rekening houdend met de uitzetgeschiedenis in de stroomgebieden. Echter, omdat in alle stroomgebieden in de relevante jaren “menguitzet” heeft plaatsgevonden, kunnen deze populatiespecifieke invloeden op de migratiepatronen slechts in beperkte mate duidelijk worden gemaakt (zie hieronder). MZW-zalmen overwegen sinds 2004 in de Duits-Franse Bovenrijn (overstap naar de stam Allier; vgl. fig. 13); in de Sieg en de Moezel ligt het MZW-aandeel sinds 2007 rond 50% (overstap naar Ätran). De Ierse stammen die tot 2003 werden gebruikt, vertonen daarentegen grote aandelen grilse.
- De grootste zalmintrek vindt in het algemeen circa vier tot acht weken voor de grootste zeeforelintrek plaats.
- Er is een duidelijk verband tussen de optrekperiode en de “functie” van de rivier of het riviertraject (migratieweg of paaigebied): de optrekkende vissen worden het eerst gesignaleerd in de Rijndelta (JURJENS, 2006), vervolgens in de hoofdstroom van de Rijn (vgl. Iffezheim en Gambsheim), daarna in grotere zijrivieren (vgl. Moezel) en tot slot in de wateren die grenzen aan het paaigebied (vgl. Sieg). De paaiwateren in het vlagzalm- en forellengebied (bijv. Saynbach, Wisper, Nister, Bruche) worden pas kort voor de paaiperiode in de herfst (afhankelijk van de stam van eind oktober tot begin december) opgezocht (o.a. SCHNEIDER, 2007; SAUMON-RHIN, 2005). Optrek wordt hier vaak samen met verhoogde afvoeren vastgesteld.
- Een duidelijk verband met de ruimtelijke afstand tot de monding van de Rijn – d.w.z. de afstand die in zoet water is afgelegd – bestaat derhalve eerder niet. Veeleer is de tijdsafstand tot het paaitijdstip c.q. het begin van de paarijphheid de bepalende factor voor het tijdelijk-ruimtelijke patroon in de migratie van de individuen.

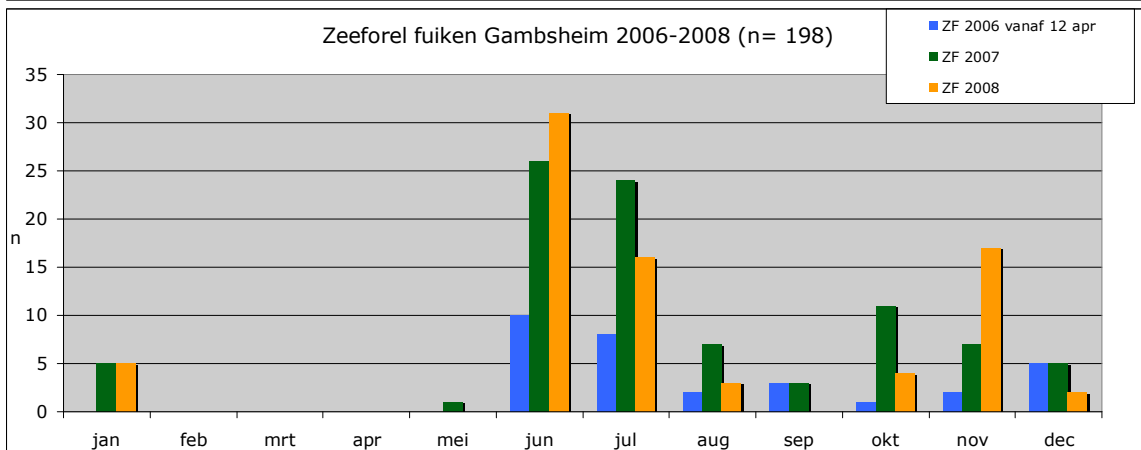
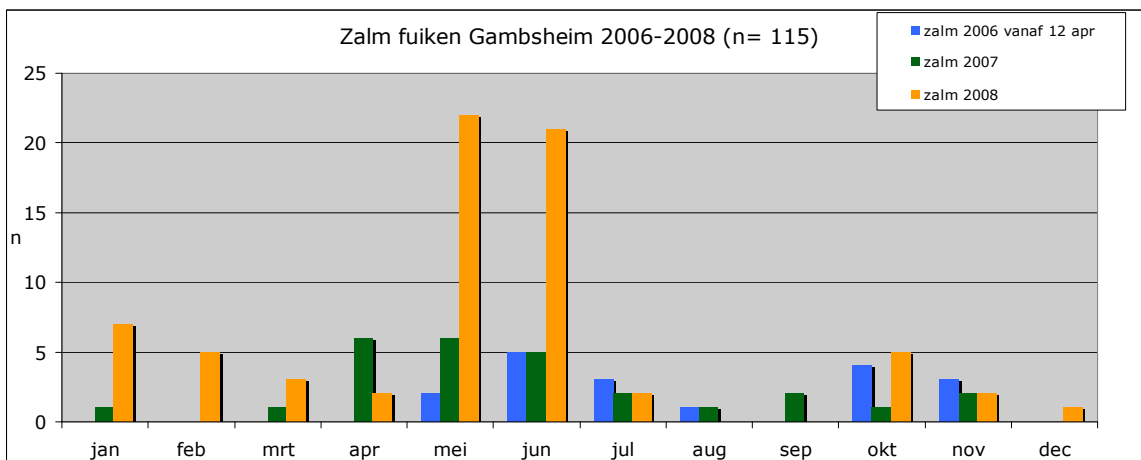
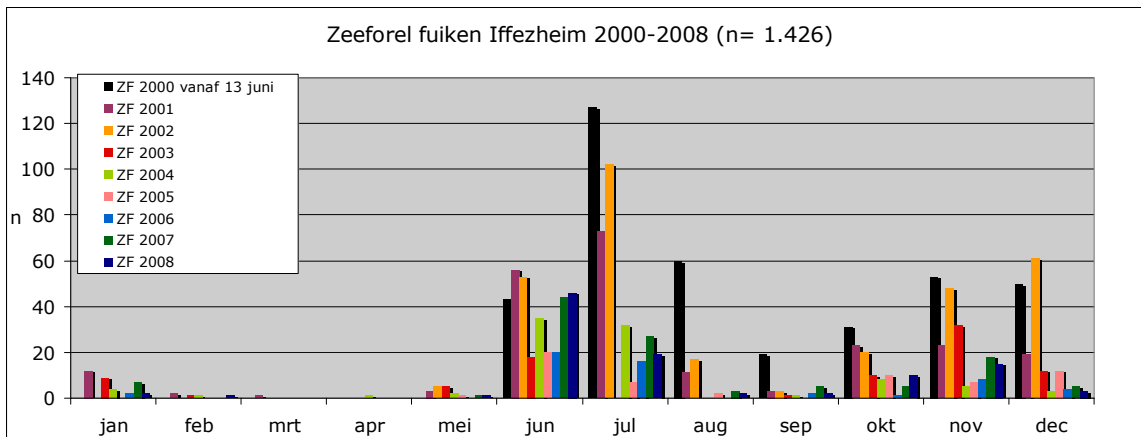
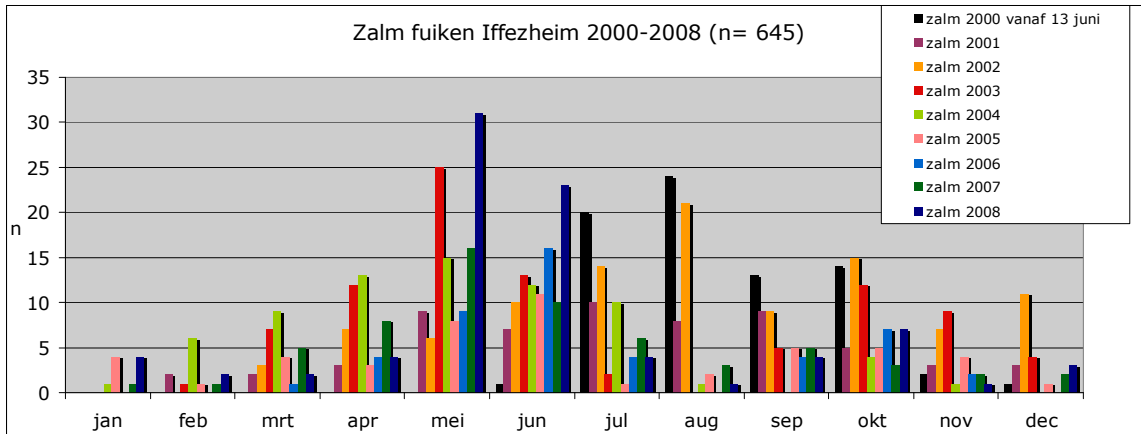


Fig. 5: Trekperiodes van grote salmoniden in de Duits-Franse Bovenrijn: Iffezheim (bovenaan) en Gamsbheim (onderaan)

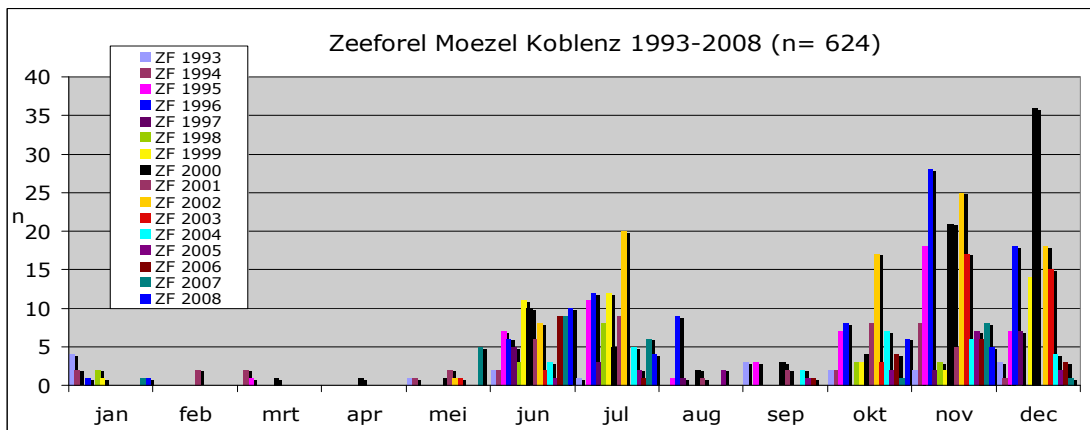
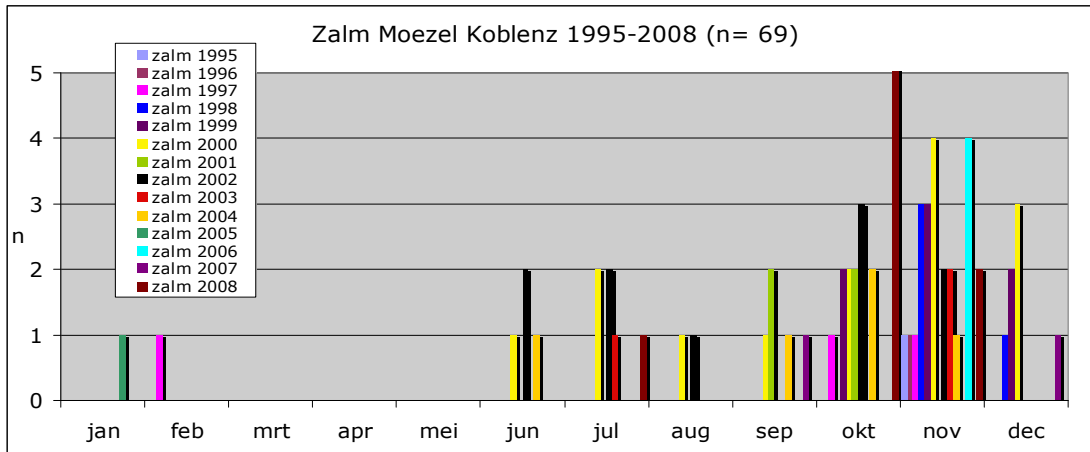


Fig. 6: Trekperioden van grote salmoniden in de benedenloop van de Moezel

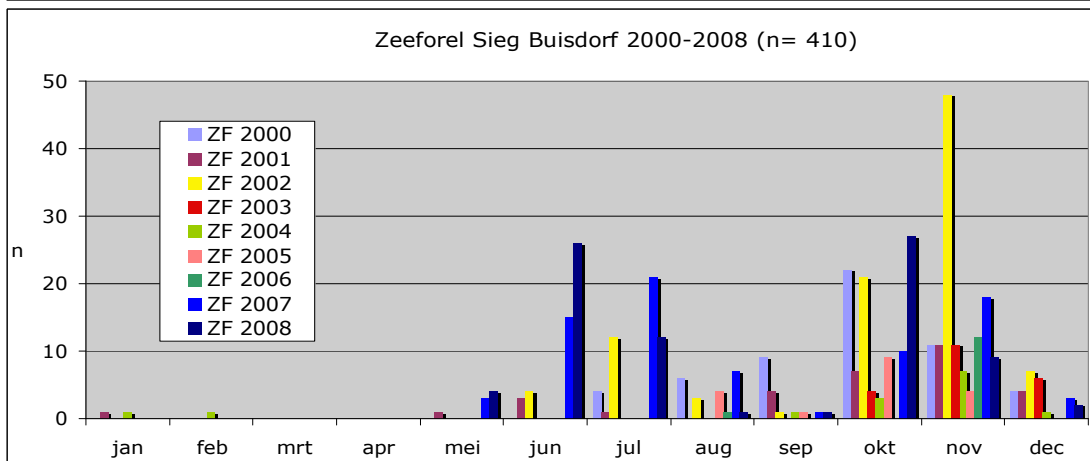
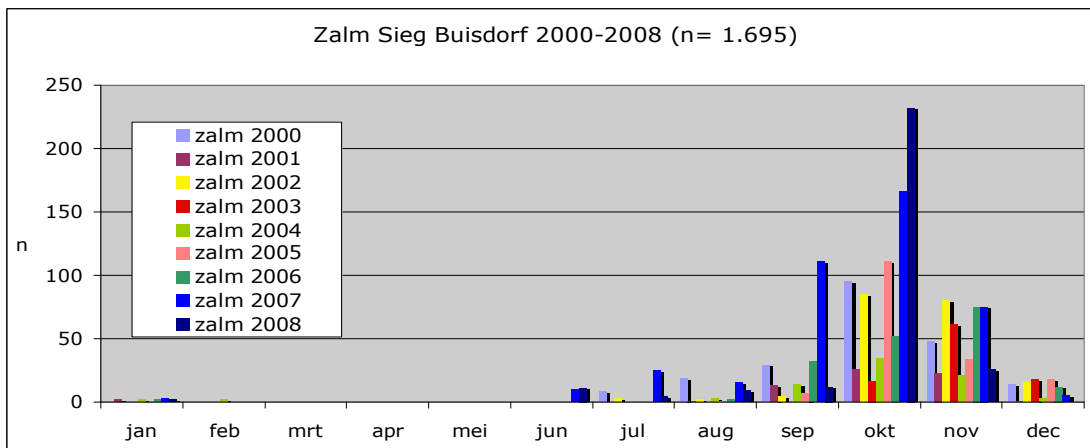


Fig. 7: Trekperioden van grote salmoniden in de benedenloop van de Sieg

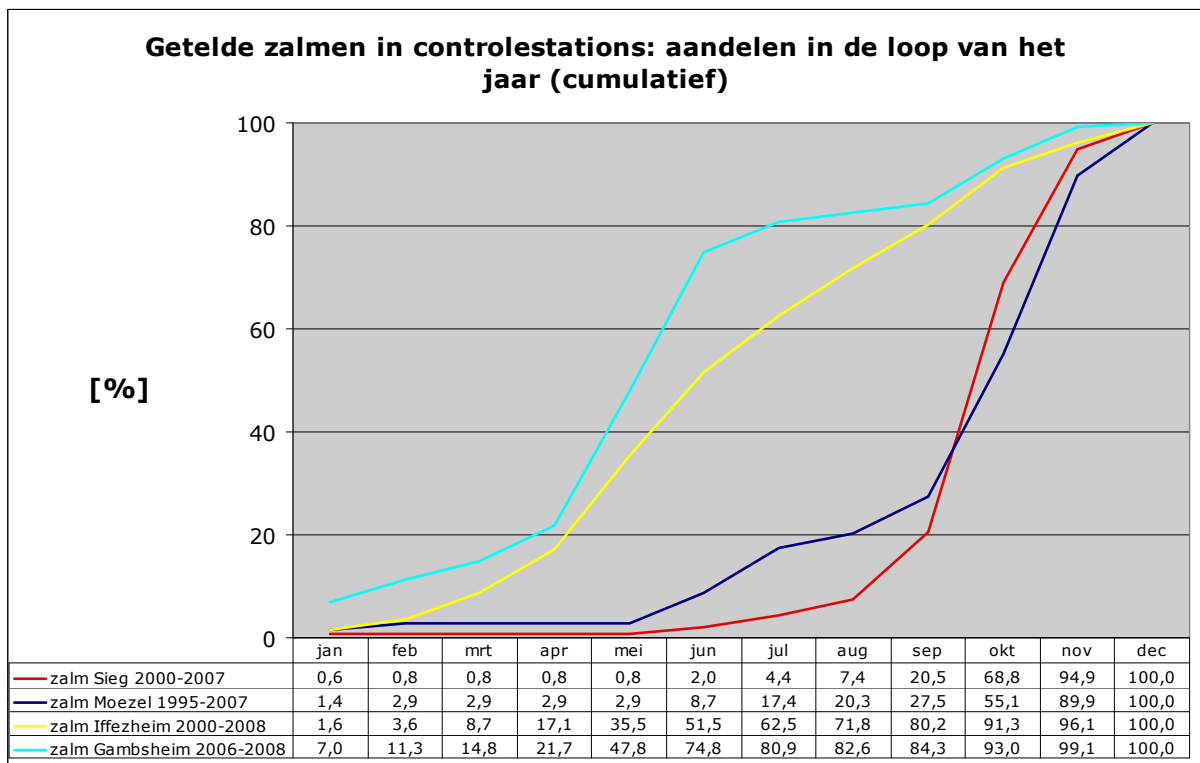
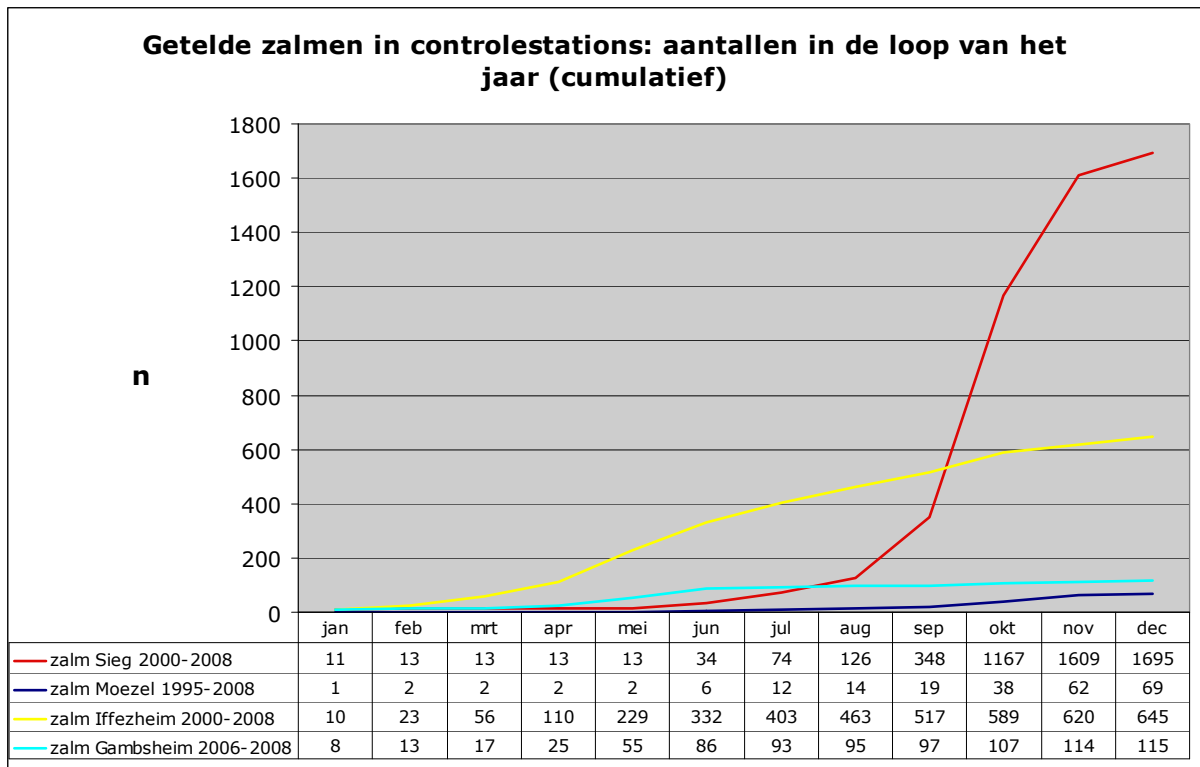


Fig. 8: Cumulatieve weergave van de getelde zalmen in de vier controlestations (bovenaan: sommen, onderaan: aandelen)

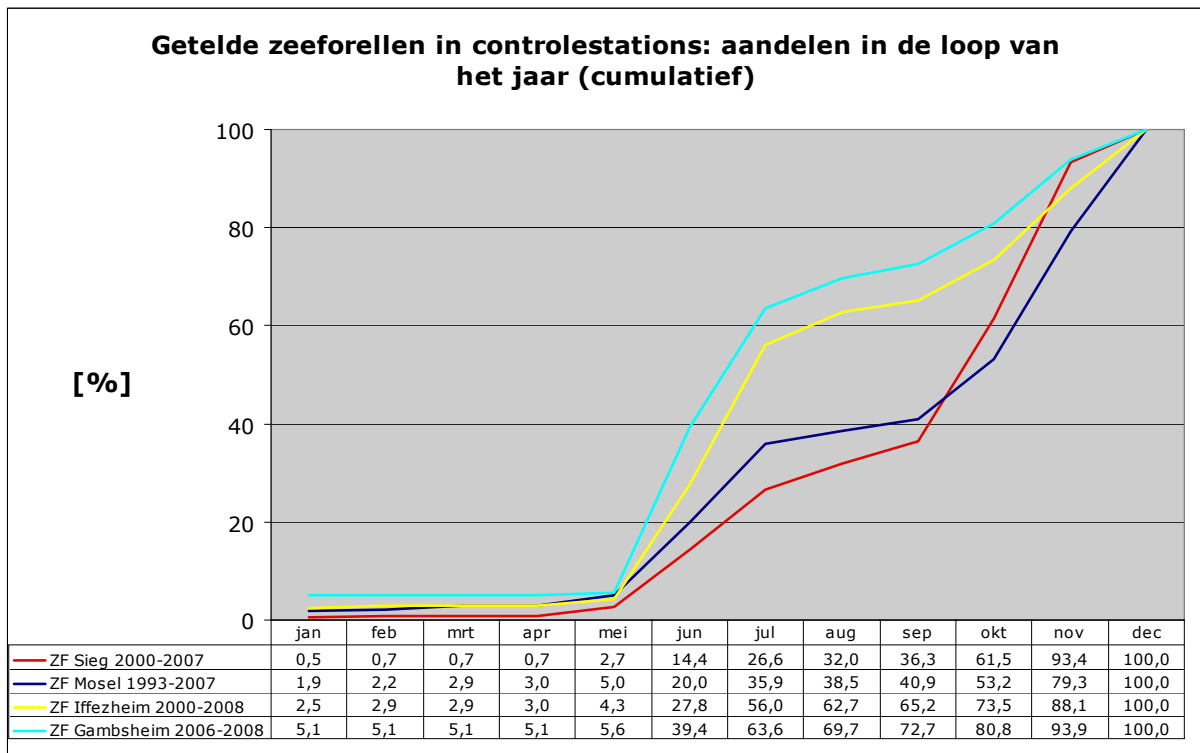
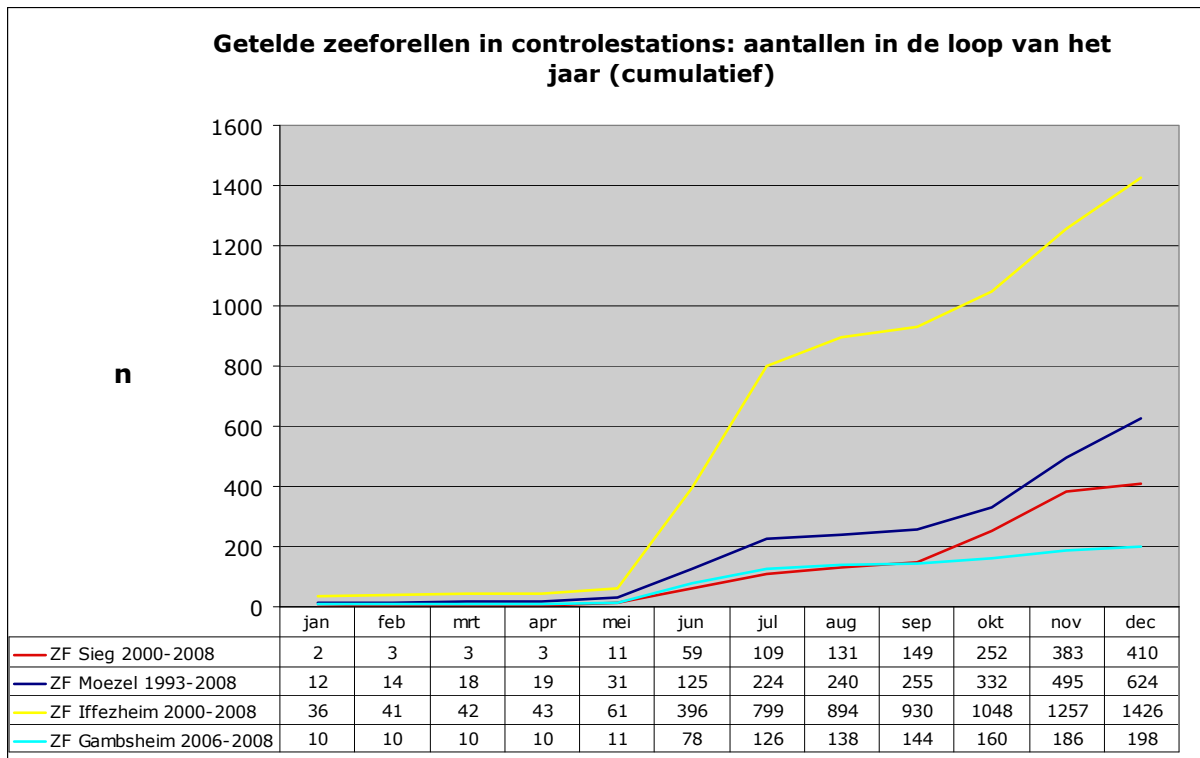


Fig. 9: Cumulatieve weergave van de getelde zeeforellen in de vier controlestations (bovenaan: sommen, onderaan: aandelen)

De grootste zalmoptrek vindt plaats:

- in de Rijndelta in de maanden mei-juli en (in mindere mate) augustus-december
- in de Duits-Franse Bovenrijn in de maanden mei-juli en september-oktober
- in de Moezel in de maanden juni-juli en oktober-november
- in de Sieg in de maanden juli-augustus en oktober-november

Alle rivieren en riviertrajecten dienen te worden beschouwd als migratieweg, maar voor de Duits-Franse Bovenrijn benedenstrooms van Iffezheim en voor de benedenloop van de Sieg zijn er ook indicaties voor een natuurlijke zalmvoortplanting (HARTMANN, NEMITZ, mondelinge mededeling) (vgl. tab. 2).

In een tweede stap in de evaluatie zijn voor de controlestations Iffezheim, Moezel/Koblenz en Sieg/Buisdorf de verschillen tussen de afzonderlijke jaren gedistilleerd (telkens zalm en zeeforel) (figuren 10 tot 12):

In de cumulatieve weergave van de aantallen is in de eerste plaats een forse variabiliteit te zien bij de optrekcijfers, wat kan worden verklaard door *populatieschommelingen* als gevolg van verschillende *uitzetcijfers* (vooral zalm), verliezen door visserij, sterfte (zoet water, zee), verschillen in de *vangstefficiëntie* van de fuiken (vooral in de Sieg) en verschillen in de *vindbaarheid* van de optrekvoorzieningen (vooral in Moezel en de Sieg).

In de cumulatieve weergave van de maandelijks *aandelen* aan de totale jaarvangst (c.q. de tellingen over een jaar) zijn er ook significante verschillen te zien tussen de trekperiodes. Deze verschillen kunnen naar alle waarschijnlijkheid worden verklaard door verschillen in de afvoer en de watertemperatuur. Voor de zalm wordt de interpretatie echter nog bemoeilijkt doordat de trekperiode verschilt afhankelijk van de tijd die is doorgebracht in de zee (groepen met veel grilse trekken vooral in de herfst, groepen met veel MZW-vissen daarentegen vooral vroeger in het jaar). Omdat de factoren elkaar gedeeltelijk overlappen, kan een duidelijk verband slechts sporadisch worden gelegd.

Bij wijze van voorbeeld worden hieronder een aantal interpretaties uitgewerkt:

De hete zomer van 2003 met recordwaarden voor temperatuur en laagwater in de maanden juni tot augustus vertoont in deze periode een kenmerkende plateausituatie (= geen migratieactiviteit), omdat salmoniden vanaf een watertemperatuur van 25°C hun trekbewegingen tijdelijk staken; zie rode balk en rode lijn in de figuren voor Iffezheim en de Moezel, figuren 5, 6, 10 en 11; Sieg: geen gegevens voor de relevante periode. Daardoor wordt de optrek wel meerdere weken uitgesteld, maar uit de vergelijking met de jaren daarop blijkt ook dat de tegelijkertijd vastgestelde achteruitgang van de populaties geen geïsoleerd fenomeen voor het jaar 2003 is en dat dus niet mag worden geconcludeerd dat hoge temperaturen een verhoogde mortaliteit veroorzaken (vgl. hfst. 2, fig. 1-3).

De soorten zeeprík en elft, die vooral in mei stroomopwaarts trekken, hebben van de extreme situatie in 2003 geen hinder ondervonden (zie ook vistellingen in Iffezheim en Gamsheim in de bijlage).

Het jaar 2007, gekenmerkt door hoge afvoeren (zie de dagwaarden in de bijlage) en lage watertemperaturen in de zomer ($\leq 25^{\circ}\text{C}$), heeft daarentegen geleid tot een bijzonder vroege optrek van de salmoniden (figuren 10-12).

De zalmoptrek bij Iffezheim vond in 2001 en 2002 later plaats dan in de jaren daarna. Dit zou in verband kunnen staan met een geleidelijke omschakeling van laat paaiende Ierse en Zuid-Franse stammen naar vroeger paaiende Allier-zalmen (vgl. figuur 13).

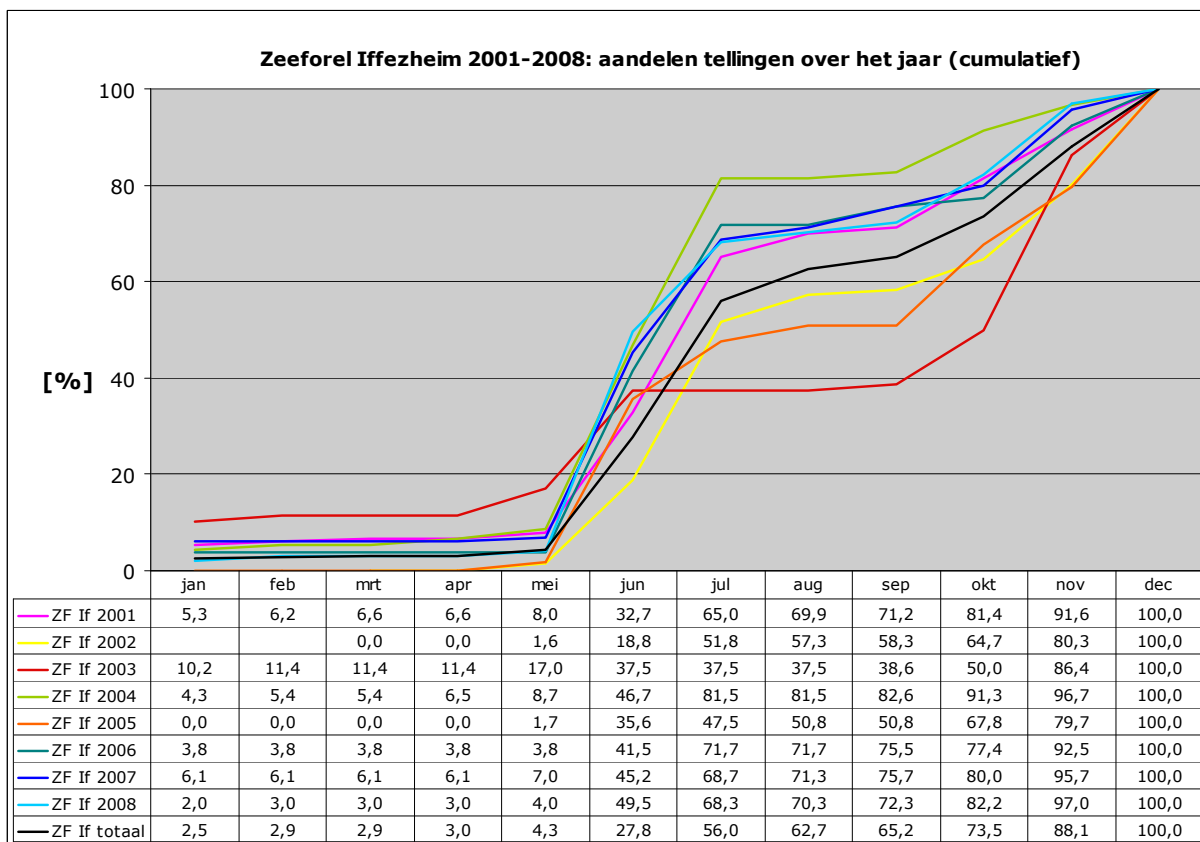
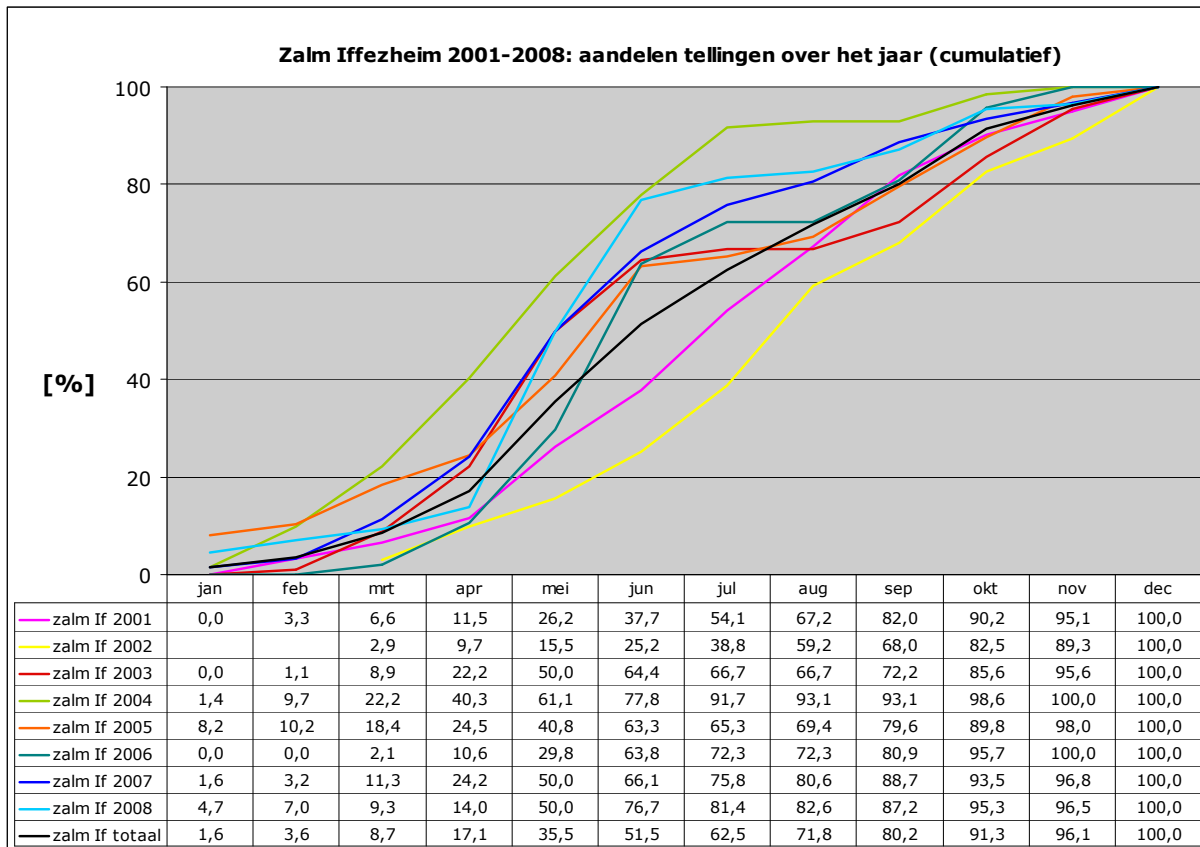


Fig. 10: Cumulatieve weergave van de getelde zalm (bovenaan) en zeeforellen (onderaan) in het controlestation Iffezheim

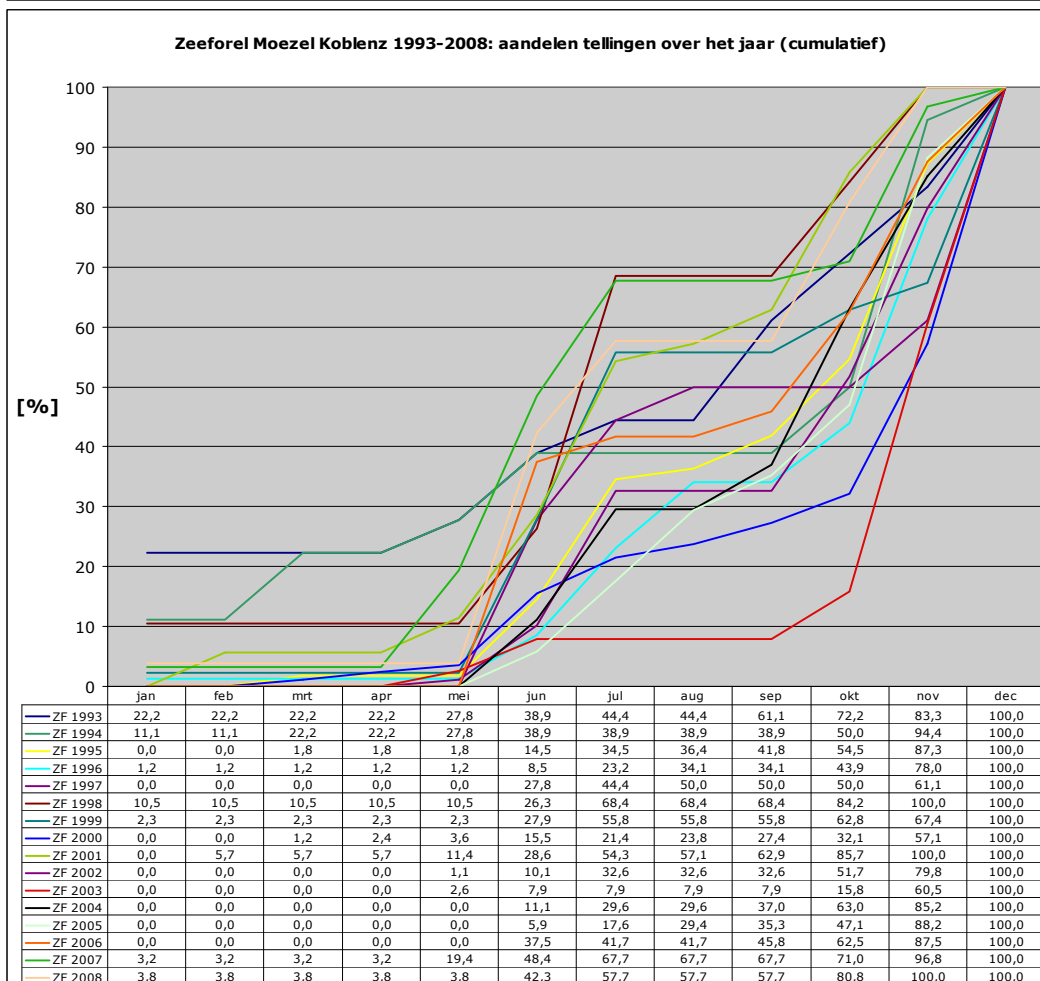
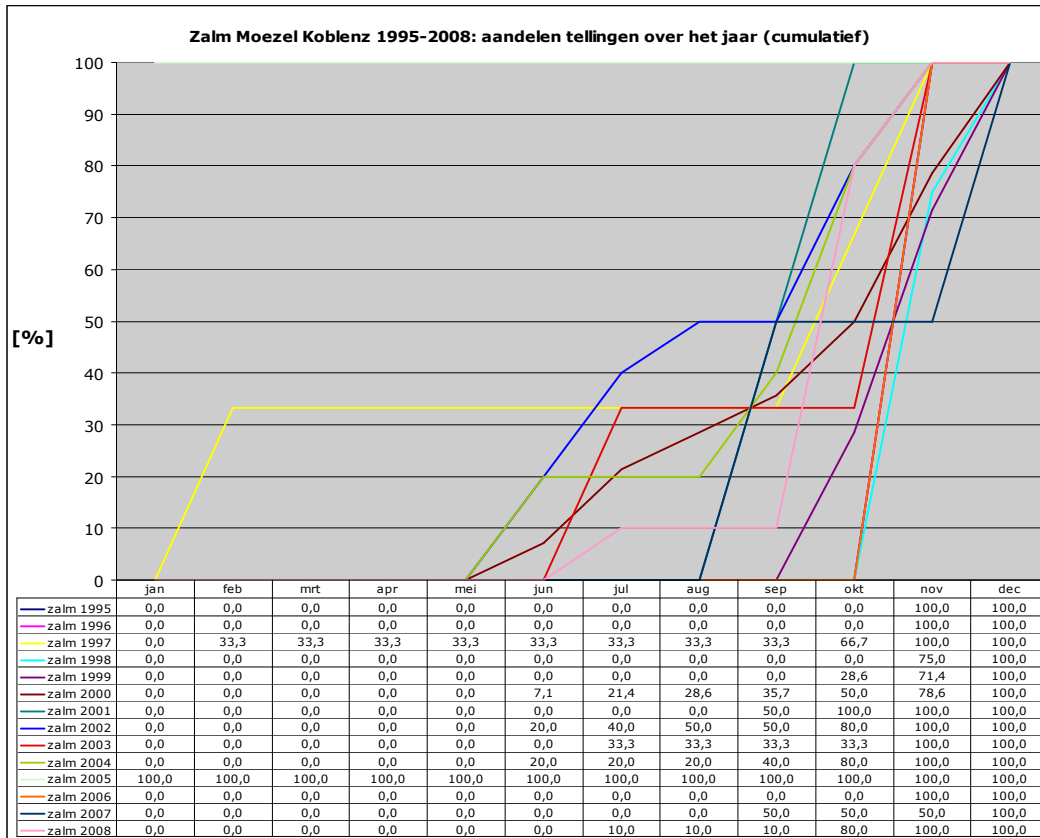


Fig. 11: Cumulatieve weergave van de getelde zalm (bovenaan) en zeeforellen (onderaan) in het controlestation Moezel/Koblenz

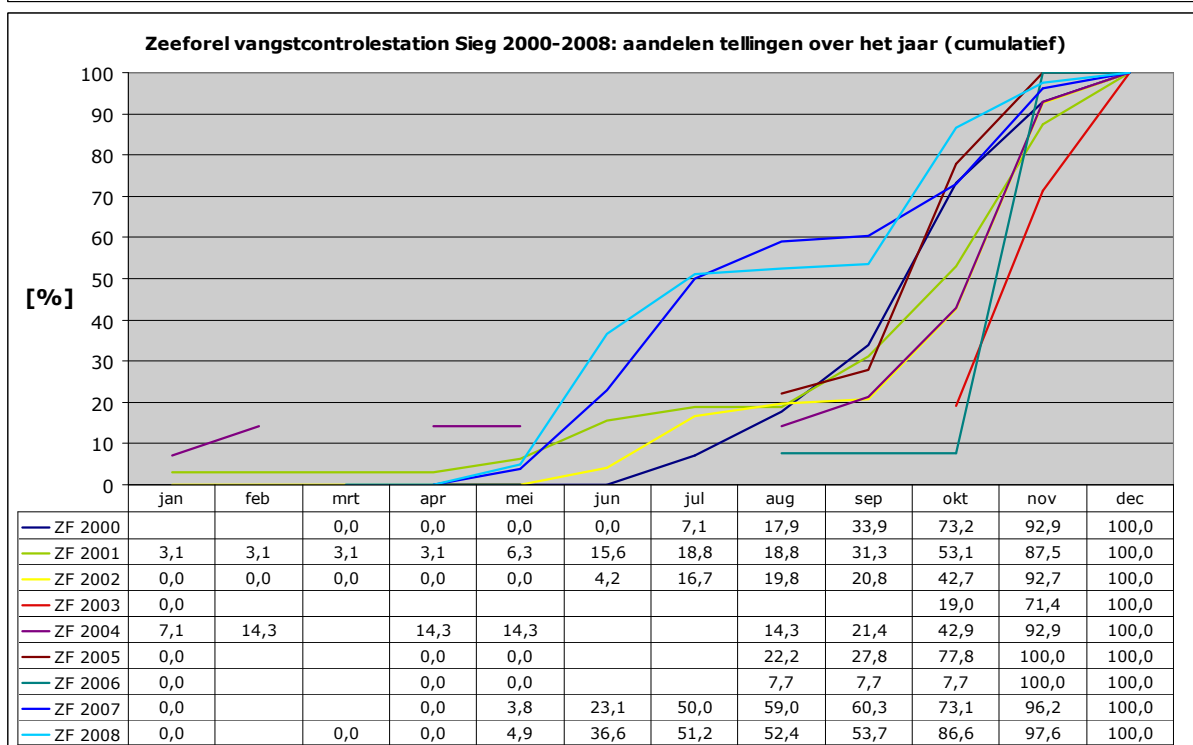
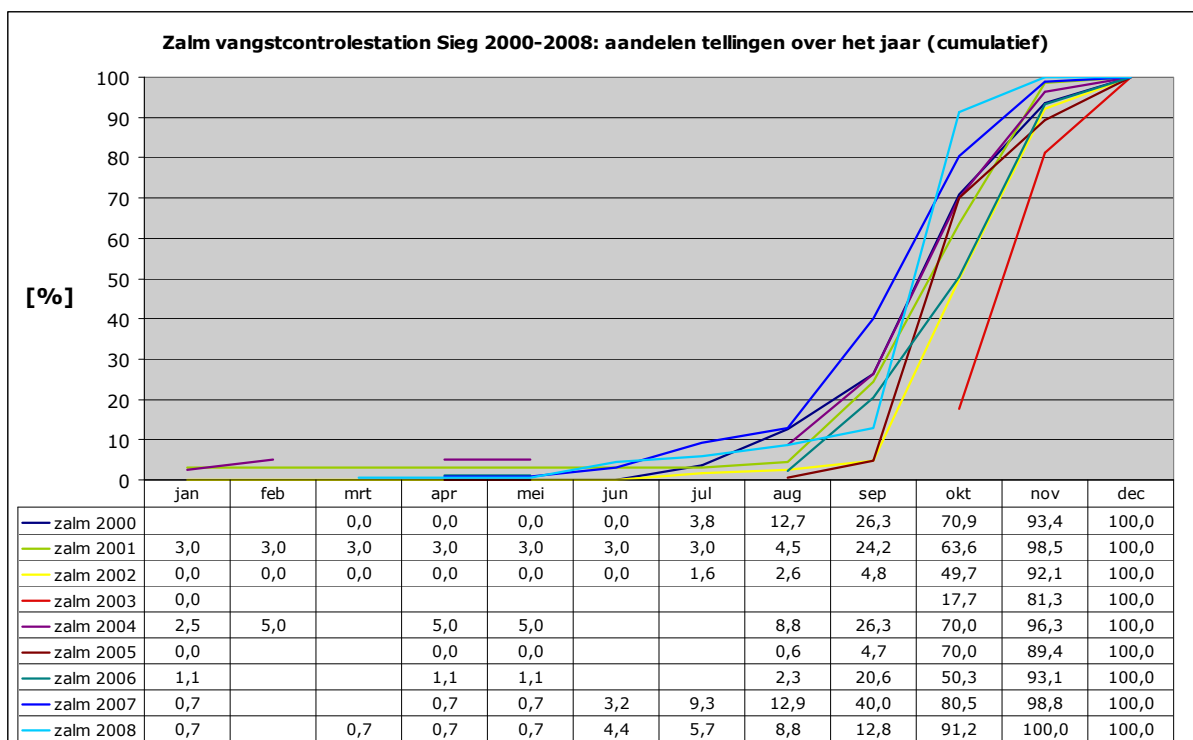


Fig. 12: Cumulatieve weergave van de getelde zalm (bovenaan) en zeeforellen (onderaan) in het controlestation Sieg/Buisdorf (Gegevens: mondelinge mededeling van A. NEMITZ, Rheinischer Fischereiverband, in opdracht van het LANUV Noordrijn-Westfalen)

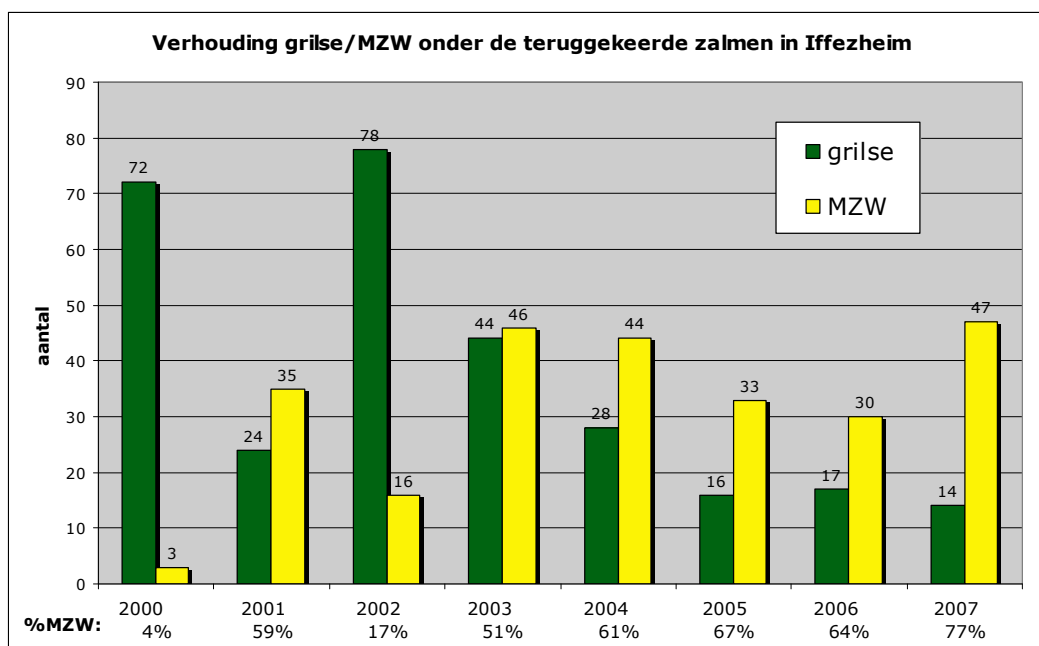


Fig. 13: Aandelen grilse en multizeewinter-zalmen in het controlestation Iffezheim (uit: SAUMON-RHIN, 2008a)

Tijdsvenster uittrek

Uittrekkende jonge vissen profiteren sterk van hoge afvoeren op de migratieweg. Bij een hoge afvoer neemt de migratiesnelheid toe en de energie-input en sterfte aan waterkrachtcentrales af (voor zover de stuwen overstromen). Door de bredere en diepere migratiecorridor en de verminderde zichtdiepte als gevolg van de vertroebeling hebben roofvissen en -vogels minder succes bij de predatie.

Uit de afvoergolven in de periode 1998-2007 (zie grafieken in de bijlage) blijkt dat de jaren 1999, 2001 en 2006 bijzonder gunstig waren voor de uittrek in de lente, de jaren 1998, 2003 en 2004 werden daarentegen gekenmerkt door lage afvoeren. Salmonidensmolts trekken vooral in de periode april - juni uit (vgl. tabel 5).

Figuur 14 (bovenaan) toont de voorjaarsafvoer in de Rijn in de jaren 1998 – 2007; de waarde werd verkregen door de dagwaarden op het meetpunt Rees in de periode april – juni te middelen.

Er bestaat een sterke correlatie tussen de afvoer in de migratieperiode en de jaarlijkse variatie in het aantal molts dat wordt geteld in de Rijndelta (JURJENS, 2006; gegevens tot 2005). In de Delta werden in 1999 en 2001 (jaren met hoge afvoeren) bijzonder grote dichtheden vastgesteld bij de zalm- en zeeforelsmolts; in 1998, 2003 en 2004 (jaren met lage afvoeren) waren de dichtheden daarentegen lager (fig. 14, onderaan). De resultaten zijn wat patroon en aantal individuen betreft consistent voor zalm en zeeforel, wat wijst op een invloed van de afvoer die losstaat van de omvang van de zalmuitzet.

Ook met het aantal terugkeerders in Iffezheim de jaren daarop is er een verband (vgl. hfst. 3.5, factor afvoer).

Als synthese van de afvoerwaarden, het corresponderende aantal molts in de Delta en het overeenkomstige aantal terugkeerders in Iffezheim wordt de volgende interpretatie voorgesteld: bij een afvoer (Rees) $Q < 2.000 \text{ m}^3/\text{s}$ kunnen de afvoeromstandigheden als slecht, bij $Q 2.000 - 2.500 \text{ m}^3/\text{s}$ als gematigd goed en bij $Q 2.500 - 3.000 \text{ m}^3/\text{s}$ als goed worden beschouwd. Bij een afvoer $Q > 3.000 \text{ m}^3/\text{s}$ is er sprake van zeer goede uittrekomstandigheden.

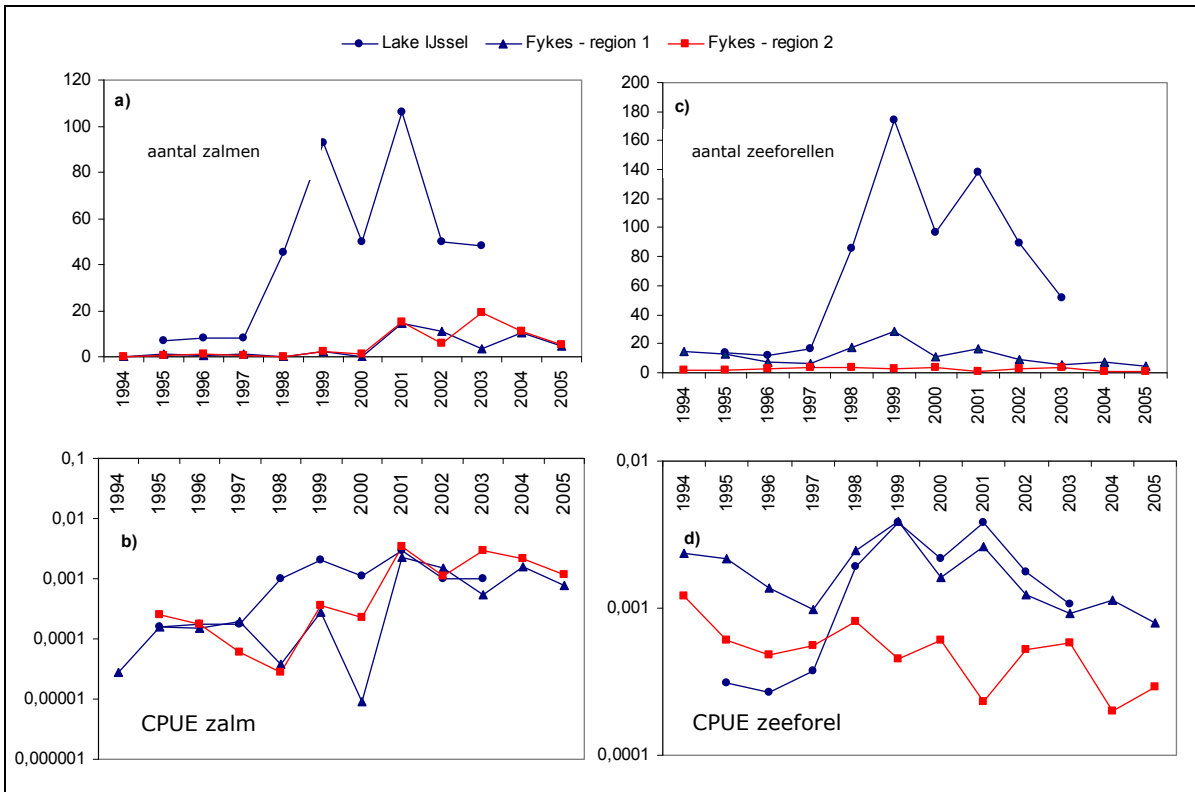
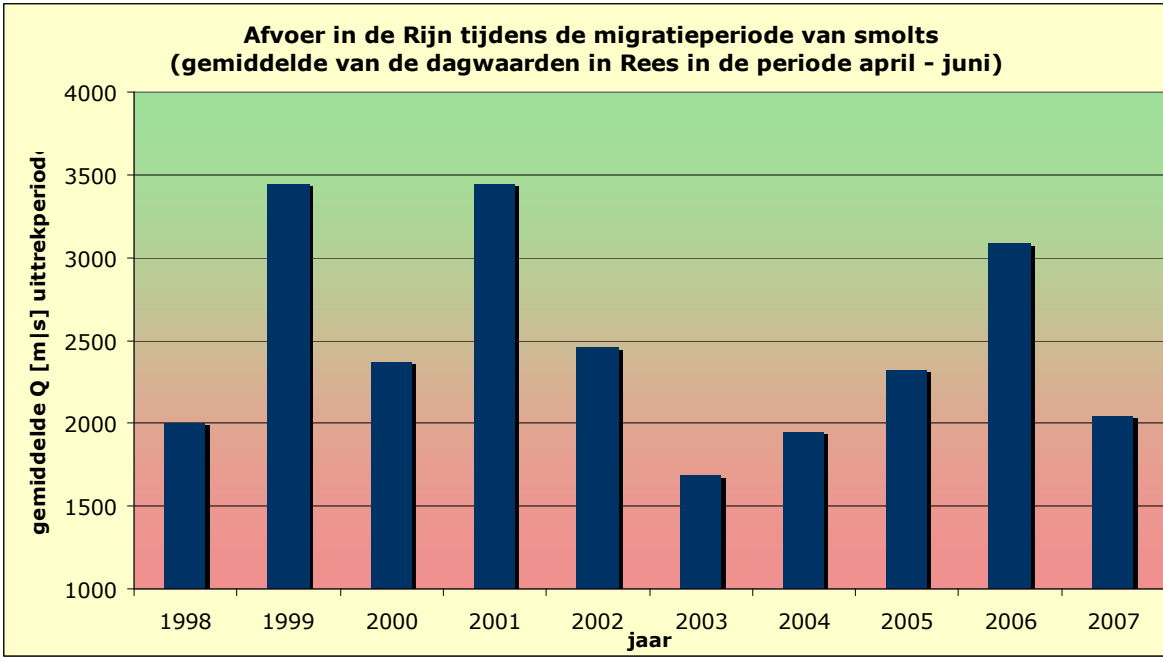


Fig. 14: Gemiddelde voorjaarsafvoer in de Rijn in de jaren 1998-2007 (bovenaan) en getelde smolts in de Rijndelta (uit JURJENS, 2006) (onderaan); Rijndelta: blauwe lijnen = IJsselmeer; CPUE = Catch Per Unit Effort (vangst per eenheid van inspanning)

3.3 Welke invloed heeft de lineaire passeerbaarheid op de trekvispopulaties en hoeveel vissen kunnen er waarschijnlijk terugkeren als in verschillende subsystemen (selectie: Duitse Nederrijn, Middenrijn, Moezel, Main, zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn, Hoogrijn) geschikte paaigronden en opgroeihabitats bereikbaar zijn c.q. welke subsystemen of Rijntrajecten hebben het grootste potentieel?

Deze vraag wordt behandeld op basis van een theoretische aanpak die uitgaat van de oppervlakte van de paaigronden en opgroeihabitats.

De effecten van migratiehinderende kunstwerken op een populatie zijn zowel afhankelijk van het aantal en de ligging ervan binnen het watersysteem alsook van de mate waarin de hindernis een barrière vormt in de wateren. Beperkingen van de longitudinale passeerbaarheid in de benedenloop van grote wateren (= migratieweg voor de vier doelsoorten) hebben een invloed op de bereikbaarheid van grote subsystemen en moeten dus worden beschouwd als een grotere belasting dan hindernissen in de bovenlopen (alleen relevant voor de zalm en de zeeforel, in beperkte mate ook voor de rivier- en zeeprik; vgl. tabel 1). Verbouwingsmaatregelen die veel areaalwinst opleveren (uitbreiding van toegankelijke voortplantings- en opgroei gebieden) voor de doelsoorten dienen vanuit ecologisch oogpunt het eerst te worden uitgevoerd. Van zulke maatregelen hebben andere (meestal potamodrome) soorten ook het meeste profijt.

De mogelijkheden om zichzelf in stand houdende populaties van anadrome vissoorten te herstellen, slinken in theorie met het aantal knelpunten (als het barrière-effect niet helemaal is weggenomen) en vooral met het aantal waterkrachtcentrales op de migratieweg. Deze afname vindt zijn oorzaak in de cumulatieve effecten (barrière-effect, sterfte) van meerdere, opeenvolgende waterkrachtcentrales of stuwen (incl. afsluitdammen aan de kust) op de populaties. Omdat de gegevens voor het Rijnsysteem niet volledig zijn en er geen algemeen geldende uitspraken kunnen worden gedaan over de functionaliteit van intrekvoorzieningen op specifieke locaties en over de sterfte in turbines wordt het potentiële, cumulatieve effect van een aaneenschakeling van kunstwerken op het migrerende deel van een populatie vandaag meestal *a priori* ingeschat met theoretische waarden (verliezen per knelpunt in procent). Benadrukt dient wel te worden dat het mortaliteitsrisico sterk varieert afhankelijk van de locatie en de afvoer en dat extrapolaties van cumulatieve effecten op basis van theoretische aannames slechts geschikt zijn voor een eerste beoordeling.

Het directe verband tussen natuurlijke voortplanting door terugkeerders en vooruitgang in de verbetering van de passeerbaarheid van de wateren is voor de zalm al weergegeven in tabel 2. In tabel 3 worden de paaigronden van de vier doelsoorten weergegeven verwijzend naar de watergebieden. In tabel 15 (hfst. 4.2.5) wordt het verband verduidelijkt tussen de opwekking van hydro-elektriciteit (aantal wkc's in het gehele stroomgebied en in de afzonderlijke projectwateren; inschatting van de sterfte) en de actuele voortgang van de projecten (bereikbaarheid van de habitats, vastgestelde voortplanting en inschatting van het voortplantingssucces in 2008 zoals aangegeven in tabel 2).

Habitatpotentieel

Zalm en zeeforel

Paaiplaatsen nemen slechts een oppervlak van 2 tot 10 m² in. In wateren die geschikt zijn voor voortplanting vormt daarom over het algemeen niet zozeer de beschikbaarheid van paaigebied, maar eerder de beschikbaarheid van goed opgroei gebied de beperkende factor voor de smoltproductie (regulerende factoren zijn de populatiedichtheid, het voorhanden zijn van structuren die dekking bieden en de aanwezigheid van voedsel). De berekeningen verderop in de tekst hebben dan ook betrekking op opgroei gebied.

Voor een inschatting van het habitatpotentieel van de zalm werd gebruik gemaakt van bestaande gegevens van de ICBR. Een aantal gegevens is aangevuld en/of aangepast aan nieuwe inzichten. Daarbij zijn de volgende toelichtingen van belang:

De inschatting is gebaseerd op een puur theoretische aanpak. Ingeschat worden de zones die qua substraatsamenstelling en stroomsnelheden potentieel geschikt zijn als habitat voor de zalm en de zeeforel. De productiviteit van de verschillende habitats kan uitgaande van de beschikbare gegevens niet of – in een eerste stap – slechts voor een paar wateren met jonge vissen uit natuurlijke voortplanting gedifferentieerd worden bekeken. De productiviteit (of de kwalitatieve geschiktheid) van afzonderlijke rivieren of riviertrajecten hangt in principe af van verschillende andere factoren, zoals het temperatuurregime, inter- en intraspecifieke concurrentie door coëxisterende soorten of soortgenoten, predatiedruk (vissen, avifauna), beschikbaarheid van *in-stream*-toevluchtsoorten, afvoerregime en aanwezigheid van voedsel. Net zoals de genoemde factoren zelf is ook de productiviteit van riviertraject tot riviertraject en van jaar tot jaar aan grote schommelingen onderhevig. Er kan van worden uitgegaan dat de “klassieke” voortplantingshabitats in het vlagzalmgebied en de onderste zone van het forellengebied over het algemeen morfologisch en hydrologisch prima geschikt zijn. Over de *huidige* geschiktheid van de habitats in de hoofdstroom van de Rijn (zie hieronder) zijn echter slechts brokstukken bekend uit historische beschrijvingen en sporadisch vastgestelde voortplanting.

Het potentieel van de hoofdstroom van de Rijn zelf als voortplantingsgebied voor de zalm is tot dusver buiten beschouwing gelaten. In tegenstelling tot wat in de omvangrijke (door Angelsaksische en Scandinavische onderzoeken in wateren van kleine en middelgrote omvang gedomineerde) literatuur te vinden is, lijkt de soort wat de keuze van zijn paaigrond betreft heel wat flexibeler te zijn dan tot nu toe werd aangenomen. Veel deskundigen geven een *maximale* diepte aan voor de paaigronden (range: minimaal 17, maximaal 76 cm of < 100 cm) (vgl. Armstrong *et al.*, 2003 voor een overzicht). Deze gegevens zijn – bij wijze van grenswaarden – ook meegenomen in inschattingen van habitatgebieden en noodzakelijke oppervlakken in onze contreien, zoals bijv. in het milieueffectonderzoek voor de vernieuwing van de vergunning van de krachtcentrale Kembs (SCHNEIDER & JORDE, 2003) en in de inschattingen van de beschikbare oppervlakken in het kader van de ICBR (2007). Volgens de huidige inzichten zijn de paaimogelijkheden in grote rivieren echter hoegenaamd niet beperkt tot de ondiepe delen van de rivier. Integendeel, als het substraat de juiste eigenschappen vertoont, kunnen paaihabitats voorkomen tot een diepte van wel 200 cm (vgl. SCHNEIDER, 2005). Dat zulke habitats in het verleden ook in de Rijn (hier: de Hoogrijn) een belangrijke rol speelden als paaigrond wordt duidelijk uit de autobiografie van de natuuronderzoeker Robert Lauterborn (1869-1952) (LAUTERBORN, 2009). Over paaiende zalmen in de Hoogrijn is daar het volgende te lezen: *“Precies dit traject bood bij mijn bezoeken in 1908 – 1911, in de laatste dagen van november, een heel andere aanblik. Overal waren toen bij een watertemperatuur van 9,2°C de zalmen volop aan het paaien. De talrijke paaibedden, wel 3 m lang en 1 m breed, waren in de Rijn tussen Rhinau en Ellikon uitsluitend aangelegd op losse, niet te grove grindbanken aan de oever, op een diepte van ongeveer 1,5 tot 2 m, maar nooit op “de zwarte grond”, zoals de vissers deze vuistgrote keien uit de diepte van de wateren noemen die met donkergroen mos overwoekerd door kalkwieren zijn samengeklit tot vaste kalksteenbanken.”* Vergelijkbare habitats bestaan blijkbaar ook nog in de Duits-Franse Bovenrijn. HARTMANN (2008, mondelinge mededeling) heeft het over “hoogst waarschijnlijk” op natuurlijke wijze uitgekomen jonge zalmen (vastgesteld werd de LC 0+) benedenstrooms van de stuw Iffezheim; vermoed wordt dat de paaigronden aan de buitenkanten van de kribvakken liggen. Omdat hier sprake was van een ruimtelijk geïsoleerde aanwezigheid van meerdere individuen en een verspreiding van de leeftijdscategorie 0+ over meerdere kilometers in de Rijn kan worden uitgesloten, is immigratie vanuit de zijrivieren niet erg realistisch (voor het verspreidingsgedrag van jonge zalmen in de zijrivieren van de Rijn zie o.a. SCHNEIDER, 1998). Bovendien is er informatie van verschillende beroepsvissers uit de eerste helft van de 20^e eeuw waaruit blijkt dat

zalmen vroeger paaiden op de grindbanken en aan de kribhoofden in de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn (vgl. verzameld historisch materiaal in BARTL *et al.*, 1993). Daarom kan er met zeer grote waarschijnlijkheid worden uitgegaan van een natuurlijke voortplanting benedenstrooms van Iffezheim.

LAUTERBORN vermeldt verder dat de zalm (en ook de anadrome prik) druk gebruik maakte van kwelbeekjes als paaigrond en opgroeihabitat; hier liggen ook vandaag nog intacte en waardevolle habitats van aanzienlijke grootte.

Dat betekent dat de potentiële paai- en opgroeihabitats in de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn en in de Hoogrijn, in tegenstelling tot de inschattingen tot dusver, in geen geval beperkt lijken te zijn tot de oude loop en de zijrivieren van de Rijn (hoewel hier waarschijnlijk – afgezien van de kwelbeekjes – de productiefste habitats liggen); alleen uitgaan van deze gebieden zou leiden tot een onderschatting van het habitatoppervlak. Volgens een ruwe schatting (> 30 km geschikte wateren, oeverzone telkens 10 tot 20 m) zou in de oude loop van de Rijn, in de hiermee in verbinding staande uiterwaarden en buiten de gestuwde gebieden tussen Straatsburg en de monding van de Ergolz een extra habitatgebied van minstens 60 – 120 ha liggen waar tot dusver geen rekening mee is gehouden; onder Iffezheim komt daar waarschijnlijk nog minstens 50 ha bij. Vanuit deze optiek zou in een uitgebreide berekening ook rekening moeten worden gehouden met de zo goed als passeerbare Hoogrijn (BAFU, 2008). Van een dergelijke berekening is met het oog op het projectgebied dat wordt bekeken in dit onderzoek echter afgezien. (De geschikte extra gebieden aan de Hoogrijn beslaan vermoedelijk een oppervlak van circa 100 ha.)

Voor de morfologisch gezien bijzonder geschikte oude loop van de Rijn is gebruik gemaakt van de seizoensgebonden afvoervariaties (60 m³/s tijdens de paaiperiode, 90 m³/s in de zomer) die worden voorgesteld in de habitatsimulatie van SCHNEIDER & JORDE (2003). Volgens de aangegeven oppervlakteaandelen, die zijn geëxtrapoleerd op basis van het aandeel van de morfologische typen, beschikt de oude loop van de Rijn (na de vernieuwing van de vergunning van de krachtcentrale Kembs) over ca. 23 ha paaigrond en 88 ha opgroeihabitat (schatting tot dusver: 64 ha). Omdat hier nog geen extra verbeteringsmaatregelen aan de habitats (storten van grind, verhogen van de dynamiek) in zijn meegerekend, kunnen de waarden worden beschouwd als minimumwaarden; het feitelijke habitatpotentieel van de oude loop van de Rijn is waarschijnlijk groter dan 100 ha.

Bij de inschatting van het habitatoppervlak in de zijrivieren van de Moezel werd tot dusver in het geheel geen rekening gehouden met meerdere zijriviertjes (o.a. de Baybach) en met de historische zalmwateren Elz, Uessbach, Alf, Enz en Kleine Dhron die voor het merendeel worden vermeld in SEILER (1999); de grotere zijrivieren Salm, Ruwer en Dhron werden tot nu toe slechts in zeer beperkte mate in aanmerking genomen (alleen de benedenlopen) (vgl. SEILER, 1999 en “Kaart historische zalmwateren” van de ICBR, 2007). Alleen de relatief kleine Elz, een rivier die thans wordt gebruikt voor zalmuitzet (SCHNEIDER, 2008), beschikt over een geschikt oppervlak van circa 8 ha. Het totale oppervlak van alle historisch bevolkte zijrivieren die in aanmerking komen voor de zalm bedraagt ongeveer 100 ha (schatting van de ICBR in 2007: 18 ha en in 2004: 86 ha).

Voor de Ahr werd tot nog toe uitgegaan van slechts 6 ha. Volgens het LUWG (2008) is het areaal dat de zalm alleen al in Rijnland-Palts kan gebruiken *minstens* 67 ha groot. Met de bovenloop van de Ahr in Noordrijn-Westfalen erbij kan volgens een voorzichtige schatting een habitatoppervlak van circa 80 ha worden verondersteld; de ICBR (2004) geeft zelfs 90 ha aan.

In het Siegsysteem werden de projectwateren Nister, Wisserbach, Elbbach en Asdorf niet meegerekend. Alleen al de Nister, de grootste zijrivier, beschikt over een bruikbaar areaal van 27 ha (LUWG, 2008). De oorspronkelijke raming van 168 ha (ICBR, 2007) werd op basis van een berekening van INGENDAHL (schriftelijke mededeling) opgetrokken tot 190 ha.

Aan de kleinere zijrivieren van de Rijn Nette, Wisper en Oos, waar tot dusver evenmin rekening mee is gehouden, werd afhankelijk van de grootte van het stroomgebied een habitatooppervlak tussen 2 en 10 ha toegeschreven.

Tabel 6 geeft een overzicht van de beschikbare habitatgebieden (voor zalm en zeeforel). Het overzicht is gebaseerd op de door de ICBR gepubliceerde gegevens (ICBR, 2007). Niet-plausibele (bijv. Ahr), onvolledige (zijrivieren van de Moezel, Siegsysteem) of ontbrekende gegevens (bijv. Nette, Wisper, Oos, hoofdstroom van de Rijn) worden apart behandeld in een berekening van het bureau BFS. De (eerder voorzichtige) oppervlakte-inschatting van 88 ha voor de oude loop van de Rijn werd overgenomen uit SCHNEIDER & JORDE (2003).

Tab. 6: Habitatgebieden (potentiële opgroeihabitats in hectare) voor de zalm in het Rijnsysteem volgens ICBR (2007) en BFS (2008); in de berekening is geen beoordeling van de habitatkwaliteit meegenomen.

* Illsysteem: bevat 23,2 ha in de Thur en de Lauch waarvoor geen herstel van de bereikbaarheid is gepland.

Rijntraject	ICBR-lijst	BFS-lijst	ICBR-berekening 2007	Traject-totaal	BFS-berekening 2009	Traject-totaal
Duitse Nederrijn	Wupper-Dhünn Siegsysteem	Wupper-Dhünn Siegsysteem	25 168	193	25 190	215
Middenrijn	Ahr Saynbach Lahn: Mühlbach zijrivieren van de Moezel (D) Sauer (Lux, D) Mainsysteem	Ahr Nette Saynbach, Brexbach Lahn: Mühlbach, Weil, Dill, Elbbach Wisper zijrivieren van de Moezel (D) Sauer (Lux, D) Mainsysteem	6 8 4 18 70 12	118	80 10 10 19 2 100 70 12	303
Duits-Franse Bovenrijn onder Straatsburg	Alb Murg Rench Ill* Kinzig	Alb Murg Oos Rench Ill* Kinzig hoofdstroom van de Rijn	10 36 11 64 68	189	10 36 5 11 95 68	275
Rijn boven Straatsburg	Elz-Dreisam oude loop van de Rijn Wiese Birs Ergolz	Elz-Dreisam oude loop van de Rijn Wiese Birs Ergolz hoofdstroom van de Rijn incl. uiterwaardwateren	59 64 24 17 3	167	59 88 24 17 3 60	251
			667		1044	

Op de figuren 15 en 16 is het door BFS vastgestelde oppervlak van de gebieden aangegeven in hectare en als aandeel van de stroomgebieden. Hieruit blijkt dat het potentiële habitatgebied c.q. de potentiële smoltproductie bovenstrooms van de stuw Straatsburg ca. 24% van het totaal voor de Rijn uitmaakt. Het gebied is momenteel echter nog niet bereikbaar. De Duits-Franse Bovenrijn inclusief zijrivieren benedenstrooms van Straatsburg biedt vergelijkbaar grote oppervlakteaandelen en is gedeeltelijk al toegankelijk. De systemen van de Sieg en de Wupper-Dhünn (Duitse Nederrijn) zijn goed voor 21% van het totale geschikte habitatgebied in het Rijnsysteem. Hiervan is minder dan een derde bereikbaar (met het Ruhrstelsysteem, de grootste voormalige zalmrivier, is geen rekening

gehouden, omdat het als gevolg van het grote aantal stuwwerken niet wordt behandeld in het trekvisprogramma van Noordrijn-Westfalen). Het nog niet bereikbare Moezelsysteem (incl. subsysteem van de Sauer) levert 16%; de overige Middenrijn, die grotendeels al toegankelijk is, 12%. De benedenloop van de Main (alleen het deel in Hessen werd beoordeeld) beschikt over een zeer klein oppervlakteaandeel van slechts 1%.

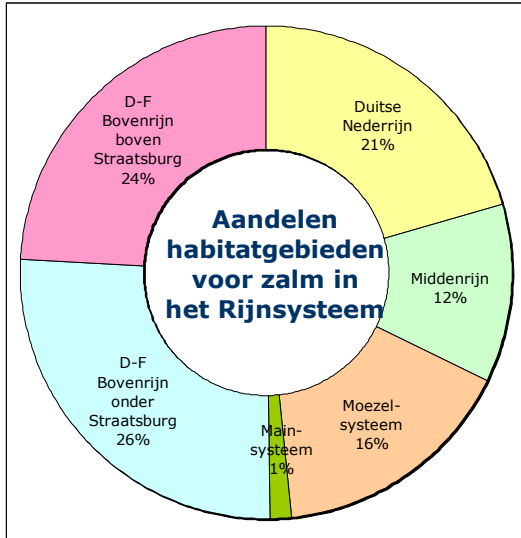


Fig. 15: Aandelen habitatgebieden (potentiële paai- en opgroeihabitats) voor zalm en zeeforel in het Rijnsysteem benedenstrooms van de Hoogrijn uitgesplitst naar stroomgebieden. (Vgl. fig. 16 voor een gedifferentieerde weergave van het aandeel van de verschillende zijrivieren en van de hoofdstroom van de Rijn). In de berekening is geen beoordeling van de habitat*kwaliteit* meegenomen. In de Duits-Franse Bovenrijn boven Straatsburg en in het Moezelsysteem (totaal aandeel in het habitatoppervlak: 41%) liggen de meeste migratiebarrières.

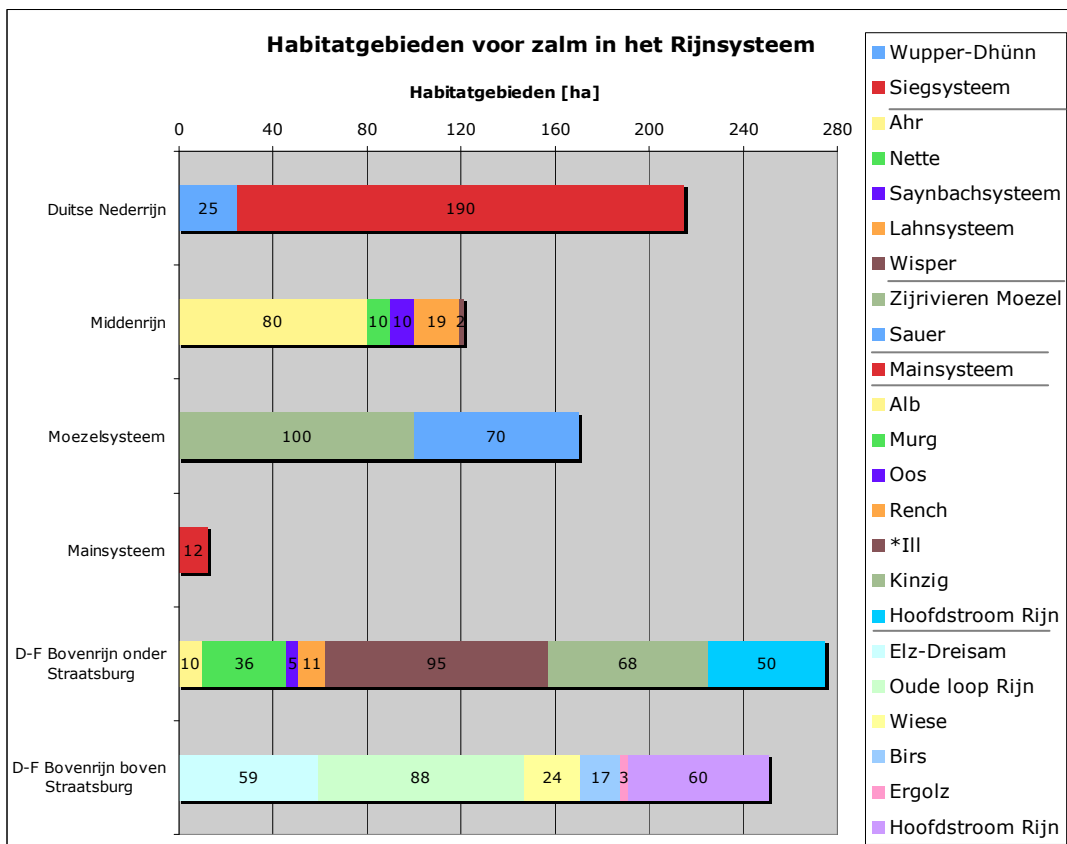
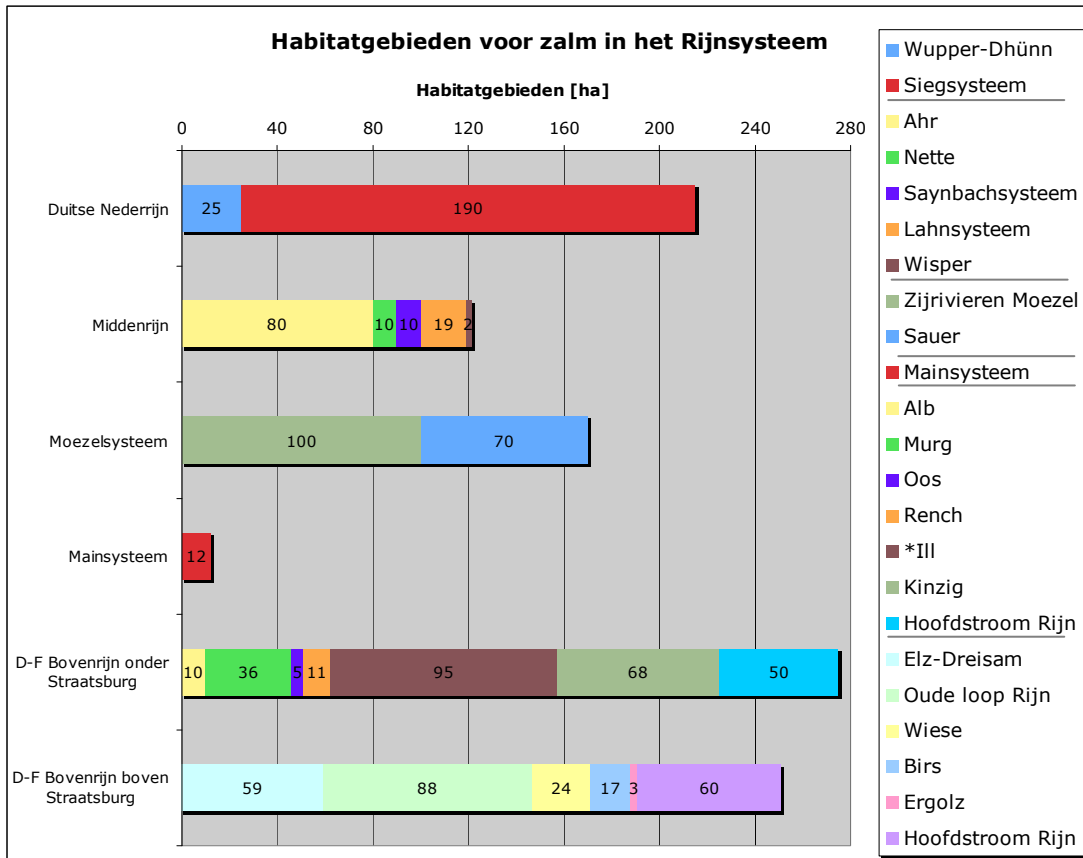


Fig. 16: Bereikbare (bovenaan) en bestaande (onderaan) habitagebiiden (potentiële paai- en opgroeihabitats) voor zalm en zeeforel in het Rijnsysteem uitgesplitst naar stroomgebieden en zijrivieren (in hectare) *III: hier inclusief de zijrivieren Thur en Lauch, waarvoor geen herstel van de bereikbaarheid is gepland). In de berekening is geen beoordeling van de habitatkwaliteit meegenomen.

In figuur 17 wordt weergegeven hoe groot de potentiële smoltproductie is wanneer alle habitats bereikbaar zijn. Uitgegaan wordt van een geschatte smoltproductie van 1.000 individuen per hectare opgroei habitat (vgl. SCHULTZ, 2006; INGENDAHL, 2007). Tabel 7 toont voor de verschillende stroomgebieden de natuurlijke smoltproductie die nu mogelijk is en de natuurlijke smoltproductie en het aantal terugkeerders (terugkeerpercentage: 3%) die potentieel kunnen worden bereikt als de passeerbaarheid wordt hersteld en er binnen de stammen een succesvolle aanpassing plaatsvindt.

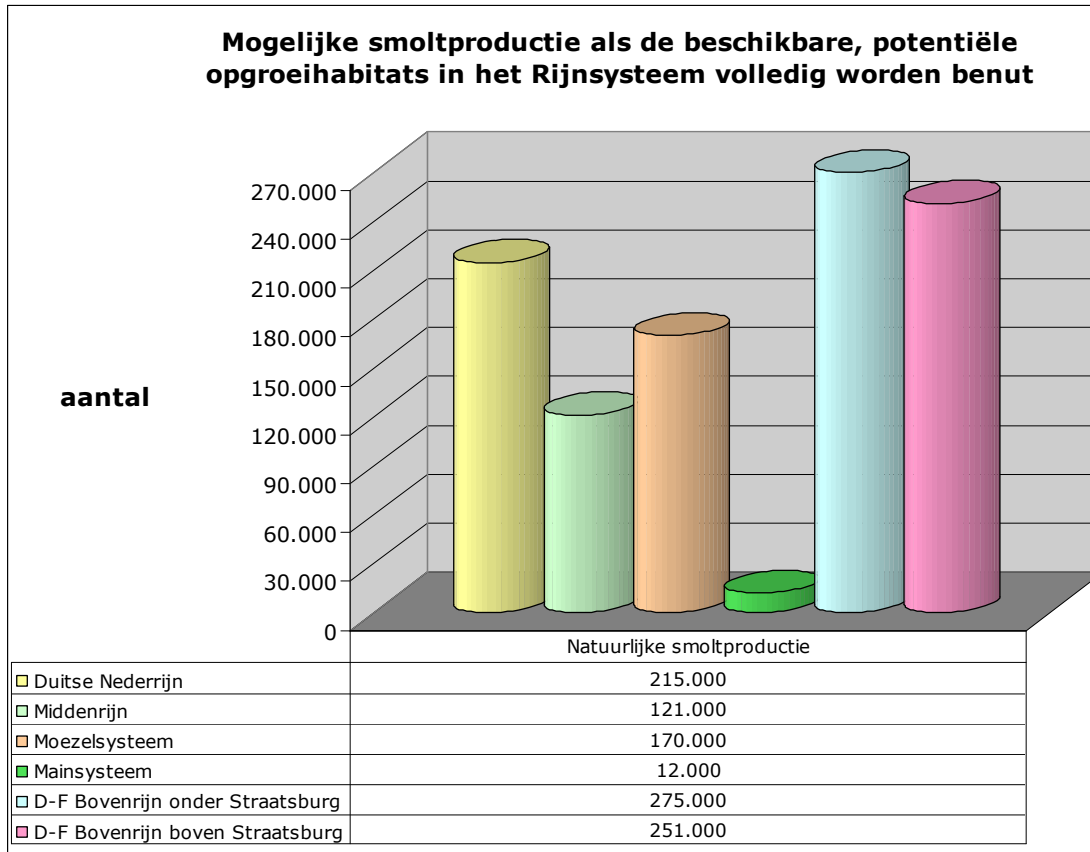


Fig. 17: Natuurlijke smoltproductie die in theorie mogelijk is als alle habitatgebieden worden benut (bij 1.000 zalmsmolts per hectare). In de berekening is geen beoordeling van de habitatkwaliteit meegenomen.

Tab. 7: Potentieel te bereiken natuurlijke smoltproductie en aantal terugkerende vissen per stroomgebied in theorie, in de huidige situatie en als de passeerbaarheid is hersteld. In de berekening is geen beoordeling van de habitatkwaliteit meegenomen.

	Duitse Nederrijn	Middenrijn	Moezel-systeem	Main-systeem	D-F Bovenrijn onder Straatsburg	Rijn boven Straatsburg	Σ
Theoretisch mogelijke smoltproductie (ind.)	215.000	121.000	170.000	12.000	275.000	251.000	1.044.000
Momenteel bereikbare oppervlakteaandelen [%]	30	> 70	0	0	30	0	
Momenteel mogelijke smoltproductie (ind.)	64.500	84.700	0	0	82.500	0	231.700
Potentiele extra smoltproductie (ind.)	150.500	36.300	170.000	12.000	192.500	251.000	812.300
Potentiele extra smoltproductie [%]	70	30	100	100	70	100	78
Theoretisch mogelijk aantal terugkeerders bij een terugkeerpercentage van 3%	6.450	3.630	5.100	360	8.250	7.530	31.320

Het te verwachten **overlevingspercentage van ei tot smolt** is onder andere afhankelijk van de productiviteit van de wateren. In productieve wateren bestaat de groep uittrekkende vissen bijna uitsluitend uit een- en tweejarige smolts; jonge zalmen van noordelijke populaties moeten daarentegen meestal twee tot vijf jaar in zoet water doorbrengen voor ze smoltificeren en als gevolg van het langere verblijf in zoet water is de mortaliteit hoger. De overleving schommelt tussen 0,2 en 3,2% en bedraagt gemiddeld 1,5% (HUTCHINGS & JONES, 1998). Voor de relatief productieve wateren van het Rijnsysteem met een snelle opeenvolging van generaties (uittrek na één of twee jaar) kan worden uitgegaan van een overleving van circa 2% (vgl. www.atlanticsalmontrust.org/salmonfacts/salmonbiology.html).

De **terugkeerpercentages vanaf het smoltstadium** tot het bereiken van de paaigronden (terugkeerders) lopen ook sterk uiteen. In de literatuur zijn de volgende waarden te vinden:

- ⇒ ca. 5% overleving van smolt tot grilse (gemiddeld) (DEMPSON *et al.*, 2001)
- ⇒ 7,4% (1,3 – 17,5%) overleving van smolt tot grilse, analyse van 275 populaties uit het hele verspreidingsgebied (HUTCHINGS & JONES, 1998)
- ⇒ 7,7% (3,1 – 12,0% voor Burrishoole-wildsmolts; 2,4% (0,5 – 6,7%) voor Burrishoole-ranchingsmolts, hoog aandeel grilse (jaarrapporten van het Salmon Research Agency of Ireland uit 1970-1998, in: CROSS *et al.*, 2007)
- ⇒ Terugkeerpercentage van 0,17% (1 ZW plus 2 ZW) voor smolts die in 2005 zijn *uitgezet* in de Penobscot River (Verenigde Staten); voor de 2 ZW-zalmen bedroeg het terugkeerpercentage 0,12%. Er is *geen* sprake van een zichzelf in stand houdende populatie. De overleving van de smolts uit de Penobscot correleert sterk met de overleving die is vastgesteld in andere herintroductieprogramma's in de Connecticut en de Merrimack. In de Narraguagus River, de laatste van acht Amerikaanse rivieren met een natuurlijke zalmpopulatie, zijn de terugkeerpercentages voor wildsmolts en smolts uit eerdere uitzetmaatregelen vijf tot tien keer zo hoog; desalniettemin wordt de populatie als ernstig bedreigd beschouwd en met uitzetmaatregelen ondersteund (www.nefsc.noaa.gov/sos/spsyn/af/salmon/).
- ⇒ ROCHE (1991) geeft voor de Rijn een betrekkelijk lage streefwaarde van 1,2% aan; de MZW-aandelen zijn evenwel hoog.

Uitgaande van de door de Atlantic Salmon Trust gehanteerde gemiddelde overleving tot leeftijdscategorie 1 (2,8% vanaf eistadium) en leeftijdscategorie 2 (55% vanaf leeftijdscategorie 1) bedraagt de overleving van ei tot smolt ongeveer 2,2% (www.atlanticsalmontrust.org/salmonfacts/salmonbiology.html). Voor vijfduizend eitjes kan een smoltproductiecijfer worden berekend van 109 individuen. Het aantal terugkeerders bedraagt dan bij

- ⇒ een terugkeerpercentage van 1% 1,09 individuen
- ⇒ een terugkeerpercentage van 2% 2,17 individuen
- ⇒ een terugkeerpercentage van 3% 3,26 individuen

Uitgaande van een sex-ratio van 1:1 en een voortplantingssucces voor 75% van de kuitvissen is populatiebehoud pas mogelijk vanaf een terugkeerpercentage van bijna 3% (in dat geval planten 1,22 kuitvissen zich succesvol voort). Omdat stagnerende (niet groeiende populaties) geen buffer hebben tegen risico's wordt als managementdoel op lange termijn een **terugkeerpercentage van ongeveer 3%** noodzakelijk geacht (dit doel kan worden bereikt door aanpassingsprocessen in de allochtone stammen, reductie van de visserijdruk, verbetering van de passeerbaarheid en de uittrekcondities, opening van de Haringvlietsluizen, predatorenbeheer, enz.). Echter, onzekerheidsfactoren zoals de daadwerkelijke overleving en het daadwerkelijk aantal eitjes kunnen het noodzakelijke terugkeerpercentage zowel verhogen als verlagen. Bij gemiddeld drieduizend eitjes per kuitvis is bijvoorbeeld een terugkeerpercentage van meer dan 4% nodig om de populatie te behouden; bij gemiddeld zesduizend eitjes per kuitvis kan populatiebehoud al worden bereikt bij een terugkeerpercentage van 2,1%. (Opmerking: In het Siegsysteem produceerden de kuitvissen die werden afgestreeken voor de teeltprogramma's in 2007 en 2008 ongeveer

4.300 – 4.600 levensvatbare oogpunteitjes per individu).

De huidige terugkeerpercentages liggen nog duidelijk onder het managementdoel van 3%.

- ⇒ **Iffezheim** 2000-2005: 0,15% (SCHULTZ, 2006) (aanname: in de vispassage van Iffezheim worden alle terugkerende vissen geregistreerd).
- ⇒ **Sieg** 2007-2008: 0,8% bij uitzet van fingerlings; 0,2% bij uitzet van smolts (gegevens uit de hervangst van gemerkte smolts) (NEMITZ, mondelinge mededeling; gegevens van het LANUV en het Rheinischer Fischereiverband; aanname: in het vangstcontrolestation van de vispassage Sieg/Buisdorf wordt 50% van de terugkerende vissen geregistreerd).

Als de potentiële natuurlijke smoltproductie uit tabel 7 als basis wordt genomen, kunnen bij een geoptimaliseerd terugkeerpercentage van 3% vanaf smoltstadium (= managementdoel op lange termijn dat kan worden bereikt door aanpassingsprocessen in de allochtone stammen, reductie van de visserijdruk, verbetering van de passeerbaarheid en de uittrekcondities, opening van de Haringvlietsluizen, predatorenbeheer, enz.) jaarlijks 20.000 tot 30.000 zalmen terugkeren in het Rijnsysteem (de huidige terugkeercijfers liggen bij uitzet van vroege levensstadia tussen $\geq 0,15\%$ in Iffezheim en $0,8\%$ aan de Sieg, bij uitzet van smolts in de Sieg rond de $0,2\%$). De berekening heeft betrekking op het aantal terugkeerders dat potentieel (zonder beperking van de passeerbaarheid en zonder verliezen als gevolg van de migratieafstand) de *paaigronden* bereikt, d.w.z. dat het potentieel aantal terugkerende vissen in het deltagebied nog groter is.

Ongeveer 24% van het geschikte habitatgebied in het Rijnsysteem ligt *bovenstrooms* van de stuw van Straatsburg.

Zeeprik

Over het habitatpotentieel voor de zeeprik in het Rijnsysteem is tot dusver weinig bekend. Alleen voor de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn (district Freiburg; Elzas) zijn grondige, betrouwbare onderzoeken beschikbaar (CLAIR *et al.*, 2005 over paaigronden; BLASEL, 2008 over habitats voor ammocoetes). De twee onderzoeken volgen elk een andere aanpak, wat betekent dat de resultaten niet direct met elkaar kunnen worden vergeleken. De ammocoetesdichtheid in larvale habitats is variabel, maar over het algemeen zeer hoog (10-113 individuen/m²). Zeeprikken produceren heel veel eitjes, gemiddeld meer dan 210.000 stuks per wijfje op een grondvlak van ca. 1 – 1,5 m². Dit betekent dat er al bij een klein aantal geschikte paaiplaatsen meerdere miljoenen eitjes kunnen worden geproduceerd. In het algemeen kan dus worden gesteld dat de beschikbaarheid van geschikte habitats voor ammocoetes (banken met fijn sediment) onder het voortplantingsgebied de beperkende factor is.

In de tabellen 8 en 9 worden de resultaten van het onderzoek op een rij gezet. Op de kaart met de potentiële biotopen (ammocoetes, figuur 18) wordt voor de zeeprikpopulatie aangegeven welke uitbreidingsmogelijkheden er zijn wanneer de passeerbaarheid tussen de stuwen in Straatsburg en de oude loop van de Rijn wordt hersteld. Een niet gekwantificeerd potentieel gaat schuil in de Zwitserse zijrivieren, in de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn en in de Hoogrijn, waar de soort vroeger ook van nature voorkwam.

Aandacht wordt gevraagd voor het feit dat de herkolonisatie van de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn en de Moezel door de zeeprik niet afhankelijk is van de beschikbare habitats, maar (ook als gevolg van de grote mariene metapopulatie en het straying gedrag, vgl. hfst. 2) uitsluitend afhangt van het herstel van de longitudinale passeerbaarheid. De optrekcijfers

aan de controlestations Iffezheim en Gamsheim laten in het Rijnsysteem een hoge herkolonisedruk zien. Aanvullende maatregelen ter ondersteuning van deze soort, bovenop de implementatie van de EG-Kaderrichtlijn Water, zijn niet nodig.

Tab. 8: Habitats voor de voortplanting van de zeeprzik in de Bruche

Deel van de Bruche	Momenteel toegankelijk binnen de rivier	Nog niet toegankelijk binnen de rivier
Monding tot Avolsheim	5,06 ha	
Avolsheim tot Schirmeck		14,84
Σ	19,9 ha	

Tab. 9: Opgroeihabitats voor ammoetes in de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn (district Freiburg)

Rivier	Momenteel toegankelijk binnen de rivier	Waarschijnlijk vanaf 2012 toegankelijk binnen de rivier
Renchsysteem	3,1 ha	5,9 ha
Kinzigsysteem	3,5 ha	8,6 ha
Elz-Dreisamsysteem	12,0 ha	12,0 ha
Oude loop van de Rijn	12,6 ha	12,6 ha
Σ	31,12 ha	39,1 ha

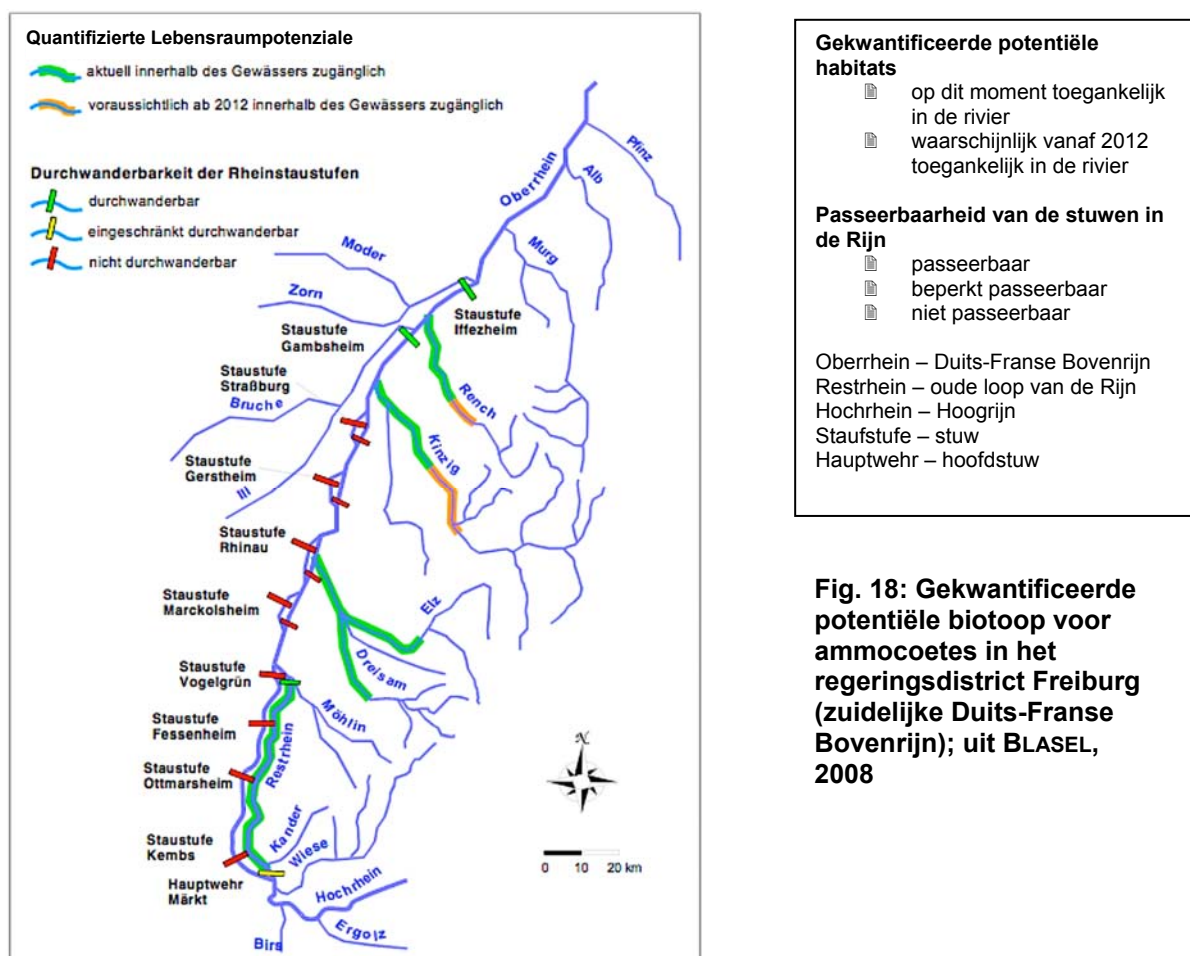


Fig. 18: Gekwantificeerde potentiële biotoop voor ammoetes in het regeringsdistrict Freiburg (zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn); uit BLASEL, 2008

Elft

Voor de herintroductie van de elft is er een EU-Life-project opgestart. Partners in deze samenwerking zijn de ministeries van Milieu van de Duitse deelstaten Noordrijn-Westfalen en Hessen, de HIT-Umweltstiftung, de Rheinfischereigenossenschaft NRW, Sportvisserij Nederland en onderzoekpartners uit Frankrijk (CEMAGREF, Mi.Ga.Do.). De komende jaren zullen er vijf miljoen elftenlarven worden uitgezet in de Rijn. De vissen worden in Frankrijk gekweekt (kwekerij van Mi.Ga.Do.) en voor de uitzetting in de Rijn gemerkt om het succes van de maatregelen te kunnen controleren. De potentiële paaigronden voor de elft zijn tot dusver nog niet nauwkeurig in kaart gebracht. Op basis van excursies met elftdeskundigen uit Frankrijk en de VS kan voorlopig worden gesteld dat diverse riviertrajecten in de Duitse Nederrijn, de Middenrijn en de noordelijke Duits-Franse Bovenrijn als mogelijke paaigrond in aanmerking komen. (BEEK, mondelinge mededeling).

Daarbij komen nog de benedenlopen van de (gerenatureerde) Ahr, de Moezel, de Sieg en de Wupper, evt. ook de monding van de Nahe en de benedenloop van het Illsysteem. Ook de Rench en de Kinzig zijn bereikbaar en waarschijnlijk potentieel geschikt.

Andere potentiële, maar nog niet ontsloten habitats liggen in de Sauer (Moezelsysteem), de middenloop van het Illsysteem (?), de oude loop van de Rijn (grote gebieden), de Elz, de Wiese, de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn en de Hoogrijn.

3.4 Wat is de verhouding tussen de inspanning voor zalmuitzet en het aantal aan controlestations getelde terugkerende vissen (terugkeerpercentage) en welke factoren hebben hierop evt. invloed?

Methode

De verhouding tussen de uitzetinspanning en het aantal terugkerende vissen is vastgesteld aan de hand van zogenaamde *smoltequivalenten*. Met deze smoltequivalenten wordt de uitzet met verschillende levensstadia (van vissenei tot uittrekkende smolt), die in de vrije natuur afhankelijk van hun ontwikkeling en grootte ook een verschillende overleving kennen, gestandaardiseerd. Een smoltequivalent staat voor een zalm die zijn eerste groeifase (uiterlijk vanaf de eerste herfst) al in het wild heeft doorgebracht en op het punt staat uit te trekken. Er kan worden aangenomen dat deze vissen zijn blootgesteld aan *natuurlijke* selectieprocessen, dat hun inprenting op de wateren van herkomst groot is, dat ze over voldoende ervaring in de vrije natuur beschikken (bijv. ervaring met predatoren) en dat ze in goede conditie zijn.

Smolts voor uitzet die zijn gekweekt in aquacultuur vertonen een gebrekkige inprenting op de wateren van herkomst en zijn onervaren in de vrije natuur (ze zijn "naïef"), waardoor ze een lager terugkeerpercentage laten zien (25% t.o.v. zalmen die tot de eerste herfst als leeftijdscategorie 0+ zijn uitgezet; resultaat van langjarige merkexperimenten aan de Sieg en het Wupper-Dhünnsysteem in Noordrijn-Westfalen; verwijzingen naar de bibliografie). Aan kweekzalmen wordt dan ook een lager smoltequivalent toegekend (4 uitzetsmolts = 1 smoltequivalent).

Omdat er voor de vaststelling van smoltequivalenten verschillende methoden waren voorgesteld (weging van verschillende uitzetstadia) hebben Duitse en Franse experts op initiatief van de ICBR op 21 januari 2009 deelgenomen aan een afstemmingsgesprek om het eens te worden over een methode (zie tabel 10). De weging van de stadia die hier wordt voorgesteld, is veelal gebaseerd op gegevens van controlebevissingen in uitzetgebieden en op de overlevingspercentages die uitgaande daarvan zijn berekend. Er dient evenwel te worden opgemerkt dat in een dergelijke gestandaardiseerde weging van de levensstadia slechts in onvoldoende mate rekening kan worden gehouden met factoren als verschillen in de habitatkwaliteit, de kwaliteit van de uitgezette vis, de uitzetdichtheid, enz. *De beschreven smoltequivalenten en de gemeenschappelijke aanpak waarvan ze deel uitmaken, hebben*

daarom slechts een voorlopig karakter. Slechts in een enkel geval (uitzet van niet-bijgevoerd broed) werd onderscheid gemaakt tussen de oude loop van de Rijn en de zijrivieren en werd de weging van de uitzetmaatregelen aangepast aan de bestaande voorlopige inzichten. In een tweede stap van de evaluatie wordt van de berekende smoltequivalenten de zogenaamde “terugkeerprognose” afgeleid (= aantal verwachte terugkeerders uitgaande van de uitzetinspanning in de relevante jaren daarvoor). Daarbij wordt aangenomen dat er een direct verband bestaat tussen het aantal stroomafwaarts trekkende smolts en het aantal terugkerende vissen. De smoltequivalenten zijn voor elk controlestation apart berekend op basis van de uitzetinspanning in de relevante stroomgebieden.

Om een prognose van het aantal terugkerende vissen op te stellen, werd gekeken naar de uitzetmaatregelen vanaf 2002 (begin van de systematische inventarisatie door de ICBR) in de relevante stroomgebieden. Overeenkomstig de uitzetinspanningen in de stroomgebieden is het verwachte aantal terugkeerders in het stroomgebied Gamsheim kleiner dan in het stroomgebied Iffezheim, omdat voor Iffezheim niet alleen de vissen die terugkeren naar het stroomgebied bovenstrooms van Gamsheim worden meegerekend, maar ook de vissen naar het Illsysteem en de Rench.

Voor de prognose is algemeen een terugkeerpercentage van 1% als basis genomen.

Opmerking: Het terugkeerpercentage van 1% is slechts een uitgangspunt voor de werkzaamheden en dient te worden begrepen als *tussendoel dat op middellange termijn moet worden gerealiseerd*, waarbij rekening wordt gehouden met het feit dat in het Rijnsysteem allochtone “donorstammen” worden uitgezet die zich aanpassen aan de “ontvangende wateren”, een selectieproces dat over een onbekend aantal generaties loopt en moet leiden tot een geleidelijke toename van het aantal terugkeerders. Het ontwikkelingsdoel op lange termijn is een terugkeerpercentage van 3% vanaf het smoltstadium (zie hierboven).

Daarnaast moet voor de prognose van het aantal terugkerende vissen van een bepaald jaar de duur van het verblijf in zoet water (aandeel eenjarige en meerjarige smolts) en in de zee (zeewinter) worden geschat. De verblijftijd in zoet water is om praktische redenen vastgelegd op gemiddeld 1,5 jaar (50% eenjarige smolts, 50% tweejarige smolts). Dit is ongeveer het gemiddelde uit verschillende studies die voor smolts een gemiddelde leeftijd hebben vastgesteld tussen 1,2 en 1,8 jaar, afhankelijk van de habitatkwaliteit, de dichtheid van de uitzetting, het stadium van de uitzetting, het tijdstip van de uitzetting en de productiviteit van de wateren. Het aantal winters op zee is afhankelijk van het aantal zoetwaterjaren en van verschillende (meestal onbekende) factoren tijdens de zoutwaterfase. Bovendien verschilt de duur van het verblijf in de zee veelal per populatie: bij de Burrishoolestam domineren grilse (1 zeewinter), bij de Ätranstam heeft een verschuiving plaatsgevonden naar 2-ZW-zalmen en bij de Allierstam domineren de multizeewinter-zalmen (rond 50% 2-ZW-zalmen en 30% 3-ZW-zalmen). Deze stamspecifieke tijdelijke component in de terugkeerprognose is als volgt meegenomen:

- **Allier:** grilse 20%, 2 ZW 50%, 3 ZW 30% (informatie van SAUMON-RHIN)
- **Ätran:** grilse 40%, 2 ZW 55%, 3 ZW 5% (komt overeen met de Ätranstam en de resultaten in de Sieg, de Saynbach, de Wisper en de Moezel in 2007 en 2008)

In tabel 10 wordt een overzicht gegeven van de gebruikte smoltequivalenten.

Smoltequivalenten: X levensstadia komen overeen met 1 smolt uit vroege uitzet van broed of wilde zalm

Stadium	Stage	Definitie		Biomassa	Maand van uitzet	Smoltequivalent	Smoltmigratie [%]		
		Stadium	Stade				Jaar van uitzet	1e vervolgjaar	2e vervolgjaar
groen ei	Ova green	Grüne Eier	Ovules		3	75,0	0	50	50
oogpuntei	Ova eyed	Eier (Augenpunkt)	Œufs embryonnés		3	60,0	0	50	50
alevin	Alevin	Dottersacklarve	Alevin vésiculé		3	100,0	0	50	50
niet bijgevoerd broed	unfed fry	Brütling (unangefüttert)	Alevin vésicule résorbée	0.15-0.25 g	3 / 4	12,8' / 40	0	50	50
kort bijgevoerd broed	fed fry 2-6 weeks	Brütling (kurz angefütert)	Alevin nourri (en peu de temps)	<0,5 g	4 / 5	20,0	0	50	50
fingerling	Parr summer	Brütling (Sommerparr)	Alevin nourri	0.5-1.2 g	6 / 7	6,0	0	50	50
parr (herfst)	Parr autumn	Parr (Herbst)	Tacon d'automne	8-15 g	9 / 10	5,0	0	50	50
mix van parr 1+ / smolt 1+	Parr 1+ / Smolt 1+ Mix	Parr 1+ / Smolt 1+ Mix	Mélange de tacons 1+ / smolts 1+	<25 g	3 / 4	5,0	50	50	0
parr 1+	Parr 1+	Parr 1+	Tacon 1+	<20 g	3 / 4 / 5	5,0	0	100	0
smolt 1+	Smolt 1+	Smolt 1+	Pré-smolt 1+	>25 g	3 / 4	4,0	100	0	0
smolt >1+	Smolt >1+	Smolt >1+	Pré-smolt > 1+	>25 g	3 / 4	4,0	100	0	0

* alleen oude loop van de Rijn

Stam	Verblijftijd in de zee	Terugkeerpercentage
Allier	1 ZW 20%, 2 ZW 50%, 3 ZW 30%	1%
Ätran	1 ZW 40%, 2 ZW 55%, 3 ZW 5%	1%

Aantal terugkerende vissen en prognoses voor de controlestations

In figuur 19 wordt uitgaande van smoltequivalenten weergegeven welk aandeel het getelde aantal terugkeerders inneemt t.o.v. het voorspelde aantal terugkeerders (jaren 2006-2008). De berekende aandelen vertonen de volgende overeenkomsten:

- i. De prognose werd aan geen enkel controlestation bereikt, hoewel slechts een laag terugkeerpercentage van 1% is genomen.
- ii. De aandelen terugkerende vissen in de Sieg kwamen bijna elk jaar het dichtst bij de prognose (uitzondering: de Moezel in 2008).
- iii. Het verschil tussen de Sieg en de andere controlestations was het grootst in 2007.
- iv. Het aandeel van Iffezheim lag in 2006 en 2007 op het niveau van Gambenheim.
- v. Het aandeel van Gambenheim was in 2008 hoger dan het aandeel van Iffezheim.

i.

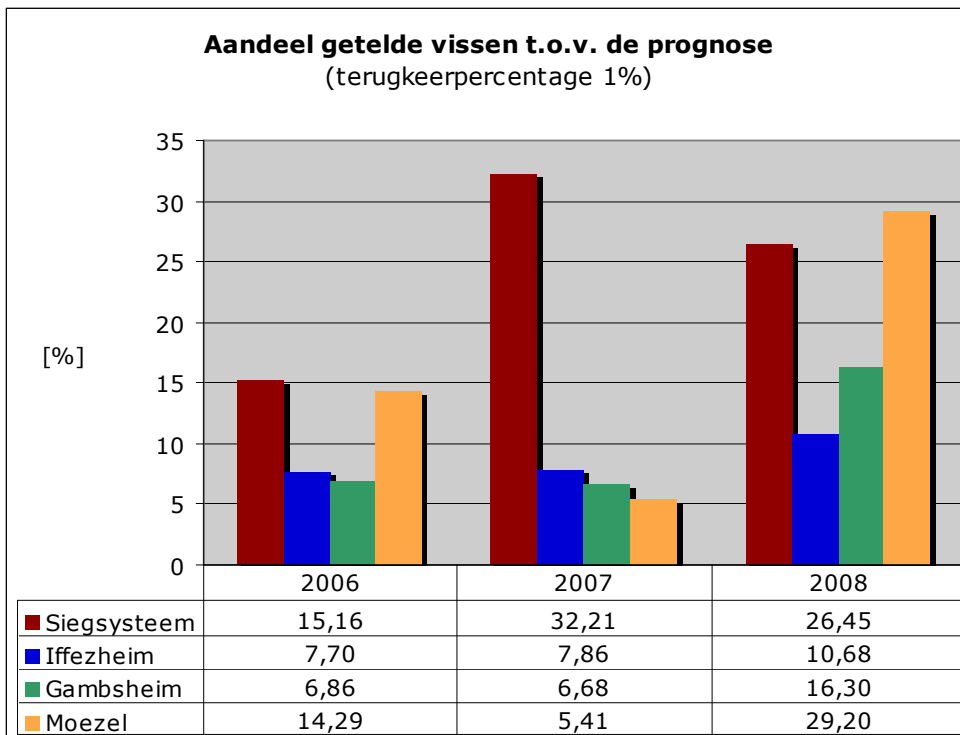


Fig. 19: Uitzetinspanning voor de zalm en resultaten van de berekening van de aandelen waargenomen terugkerende vissen t.o.v. de prognose; vgl. tabel 10 (stand: 31 december 2008). Voor de prognose is steeds een terugkeerpercentage van 1% als basis genomen.

Interpretatiemogelijkheden

Vergelijking van de controlestations Iffezheim : Gamsheim

Het bouwtype van beide controlestations is min of meer hetzelfde. Beide stations hebben drie inzwemopeningen die als gevolg van hun plaatsing door vissoorten met verschillende zwemcapaciteit worden gebruikt. Een belangrijk onderscheid bestaat in het hoogteverschil van de bekkens (Iffezheim: 30 cm; Gamsheim: 25 cm) en de hieruit voortvloeiende hydraulische belastingen. De optrekcijfers voor de hele visfauna zijn in Gamsheim duidelijk hoger dan in Iffezheim (fig. 20; vgl. tab. vistelling in de bijlage).

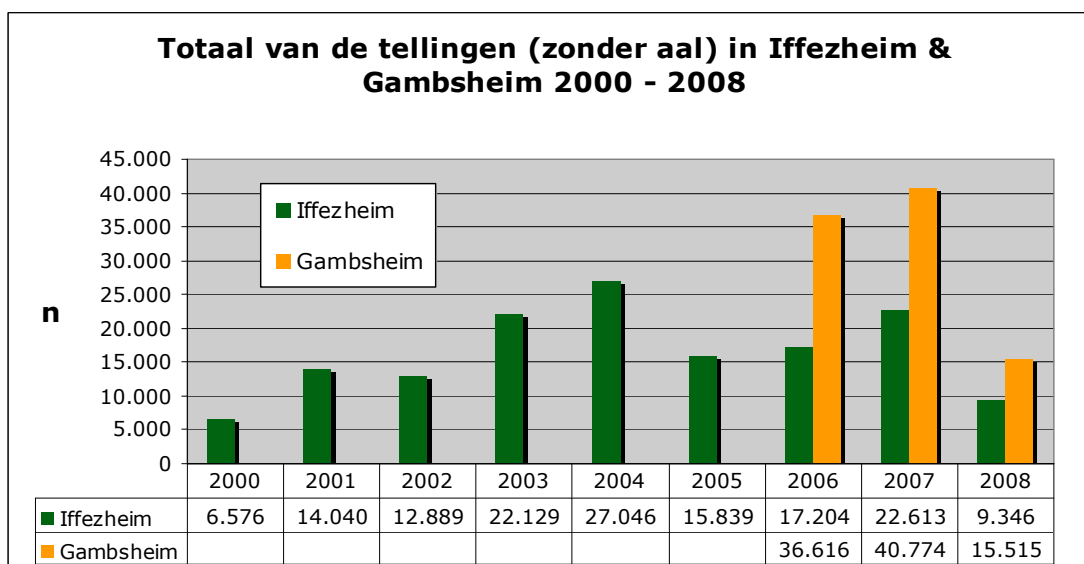


Fig. 20: Totaal van de getelde vissen in Iffezheim en Gamsheim (stand: 31 december 2008; er werd geen rekening gehouden met de aal)

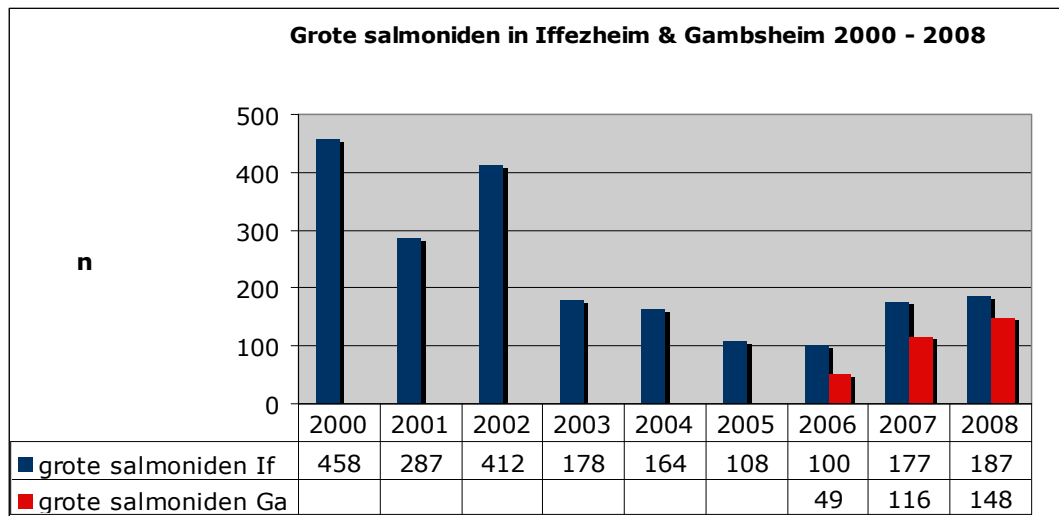


Fig. 21: Getelde grote salmoniden in Iffezheim en Gamsheim (stand: 31 december 2008)

Wat opvalt is dat typische potamodrome soorten met een gemiddelde zwemcapaciteit, zoals bijv. de brasem en de blankvoorn, in Iffezheim veel minder vaak worden geregistreerd dan in Gamsheim. Maar ook goede zwemmers, zoals de barbeel en de sneep, worden in Iffezheim minder vaak vastgesteld (aandelen Iffezheim t.o.v. Gamsheim voor de barbeel: 75% en voor de sneep: 51%). Dat deze soorten de vispassage Iffezheim minder goed zouden kunnen passeren, is weinig waarschijnlijk. Het lijkt er eerder op dat alternatieve optrekroutes (zoals bijv. sluizen, zie hieronder), een gebrek aan motivatie (omdat er benedenstrooms van Gamsheim geschikt paaigebied ligt) en de moeilijkheden bij het vinden van de opening van de vispassage van Iffezheim hier een rol spelen. Omdat er op dit traject, dankzij de toevoeging van bodemmateriaal benedenstrooms van Iffezheim, uitgestrekte en kwalitatief uiterst geschikte grindhoudende paaigronden zijn ontstaan, kan ervan worden uitgegaan dat deze vissoorten benedenstrooms van Iffezheim daadwerkelijk minder gemotiveerd zijn om verder stroomopwaarts te trekken dan in Gamsheim. Dit geldt echter niet voor de goed zwemmende roofblei, omdat van deze soort aan beide vispassages nagenoeg hetzelfde aantal individuen wordt geteld. Dit pleit tegen de stelling dat de vispassage van Iffezheim moeilijker te vinden is dan die van Gamsheim.

In Iffezheim worden er vooral meer zeeprikken (fig. 23) aangetroffen dan in Gamsheim, maar dit kan worden verklaard door de paaimogelijkheden tussen de controlestations (Rijn, zijrivieren). Van een verhoogde selectiviteit van de vispassage Gamsheim ten nadele van de zeeprick kan niet worden uitgegaan.

Voor grote salmoniden zijn de verschillen klein (fig. 21, tab. 11); ook deze verschillen kunnen voldoende worden verklaard door het feit dat stroomgebieden van verschillende omvang zijn bekeken en – voor de zalm – door de uiteenlopende uitzetinspanning in de stroomgebieden. Volgens de prognose van 2006-2008 zou 50% van de terugkeerders die Iffezheim hebben gepasseerd Gamsheim moeten bereiken. In werkelijkheid is na de afronding van dit onderzoek in Gamsheim zelfs 59% van de terugkeerders naar Iffezheim waargenomen. Uitgaande van de huidige gegevens kan dus ten minste voor Gamsheim geen barrièrewerking worden vastgesteld, wat betekent dat er ook voor Iffezheim (met bijna hetzelfde bouwtype) geen indicaties zijn dat de vispassage voor grote salmoniden een barrière vormt.

Tab. 11: Verschil in terugkerende zalmen tussen Gamsheim en Iffezheim; prognose en waargenomen vissen in de periode 2006-2008

Verschil in de prognose Gamsheim t.o.v. Iffezheim [%]	Verschil in de tellingen Gamsheim t.o.v. Iffezheim [%]
49,7	59,0

Interessant voor de beoordeling is ook de vraag naar alternatieve optremogelijkheden via scheepvaartsluizen. M.b.t. het gebruik van sluizen door trekvissen zijn slechts fragmentarische gegevens en individuele waarnemingen beschikbaar. Uit onderzoeken naar de migratie van de zeeforel via sluizen in de Hoogrijn en uit diverse andere tellingen en vangsten kan worden opgemaakt dat sommige soorten – in misschien niet onaanzienlijke aantallen – de sluizen passeren:

- In de winter van 2003/2004 en van 2004/2005 werden in totaal 24 zeeforellen (lengte 54 – 80 cm) uit de vispassage van Iffezheim gezenderd en vervolgens uitgezet in de Rijn bij Huningue en in de oude loop van de Rijn. Resultaat van het telemetrisch onderzoek: stroomopwaarts werd in totaal 21 keer een stuw gepasseerd, vaak via scheepvaartsluizen (de vis loopt wel vertraging op vanwege het ontbreken / beperkt functioneren van vistrappen); stroomafwaarts werd 12 keer een stuw gepasseerd, vermoedelijk meestal via sluizen (vgl. BUWAL, 2004; SAUMON-RHIN, 2005).
- In de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn bovenstrooms van Iffezheim werden tussen 1980 en 1994 zes elften gevangen (BARTL & TROSCHEL, 1997).
- In de vispassage van Gamsheim werden in 2006 en 2007 telkens zes elften en in Iffezheim telkens twee elften geteld (fig. 23).
- In 1999 (voor de ingebruikneming van de vispassage Iffezheim) werd er in de Rench een zalm gevonden.
- In 2002 werd er in het Elzaskanaal een zalm waargenomen, hetzelfde gebeurde in 2003 ter hoogte van Fessenheim.
- In 2008 werd in het bovenpand van de stuw Straatsburg en nabij de monding van de Birs in Bazel telkens één zalm gespot; de zalm in Bazel is – mocht het dier zijn opgetrokken via de beperkt functionerende vispassage aan de stuw Breisach en via de oude loop van de Rijn – in totaal vier stuwen zonder vispassages gepasseerd, als de zalm stroomopwaarts is getrokken via het Elzaskanaal zelfs acht (vgl. fig. 22).
- Het aantal zalmen dat in 2008 in Iffezheim en Gamsheim werd geteld, verschilt in de tijd (soms hogere aantallen in Gamsheim dan in Iffezheim) (vgl. fig. 23).
- Boven de stuw van Straatsburg zijn er meerdere niet-bevestigde vangstmeldingen van hengelaars (zalm en/of zeeforel) bekend.
- In de Moezel (SCHNEIDER, 2007a) en in de benedenloop van de Main (regeringspresidium Darmstadt, 2008, mondelinge mededeling KÖHLER) zijn bovenstrooms van resp. twee en één niet-passeerbare stuw zeeforellen aangetroffen (er zijn wel verouderde stroomopwaartse vismigratievoorzieningen, maar die worden als niet functionerend beschouwd).

Evaluatie:

Door migratie via scheepvaartsluizen kan zich in de bovenloop dan wel *geen* stabiele, voldoende grote zalm populatie vestigen (daarom vormen sluizen ook geen alternatief voor functionerende stroomopwaartse vismigratievoorzieningen), toch zou het optrekpercentage via sluizen zo hoog kunnen zijn dat dit fenomeen tot een significante onderschatting van het terugkeerpercentage leidt en – bijv. in de vergelijking tussen Iffezheim en Gamsheim – een gedeeltelijke verklaring vormt voor het verschil tussen de prognoses en het daadwerkelijke aantal terugkerende vissen (vgl. tab. 11). Misschien is de rechteroeverzone in Iffezheim (=

kant van de sluis) ook aantrekkelijker voor vissen, omdat de monding van de Sandbach aldaar een extra lokeffect genereert.



Fig. 22: Wijfjeszalm in de gestuwde zone rond Straatsburg in mei 2008 (bovenaan) en gehengelde wijfjeszalm in Bazel in oktober 2008 (onderaan)
(Foto's: U. MOSCHBERGER; O. SCHMIDT, Naturhistorisches Museum Bazel)

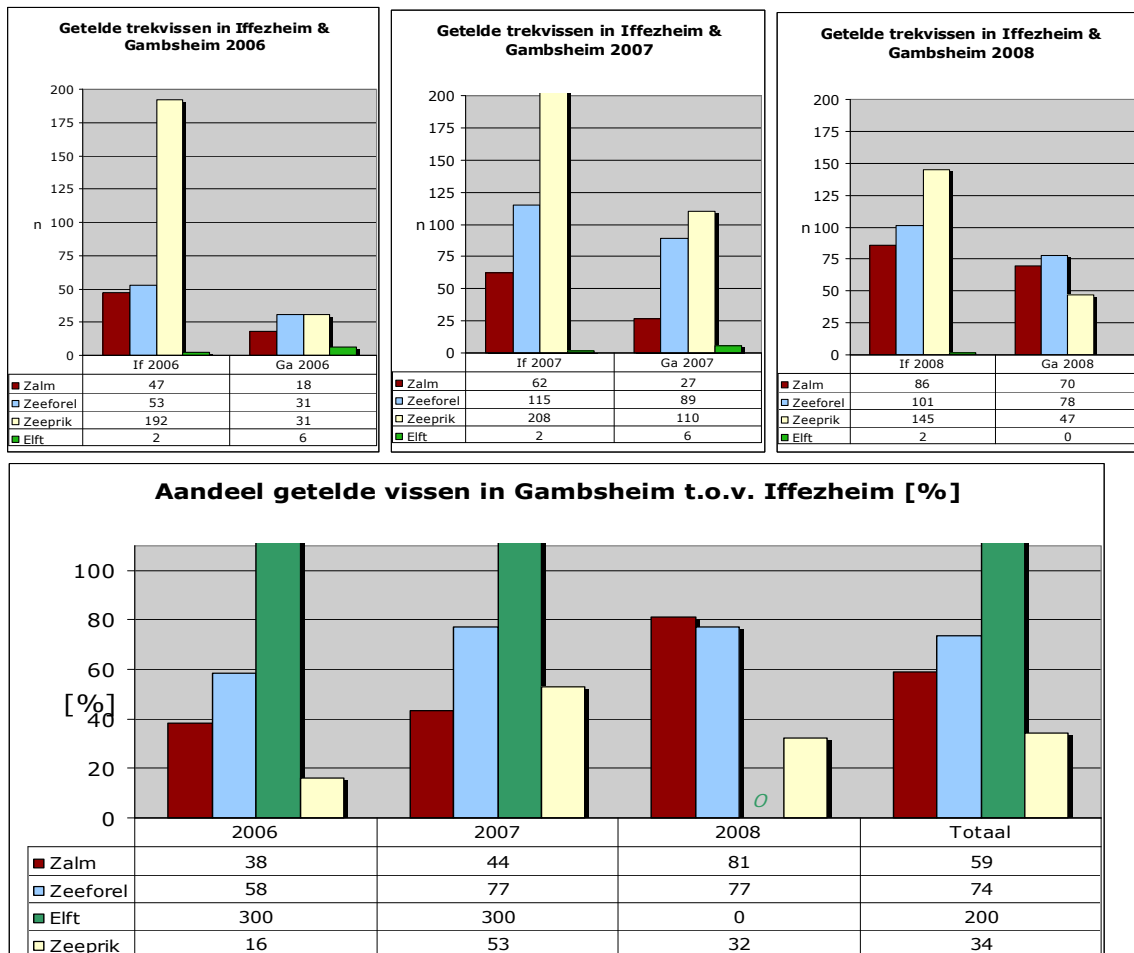


Fig. 23: Getelde trekvissen in de vispassages Iffezheim en Gamsheim in de periode 2006-2008

Indien het vinden van de vispassages problemen oplevert en hiervan dus een barrièrewerking uitgaat, zou niet alleen moeten worden gerekend op grote afwijkingen van de terugkeerprognoses tussen de verschillende locaties, maar ook op aanzienlijke verschillen in het tijdstip waarop zalmen en zeeforellen aankomen in Iffezheim en Gamsheim. Grote tijdsverschillen kunnen worden beschouwd als een indicator voor uitgebreid zoekgedrag.

Voor de beoordeling van het tijdsverschil in de vaststellingen tussen Iffezheim en Gamsheim zijn nu evenwel geen gegevens van merkexperimenten of telemetrisch onderzoek beschikbaar die licht zouden kunnen werpen op het tijdsverschil voor specifieke individuen. De cumulatieve weergave van de maandelijkse tellingen c.q. het percentage kan echter een indicatie geven. In de figuren 24 en 25 staan de desbetreffende gegevens voor de jaren 2006 – 2008. Voor de interpretatie van de figuren zijn zowel de overeenkomsten in het verloop van de curves (aantal) alsook de helling en tijdelijke verschuiving van de curves (aandelen) bepalend.

Voor de zalm wordt in 2006 tussen Iffezheim en Gamsheim een tijdelijke verschuiving van vier weken vastgesteld. In 2007 verlopen beide curves ten aanzien van het aantal vissen daarentegen volledig parallel. In 2008 is het aantal individuen in Gamsheim een tijdlang (januari - maart) zelfs groter dan in Iffezheim (wat zeer waarschijnlijk kan worden toegeschreven aan het gebruik van de sluizen). Voor de zeeforel is het plaatje vergelijkbaar (figuur 25), de curves liggen hier zelfs nog dichter bij elkaar.

In 2006 waren de afvoeren tot medio april en daarna begin juni relatief hoog (vgl. grafieken over de afvoeren in de Rijn in de bijlage). Dit zou erop kunnen wijzen dat er bij de zalmoptrek een zekere vertraging heeft plaatsgevonden vanwege een “misleidende lokstroom” als gevolg van een overstroming van de stuwen; de stuwen aan de oevers zijn niet uitgerust met vispassages en het stuwgebied is door een scheidingsdam van een paar honderd meter geïsoleerd van de krachtcentrale (en dus van de vispassage); bij de borlandsluizen aan de stuw is de algemene opvatting dat ze amper functioneren (ICBR-rapport nr. 158).

Deze resultaten bewijzen duidelijk dat de grote salmoniden in 2007 en 2008 tenminste in Gamsheim geen uitgesproken zoekgedrag hoefden te vertonen en dat het tijdsbudget van de vissen tussen Iffezheim en Gamsheim niet werd belast. De vertraging in 2006 zou kunnen wijzen op een doodlopende zone in het complex; rekening dient evenwel te worden gehouden met het feit dat de vispassage in Gamsheim pas op 12 april 2006 in gebruik is genomen. Over het geheel genomen is de tijdreeks echter nog te kort voor een betrouwbare interpretatie van de gegevens.

Het hypothetische doodlopende effect (en het mogelijke gebruik van de sluizen) zou in principe voor verschillende afvoersituaties moeten worden gecontroleerd in een grondig, meerjarig onderzoek (bijv. telemetrisch onderzoek, merk-hervangst experimenten).

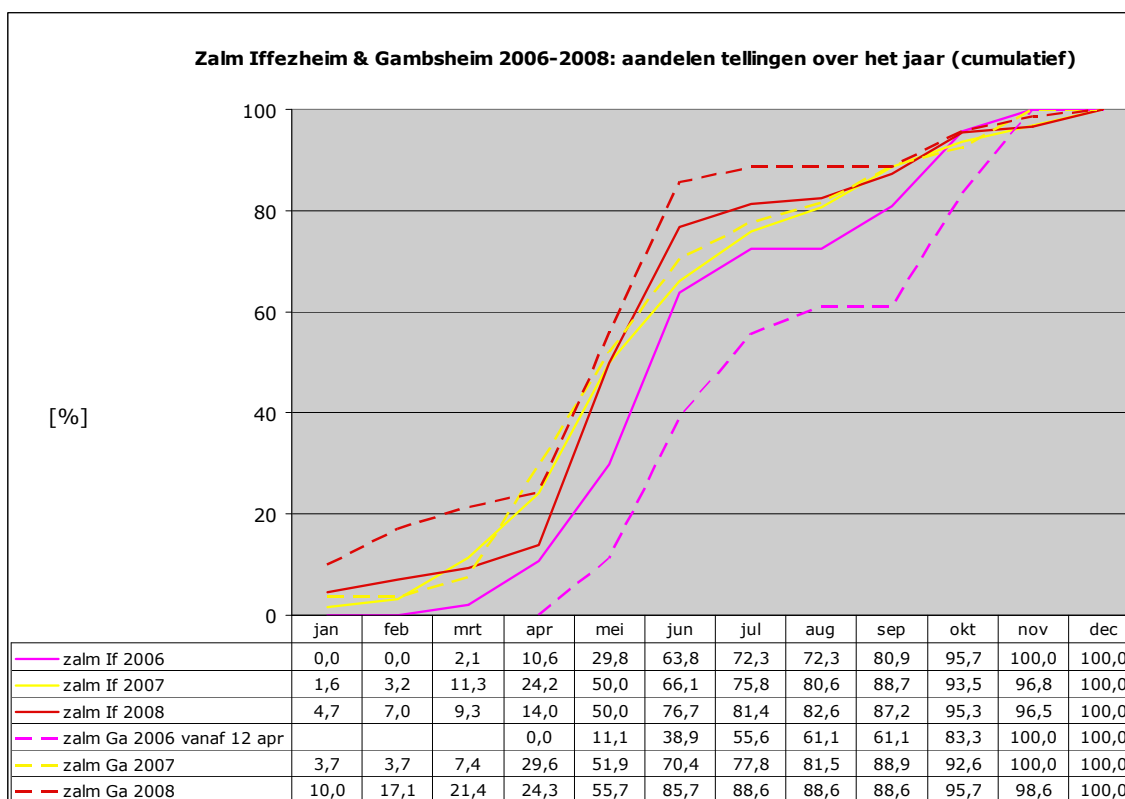
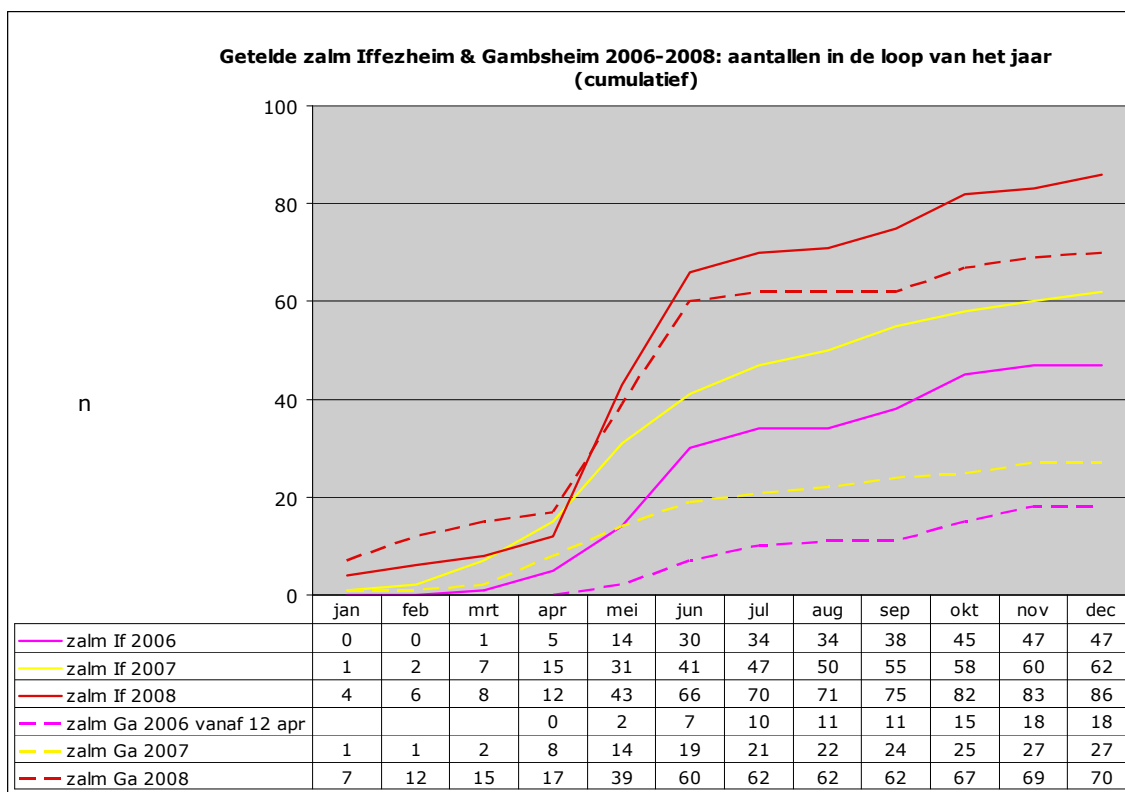


Fig. 24: Cumulatieve weergave van het aantal en het aandeel getelde zalmen in Iffezheim en Gamsbheim

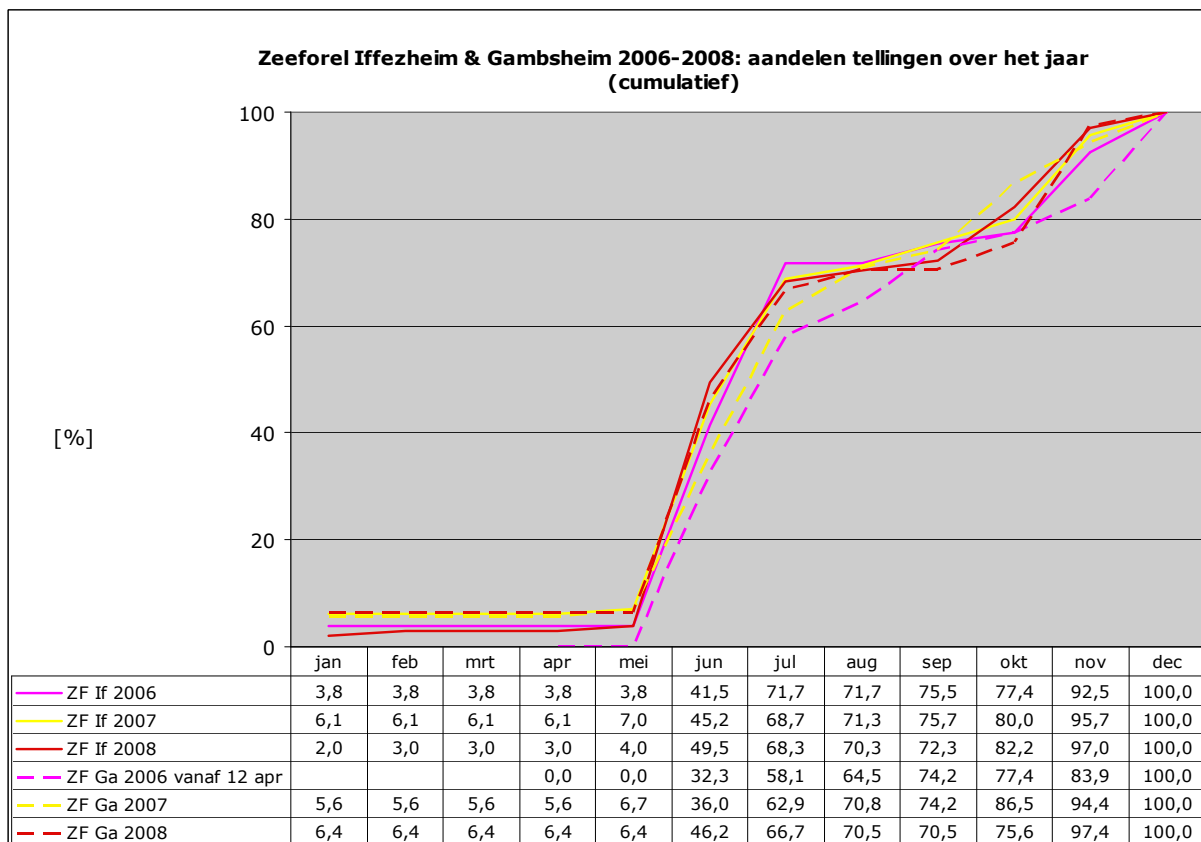
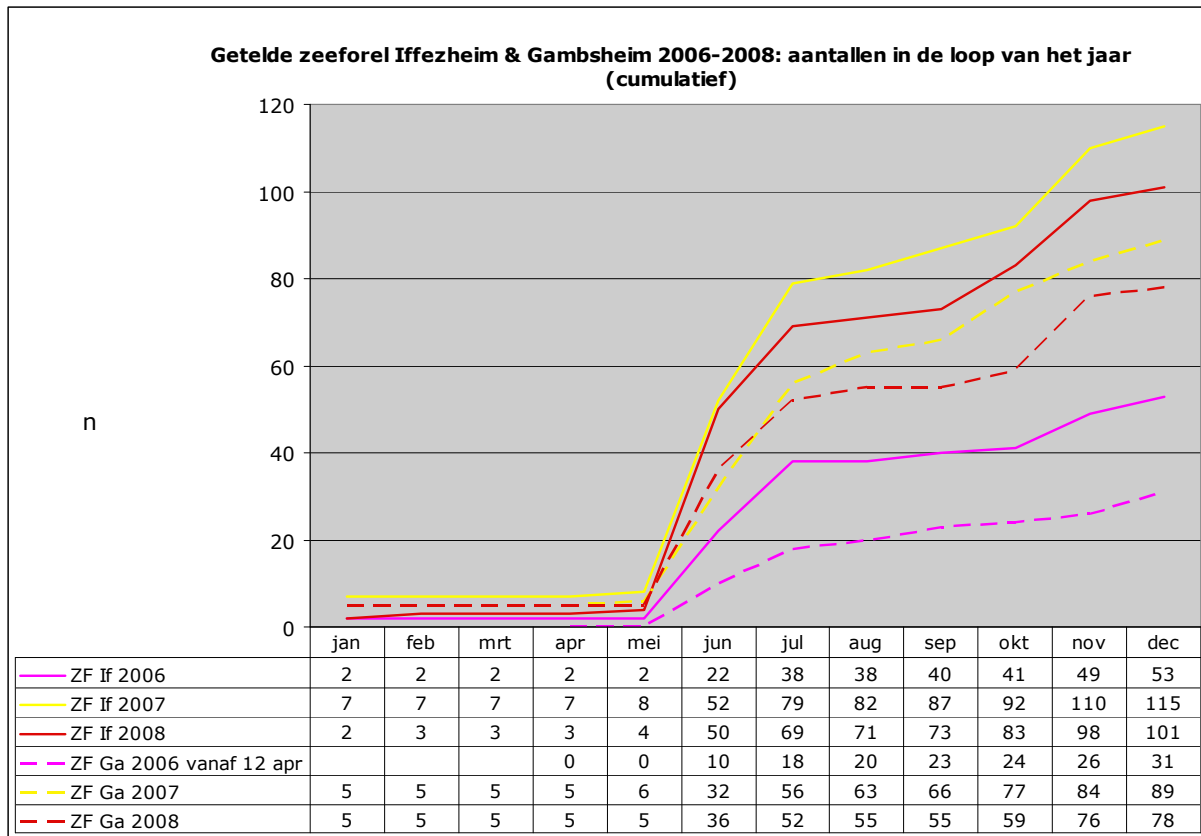


Fig. 25: Cumulatieve weergave van het aantal en het aandeel getelde zeeforellen in Iffezheim en Gamsbshiem

Samenvattend kan worden gesteld dat er op grond van de vergelijkbare terugkeerpercentages voor de zalm (in relatie tot de prognose op basis van de omvang van de uitzet in de stroomgebieden) geen mogelijke beïnvloedingsfactoren kunnen worden geïdentificeerd die leiden tot een verschil tussen de controlestations in de Duits-Franse Bovenrijn. Daarom kan (onder het voorbehoud dat de tijdreeksen van de inventarisatie in Gamsheim nog niet volledig zijn) worden gepostuleerd dat de cumulatieve effecten van de turbinegerelateerde sterfte en de predatie in de stuwgebieden voor de smolts binnen een stroomgebied een vergelijkbare, maar niet kwantificeerbare orde van grootte hebben (zie echter de vergelijking van de controlestations Iffezheim en Sieg).

Het aantal stroomopwaarts trekkende vissen wijst er niet op dat de vispassages beperkt functioneren voor grote salmoniden. Volgens de bestaande gegevensbasis is het tijdsverschil tussen de vispassage Iffezheim en de hierop volgende vispassage Gamsheim gering; de tocht duurt slechts een beetje langer dan de tijd die zalmen met een "constante" zwemsnelheid (1 – 3 lichaamslengten/seconde) voor deze afstand nodig hebben. Er zijn dus geen duidelijke aanwijzingen voor een onevenredige "belasting van het tijdsbudget" en een barrièrewerking (vindbaarheid) van de vispassage Gamsheim.

Opmerking: Interessant in dit verband is het feit dat de zalm in Bazel in oktober 2008 is gevangen, circa een maand voor het begin van de paaitijd, wat betekent dat dit wijfje - ondanks het feit dat ze via de sluizen is getrokken - "op tijd" de paaigronden heeft bereikt.

Er moet echter nadrukkelijk op worden gewezen dat het ontbreken van aanwijzingen voor een barrièrewerking in de vispassage Gamsheim niet tot de aanname mag leiden dat de vindbaarheid van de vispassages in het algemeen bij 100% ligt. Hoewel de vispassages grotendeels dezelfde opbouw hebben, kunnen de resultaten van Gamsheim slechts onder voorbehoud worden vertaald naar Iffezheim. Kleine verschillen in de plaatsing van de inzwemopeningen en verschillende hydraulische (hoofdstromingen) en morfologische (diepte, waterprofiel) omstandigheden in de migratiecorridor kunnen al een doorslaggevend effect hebben. Er kan bijv. niet worden uitgesloten dat er in Iffezheim als gevolg van afwijkende stromingsomstandigheden en diepten op het "punt waar de optrekkende vissen beslissen welke weg te nemen" (hier: onderste gedeelte van de scheidingsdam) sprake is van een doodlopend effect, d.w.z. een sturing naar de kant van de stuw die niet is uitgerust met een vispassage, en dat dit effect in Iffezheim eventueel groter is dan in Gamsheim. Uitsluitel hierover (en over de noodzaak tot optimalisatie die hieruit eventueel kan worden afgeleid) kunnen echter alleen merk-hervangst experimenten of telemetrisch onderzoek geven.

Vergelijking van de controlestations Iffezheim, Gamsheim en Sieg/Buisdorf

In de jaren 2006 – 2008 bestond er tussen de controlestations Sieg en Iffezheim/Gamsheim een duidelijk verschil in het aandeel van de getelde vissen t.o.v. de prognose (fig. 26). In 2007 waren de verschillen het grootst. In 2008 was het verschil tussen Gamsheim en de Sieg kleiner dan de jaren daarvoor. Het verschil is in werkelijkheid waarschijnlijk groter, omdat aan het vangstcontrolestation Sieg rond 30-50% van de terugkerende vissen de stuw al springend passeert en daardoor niet wordt geteld (en het aantal vissen dat in Iffezheim en Gamsheim de sluizen gebruikt eerder niet in die orde van grootte ligt?).

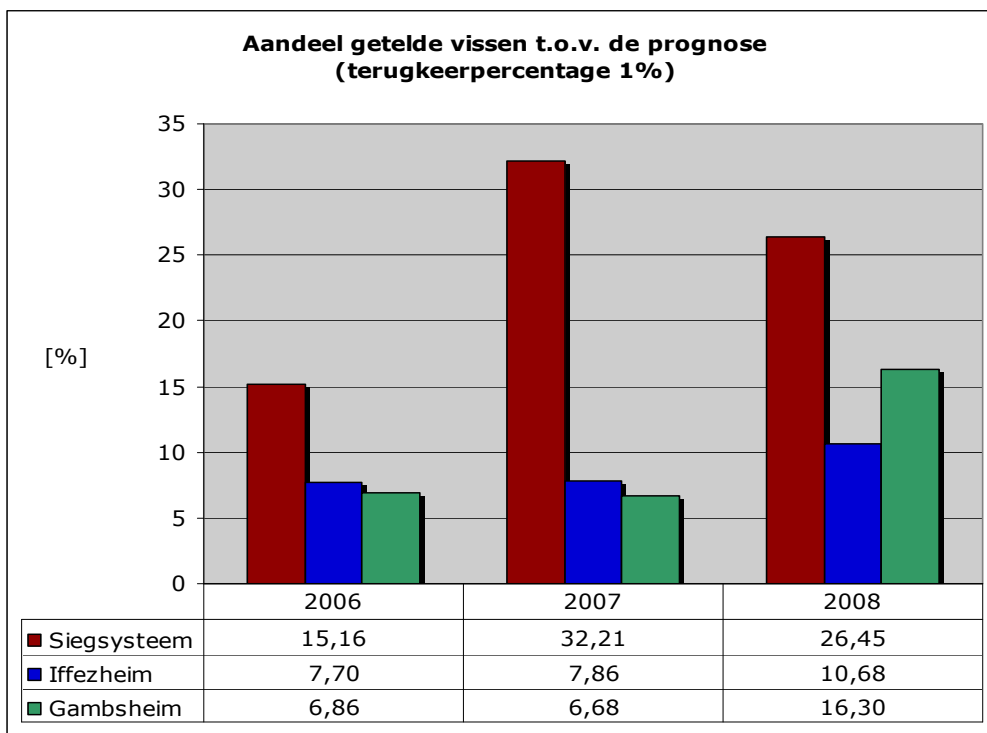


Fig. 26: Aandeel getelde teruggekeerde vissen aan de controlestations Iffezheim, Gamsheim en Sieg/Buisdorf in de periode 2006 – 2008 t.o.v. de prognose (vgl. tabel 10)

De oorzaken voor het soms grote verschil zijn over het algemeen niet duidelijk. Een gebrekkige vindbaarheid van de vispassage Iffezheim kan op basis van de beschikbare gegevens worden uitgesloten, tenminste in de geschetste orde van grootte (zie hierboven). Ook benedenstrooms van Iffezheim wordt in de zijrivieren geen opvallend groot aantal vissen geteld; zelfs bij een lage controlefrequentie zouden de vangstmeldingen van hengelaars (incl. “geruchten”), het aantal doodvondsten en waarnemingen zich hier moeten opstapelen. Als de vissterfte als gevolg van krachtcentrales tussen Gamsheim en de Hoogrijn duidelijk hoger was dan in het watersysteem van de Ill en de Rench, dan had dit tot uiting moeten komen in duidelijk kleinere aantallen terugkerende vissen in de vispassage Gamsheim, maar het aantal terugkeerders was in 2005 en 2006 vergelijkbaar met het cijfer in Iffezheim en in 2008 fors hoger. Een negatieve invloed van de temperatuur op de terugkerende vissen kan voor de koele zomer van 2007 volledig worden uitgesloten; in 2007 is het verschil tussen de Sieg en Iffezheim/Gamsheim echter nog groter dan in 2006.

De volgende (deel)oorzaken zijn mogelijk (hypothesen a – k):

- a) Er bestaat geen duidelijke correlatie tussen de uitzetinspanning en het aantal getelde terugkeerders, omdat te veel factoren (bijv. overlevingspercentage bij de uittrek, overleving op zee) het resultaat beïnvloeden (vgl. JURJENS, 2006).
- b) Er zit een fout in de methode voor de berekening van de smoltequivalenten.
- c) Er zit een fout in de methode voor de berekening van de overlevingspercentages.
- d) De vissterfte als gevolg van de opwekking van hydro-elektriciteit is op dit moment in het hele gebied van de Duits-Franse Bovenrijn (uittrek) duidelijk groter dan in de Sieg. Ten minste in de Badense zijrivieren van de Duits-Franse Bovenrijn is het, gezien het zeer intensieve gebruik van waterkracht en de vaak nog ontbrekende visgeleidingssystemen en stroomafwaartse migratievoorzieningen, zeer waarschijnlijk dat er zo’n samenhang bestaat; hierbij dient ook rekening te worden gehouden met het feit dat de uitzetgebieden nu nog zijn gelegen boven meerdere kleine waterkrachtcentrales *zonder* uittrekvoorzieningen (BARTL, mondelinge mededeling).

- e) Tussen Iffezheim en de monding van de Sieg is de sterfte in de Rijn als gevolg van predatie bij de uittrek (roofblei, snoekbaars, meerval, aalscholver) en bij de optrek (meerval) aanzienlijk; het effect wordt nog versterkt door lage afvoeren in de lente (vgl. ook hfst. 3.5: afvoer).
- f) Visserijsterfte (doelgerichte onttrekking en sterfte als gevolg van bijvangst) speelt bij terugkeerders tussen de monding van de Sieg en Iffezheim een belangrijke rol.
- g) Het aantal vissen dat de sluizen in Iffezheim en Gamsheim passeert is groter dan vermoed.
- h) De relatief hoge afvoeren in de zomer van 2007 hebben door de overstroming van de stuwen in Iffezheim en Gamsheim geleid tot doodlopende zones aan de kant die niet is uitgerust met een vispassage, waardoor de vindbaarheid van de vispassages sterk bemoeilijkt werd (vgl. grafieken met de afvoeren in de Rijn in de bijlage).
- i) De smoltproductie *uit natuurlijke voorplanting*, die niet wordt meegenomen in de bepaling van smoltequivalenten op basis van uitzetting, draagt in het Siegsysteem – maar niet in de Duits-Franse Bovenrijn – reeds substantieel bij aan het aantal terugkeerders.
- j) Het terugkeerpercentage van de Allierstam is lager dan het percentage van de Burrishoole- en de Ätranstam als gevolg van bijv.
 - een hogere mortaliteit op zee (predatie, visserij, parasieten, ziektes) vanwege het grotere risico in geval van grote aandelen multizeewinter-vissen (een groter deel van de populatie verblijft langer in zee);
 - een hogere mortaliteit in de Rijn vanwege het grotere risico op bijvangst van vroeg optrekkende vissen en de bijkomende hoge mortaliteit als gevolg van de handling bij hogere temperaturen;
 - verschillen in de geschiktheid van de stammen die nog niet nader kunnen worden gespecificeerd.
- k) De smoltproductie verschilt sterk naargelang de deelstroomgebieden (o.a. als gevolg van morfologische kenmerken, voedselaanbod, predatie).

Waarschijnlijk zijn de oorzaken van het weergegeven verschil multifactorieel. Op dit moment kan nog niets worden gezegd over de mate waarin mogelijke factoren invloed uitoefenen. Uit verschillende visserij-inventarisaties en vangstmeldingen van hengelaars blijkt echter wel dat de roofvispopulaties van roofblei en meerval duidelijk groter zijn geworden. Ook het aantal aalscholvers is sinds het midden van de jaren negentig merkbaar toegenomen. Zenderonderzoek (in Noordrijn-Westfalen/Nederland) heeft aangetoond dat de mortaliteit van (uitgezette) smolts tussen de Sieg en de Delta rond de 50% ligt (waarbij de visserijsterfte hier een ondergeschikte rol speelt – vgl. IMARES-studie, hfst. 3.5). Omdat de migratieafstand voor smolts vanaf de Duits-Franse Bovenrijn meer dan 400 km langer is dan de afstand vanaf de monding van de Sieg kan aan de factor predatie een belangrijke rol worden toegekend (vgl. e). De afvoersituatie in het tijdsvenster van de smoltuittrek was in 2005 en vooral in 2006 echter eerder voordelig en had in 2007 en 2008 precies voor de Duits-Franse Bovenrijn eigenlijk positieve gevolgen moeten hebben (vgl. fig. 14 en 32 en de grafieken met de afvoeren in de Rijn in de bijlage). In 2008 (en dan vooral in Gamsheim) was het verschil althans kleiner. De verliezen tijdens de intrek worden weergegeven in de figuren 27, 28 en 30 (hfst. 3.5).

Omdat het intrekpercentage in Iffezheim in 2007 (jaar met hoge afvoer) niet gelijk loopt met de duidelijke toename in de Sieg (en in Rijnland-Palts) zou in Iffezheim ook een doodlopend effect een factor van belang kunnen zijn (vgl. h). Voor de zalm is echter ook bekend dat ze sluizen gebruiken (zie hierboven).

De bijdrage van de terugkeerders uit natuurlijke voortplanting in het Siegsysteem bedraagt in de relevante periode 2006 – 2008 volgens een voorzichtige schatting rond 10% van het totaal aantal terugkerende vissen (zie ICBR-rapportage over het deelproject en tabel 2). Omdat natuurlijke reproductie in de Duits-Franse Bovenrijn als gevolg van de gebrekkige

passeerbaarheid nog maar amper meetelt, heeft deze beïnvloedingsfactor een bijzondere betekenis.

Tot slot is nog de vissterfte in waterkrachtcentrales – vooral in de zijrivieren – zeer belangrijk. Er wordt van uitgegaan dat met de aanleg van verdere stroomafwaartse migratievoorzieningen (visgeleidingssystemen) in de zijrivieren die bekend staan om hun grote smoltsterfte (bijv. de Kinzig) het aantal terugkeerders zal toenemen. Een verdere verslechtering van de uittrekomstandigheden in de zijrivieren van de Rijn is daarom niet te rechtvaardigen. Integendeel, er zou flink vaart moeten worden gezet achter de aanleg van visuittrekvoorzieningen; de bouw van nieuwe, kleine waterkrachtcentrales zou kritisch moeten worden bekeken en slechts bij uitzondering mogen worden toegestaan.

3.5 Wat zijn de *beperkende* factoren (bij waterkrachtcentrales: welke criteria zijn relevant)?

De volgorde waarin de factoren hieronder worden beoordeeld, weerspiegelt hun geschatte beperkende werking.

Factor visserij

Inschatting: beperkende factor

Visserijactiviteiten kunnen worden onderverdeeld in beroepsvisserij (commerciële visserij), visserij als bijverdienste (“recreatieve visserij”) en sport- c.q. hengelvissers.

De beroepsvisserij gebruikt o.a. fuiken (fykenets), kieuwnetten (gill nets), zegens (seines), ankerkuilen (anchored stow net) en sleepnetten (incl. bodemtrawls) (trawl fisheries) (JANSEN *et al.*, 2008). Figuur 27 (bovenaan) geeft aan waar deze vormen van visserij voorkomen. In de visserij die wordt bedreven als bijverdienste wordt vooral gewerkt met fuiken en kieuwnetten (voor de kust en in het binnenland).

De effecten van visserij hangen af van drie factoren:

- I. visserijinspanning (kent seizoensgebonden en lokale variaties)
- II. vangkans (afhankelijk van vistuig en visfrequentie)
- III. sterfte (afhankelijk vistuig en methode, temperatuur, manier en duur van *handling*)

Stroomopwaartse trek:

In principe gaan alle visserijactiviteiten gepaard met een zekere mortaliteit van optrekkende grote salmoniden (JANSEN *et al.*, 2008). Ook bij de elft moet rekening worden gehouden met visserijsterfte, waarbij wel dient gezegd dat hierover (ook vanwege de kleine elftenpopulatie) geen concrete gegevens en inzichten beschikbaar zijn. Voor de zeeprík wordt er uitgegaan van zeer lage mortaliteitscijfers, omdat de toegepaste visserijmethoden wat de gebruikte vistuigen en het relevante tijdsvenster betreft niet of amper geschikt zijn voor de vangst van zeepríkken.

Stroomafwaartse trek:

Voor de uittrekkende levensstadia worden slechts relatief lage mortaliteitscijfers (smolts van zalm en zeeforel in fuiken < 1%) c.q. geen verliezen (elft, zeeprík) als gevolg van visserijactiviteiten vastgesteld (JANSEN *et al.*, 2008); de verliezen worden hoofdzakelijk toegeschreven aan natuurlijke predatie en sterfte in de turbines van waterkrachtcentrales. De balans van de smoltverliezen tussen de Rijn en de Nederlandse kust ligt bij 40-60%. Dientengevolge hoort de visserij hier uitdrukkelijk *niet* tot de potentieel beperkende factoren.

De mortaliteit van stroomopwaarts trekkende vissen als gevolg van visserijactiviteiten kan worden onderverdeeld in de volgende factoren:

- Gerichte (illegale) visserij op grote salmoniden, doorgaans volledige onttrekking van de vangst. Door de herintroductie van de elft in het Rijnsysteem bestaat in principe de mogelijkheid dat op middellange termijn ook op deze vissoort gericht zal worden gevestigd.
- Onbedoelde bijvangst (zalm en zeeforel; elft?), gedeeltelijke onttrekking van de vangst (deels uit onwetendheid over de beschermde status / het vangstverbod)
- Mortaliteit bij *teruggezette* vissen als gevolg van de *handling* van de bijvangst (bacteriële huidinfecties, zuurstoftekort na het drillen en/of voorlopige onttrekking om de vis te onthaken en/of om de vangst te fotograferen) en letsels (haken, netten). Factoren die leiden tot een hoge vissterfte zijn o.a. diep vastzittende haken (vooral weerhaken), hoge watertemperaturen (stress, zuurstofgebrek, verhoogd infectiegevaar), lange blootstelling van de vis aan de lucht, laag zuurstofgehalte in het water en foute handling (vasthouden aan de staartvin, letsels aan de kieuwen door vasthouden van de kop, stevig vastgrijpen bij ontsnappingspogingen) (vgl. BOOTH et al., 1995; BROBBEL et al., 1996). Langdurig drillen en een lang verblijf in netten en fuiken zijn bijzonder ernstige stressfactoren die leiden tot gedragsveranderingen, visschade en ziektes (vgl. SCHRECKENBACH, 2008); bovendien hebben deze factoren een negatieve invloed op de energiereserves van de vis, waardoor het dier de paaigebieden nauwelijks (tijdsbudget) of helemaal niet bereikt.
- Creperen of blijvende schade in vaste vistuigen met lage controlefrequentie (kieuwnetten, fuiken).

In de IMARES-studie (JANSEN *et al.*, 2008) en in verschillende voorafgaande onderzoeken (waaronder telemetrie onderzoeken; vgl. samenvatting in JURJENS, 2006) wordt aangegeven dat bij de terugkerende zalm en zeeforellen de grootste kwantitatieve verliezen tussen de kust en de paaigebieden optreden op het Nederlandse traject tussen de zoet-zoutovergang en de Nederlandse Rijn. Met name in de IMARES-studie naar de bijvangsten op Nederlands grondgebied wordt geconcludeerd dat volgens de huidige gegevens meer dan de helft van de terugkeerders de Nederlandse Rijn niet bereikt; van de resterende zalmen verdwijnt nog eens ca. 69% in de Nederlandse Rijn.

Dientengevolge bereiken van de oorspronkelijke 8.000 – 16.000 zalmen aan de Nederlandse kust slechts 1.200 – 2.400 individuen de Duitse Nederrijn, de Middenrijn en de Duits-Franse Bovenrijn (fig. 27).

Opmerking: De conclusies uit de telemetrieresultaten van het IMARES-onderzoek zijn gebaseerd op het deel van de gehele populatie dat zich ophoudt voor de Haringvlietsluizen en de Afsluitdijk. Het gedrag van de deelpopulatie die zich voor de Nieuwe Waterweg bevindt, is onduidelijk. Voor de zeeforel moet bovendien worden benadrukt dat onduidelijk is welk aandeel van de populatie echt gemotiveerd is om stroomopwaarts te trekken; de soort gebruikt - in tegenstelling tot de zalm - de kustwateren ook intensief als foerageergebied en vertoont hoge straying percentages. Voor de zalm wordt in het IMARES-onderzoek opgemerkt dat de vissen die worden geteld voor de kust ook uit de Maas en/of uit andere populaties of viskwekerijen (ontsnapte dieren) zouden kunnen komen. Daarbij dient te worden gezegd dat kweekzalm wel flink zwerven, maar nagenoeg alleen noordwaarts trekken en dat zalmfarming uitsluitend ten noorden van de monding van de Rijn wordt bedreven (HANSEN, L.P., persoonlijke mededeling); de invloed van kweekzalm is dus verwaarloosbaar. Zalmen uit stromende wateren hebben een uitgesproken homing instinct en zwerven vooral naar naburige wateren. De buurpopulaties uit de Maas en de Elbe en uit de kleine Duitse laaglandrivieren die uitmonden in de Rijn zijn – vergeleken met de populatie in de Rijn zelf – echter vrij klein.

Volgens IMARES bedraagt de bijvangst in Nederland 1.709 – 10.216 individuen (fig. 27 bovenaan). Figuur 28 relateert deze minimale en maximale waarden en het rekenkundig gemiddelde aan de aan de kust aankomende zalmen (ook minimum, gemiddelde en

maximum) en geeft het aantal “ongehinderde” zalmen weer, d.w.z. de zalmen die bij visserijactiviteiten niet worden bijgevangen. Afhankelijk van het scenario ligt het berekende aantal tussen -2216 (klein aantal terugkeerders en hoge bijvangst) en 14.291 (groot aantal terugkeerders en lage bijvangst). Ook al wordt uitgegaan van een gemiddeld aantal terugkeerders en een gemiddelde bijvangst blijven slechts 6.038 individuen ongehinderd.

Omdat de IMARES-studie de invloed van de visserij als bijverdienste en van de beroepsvisserij niet of slechts onvoldoende kon interpreteren vanwege te weinig reactie op de vragenlijsten, en vooral voor de kustvisserij geen beoordeling mogelijk was, moet er bovendien worden uitgegaan van een aanzienlijk dark number. Hier moet ook nog de niet-gekwantificeerde, gerichte illegale visserij en de bewuste illegale onttrekking van bijgevangen vis worden bijgeteld (zie hieronder; vgl. ook fig. 29 en 30).

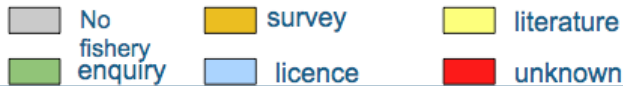
Onduidelijk is het overlevingspercentage bij teruggezette vis, maar vooral in de zomermaanden moet er worden uitgegaan van bovengemiddelde mortaliteitscijfers als gevolg van letsels (ook aan de slijmhuide) en handling-stress. Omdat in deze periode vooral multizeewinter-zalmen optrekken, zou het mortaliteitscijfer voor vroeg optrekkende stammen met een hoog MZW-aandeel, bijv. de Allier-stam (vgl. fig. 13), duidelijk hoger kunnen zijn dan voor stammen met een hoger grilse-aandeel (Ätran) of een zeer hoog grilse-aandeel (Burrishoole). Dit aspect is vooral van belang voor de interpretatie van het aantal terugkeerders c.q. het terugkeerpercentage in de Duits-Franse Bovenrijn (Iffezheim) t.o.v. de Sieg (vgl. hfst. 3.4).

De omvang van de verliezen als gevolg van doelgerichte stroperij (poaching) kon in het onderzoek dat IMARES aan de hand van vragenlijsten heeft verricht natuurlijk helemaal niet worden beoordeeld. Illegale visserij en de bewuste, illegale onttrekking van bijgevangen vis vormen volgens Sportvisserij Nederland een waarschijnlijk groot probleem (MOQUETTE, persoonlijke mededeling; vgl. ook artikel “DE TRAGE TERUGKEER VAN DE ZALM” uit: de Volkskrant, Amsterdam, 20 juli 2005). Voor de Duitse Rijn zijn er slechts individuele meldingen en fragmentarische gegevens beschikbaar, maar ook deze informatie doet een groot verlies (tot 50%?) in de resterende zalmopvolging vermoeden. IMARES schat dat 58% van de paaivissen tussen de Rijn en de paaigebieden verloren gaat.

Uit een onderzoek naar het potentieel vangstsucces van gerichte hengelvissers op zalmen in het mondingsgebied van een paaivier (Saynbach; Middenrijn) is gebleken dat in een bepaald tijdsvenster meer zalmen konden worden gevangen dan er met andere methoden (visuele controles, elektrische visserij gedurende drie dagen) konden worden vastgesteld (SCHNEIDER, 2007b) (vgl. fig. 29). Een vergelijkbaar “vangstsucces” lijkt ook mogelijk aan andere riviermondingen en onder kunstwerken in grote rivieren. BLASEL (mondellinge mededeling, 2008) beschikt over aanwijzingen dat een enkele hengelaar in 2007 benedenstrooms van Gamsheim rond 40 grote salmoniden kon vangen (allemaal onttrokken); HARTMANN (mondellinge mededeling, 2008) kent vergelijkbare activiteiten aan de monding van de Alb (binnenkort gesloten gebied). SCHNEIDER heeft soortgelijke informatie voor de Middenrijn (zie verslag van het gesprek hierover in de bijlage), voor de Moezel onder de (tegen de stroomrichting) tweede stuw in Lehmen en voor de monding van de Sieg. Meldingen over onbedoelde bijvangsten (hengelvissers, minder vaak: beroepsvisserij) komen uit de hele Duitse Nederrijn, de Middenrijn, de benedenloop van de Duits-Franse Bovenrijn, de Moezel, de Ruhr, de Sieg (incl. de zijrivier de Nister), de Lahn en de Nette.

Er moet van worden uitgegaan dat deze – min of meer te bewijzen – individuele gevallen slechts het “topje van de ijsberg” zijn. Zeker is wel dat het aantal meldingen toeneemt en dat het probleem van de gerichte illegale visserij niet is beperkt tot het Nederlandse grondgebied. Omdat zalmen niet homogeen zijn verdeeld over de hoofdstroom, maar kenmerkende migratieroutes (incl. rustgebieden) gebruiken (wat sinds de late middeleeuwen logischerwijs heeft geleid tot het plaatsnemen van vaste vistuigen voor de zalm) en omdat zalmen vooral net voor de paaitijd samscholen voor de mondingen van de “wateren van herkomst” kan de groeiende kennis over zulke “lonende” locaties het vangstsucces van individuele vissers in zeer grote mate verhogen (vgl. fig. 29).

Results salmon



		Rivers	IJsselmeer	Delta	Wadden Sea	Dutch Coast
Fyke net	Smolts	25-49	110-225	35-70	20-200	?
	Adults	232 - 463	20 - 40	7 - 13	0 - 120	?
Gill net	Smolts		0-10	0	0	?
	Adults		0 - 10	0	0	?
Seine	Smolts	0-10	0-10	0-10	0-10	
	Adults	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 10	
Anchord stow net	Smolts	32				
	Adults	0				
Trawling	Smolts			10-100	20-100	80-400
	Adults			0-10	0-10	0-10
Sport fisheries	Smolts	0?			0?	
	Adults	50-2500			1400 - 7000	

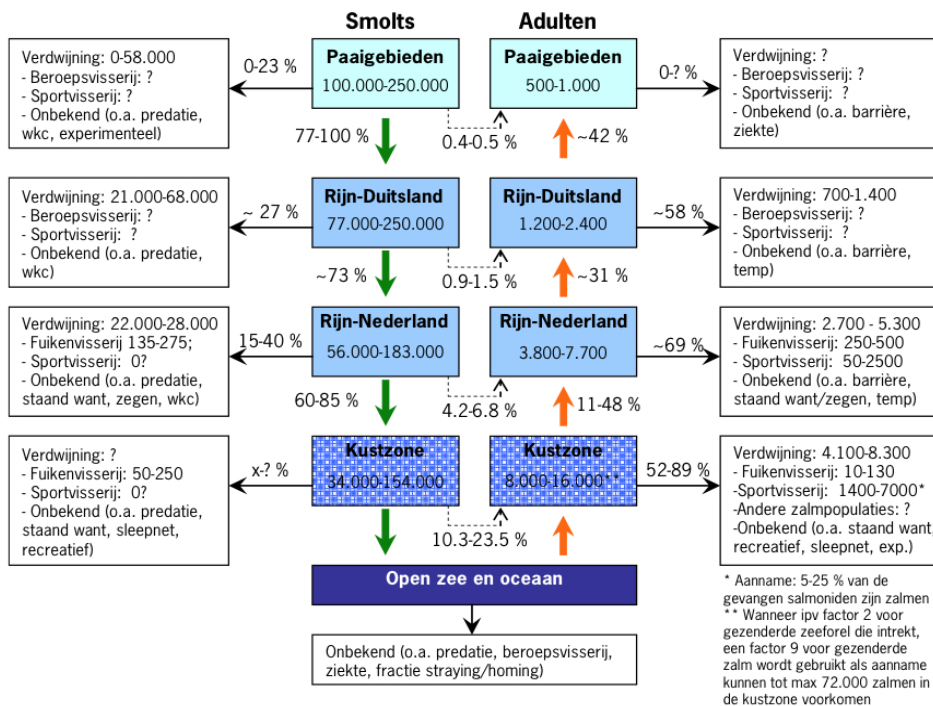


Fig. 27: Samenvattend schema met de geschatte aantallen doortrekkende smolts en volwassen zalmen en de verdwijningen per deelgebied op basis van telemetriegegevens en aantal uitgezette smolts en waargenomen volwassen zalmen op de paaigronden. Voor elk van de onderscheiden segmenten zijn de verdwijningen in perspectief gezet naast de aantallen gevangen binnen beroeps- en sportvisserij. Een gevangen zalm betekent niet dat deze ook verdwijnt, dat hangt af van de bereidheid tot terugzetten en overleving. Verder zijn er andere factoren genoemd die een mogelijke rol van betekenis zouden kunnen spelen. Voor elk van de deelgebieden is ook de verhouding tussen aantal uittrekkende smolts en intrekkende volwassen zalm berekend. Voor de paaigebieden bedraagt deze 0,4 - 0,5%. De aantallen in deze grafiek moeten worden gezien als een schatting voor de orde van grootte. (uit: JANSEN et al., 2008)

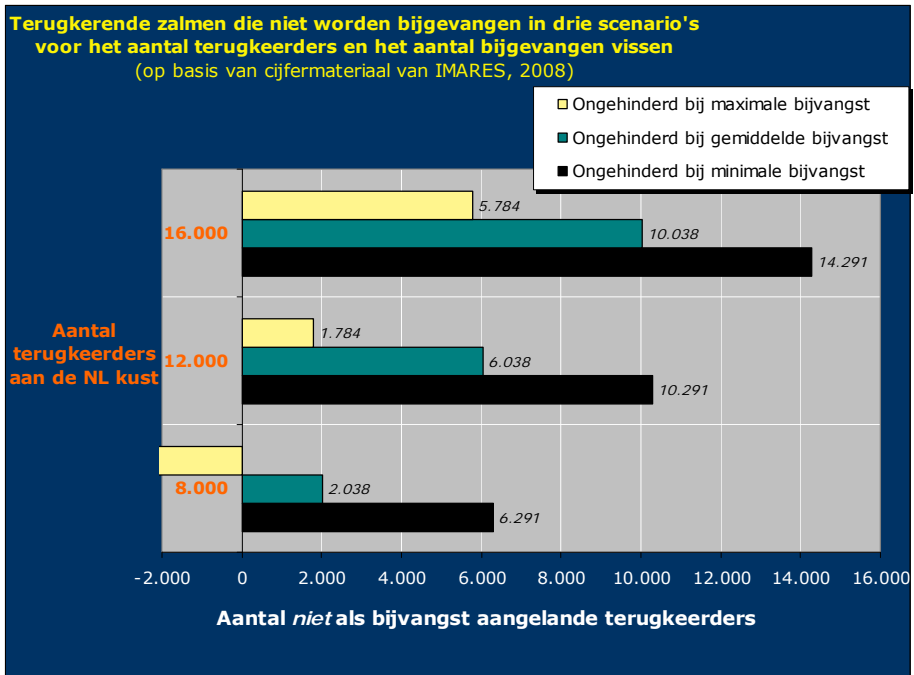


Fig. 28: Aantal zalmen dat *niet* wordt bijgevangen in het kader van visserijactiviteiten; berekening volgens de gegevens van IMARES (JANSEN *et al.*, 2008), range van het aantal terugkeerders (min., max., gem.) en de bijvangst (min., max., gem.).

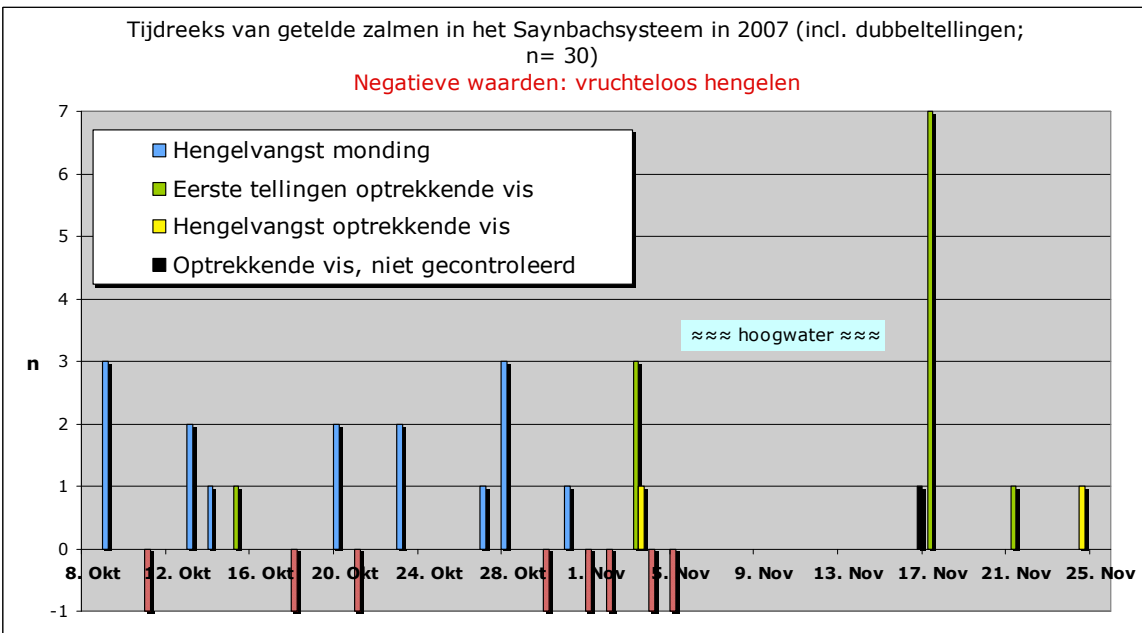


Fig. 29: Voorbeeld voor de vangstkans op zalm door gerichte hengelvisserij vergeleken met andere methoden (onderzoek in de Saynbach, herfst 2007) (uit SCHNEIDER, 2007).

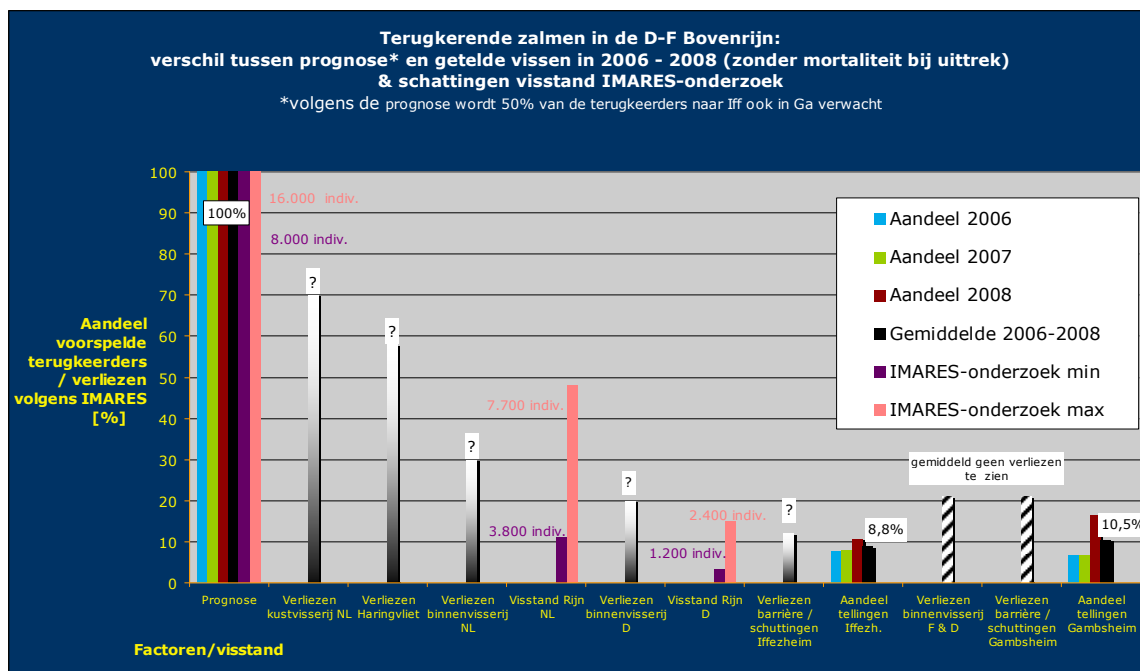


Fig. 30: Modelpresentatie van het verliespercentage van optrekkende zalmen, waarden gebaseerd op het IMARES-onderzoek (JANSEN *et al.*, 2008), en van aandelen voorspelde terugkeerders op basis van de uitzetinspanning, uitgedrukt in smoltequivalenten (vgl. fig. 19) per stroomgebied uitgaande van een terugkeerpercentage van 1% in de controlestations Iffezheim en Gamsbheim. Hierbij zij gezegd dat er tussen de stuwen Iffezheim en Gamsbheim geen verdere verliezen kunnen worden vastgesteld (gemiddelde 2006-2008).

Visserij moet op basis van de huidige gegevens – ondanks of misschien net vanwege de bestaande kennislacunes – over het geheel genomen worden beschouwd als een beperkende factor voor de opbouw van stabiele populaties van grote salmoniden; een eerste aanzet tot differentiatie naar afzonderlijke factoren (methodes, locaties) is voorhanden. Sommige visserijmethoden kunnen vanwege de inspanning waarmee ze bedreven worden een potentieel gevaar vormen voor de beoogde populatiegroei van de elft, maar niet voor het verdere herstel van de zeeprikipopulatie.

Over de omvang van de *gerichte illegale visserij* zijn geen betrouwbare gegevens beschikbaar; de kwestie moet (ook door de visserijverenigingen en -autoriteiten) worden gezien als een belangrijk probleem dat eerder groter wordt dan kleiner. Volgens de huidige stand van de kennis wordt er waarschijnlijk in het hele Rijngebied incl. de nevenwateren illegaal gevist.

De in Nederland en in de Duitse Nederrijn onttrokken of dodelijk gewond geraakte zalmen komen uit het hele Rijnstroomgebied, waardoor deze factor – anders dan de *lokale* problemen, zoals passeerbaarheid, habitatkwaliteit en vissterfte aan waterkrachtcentrales – een effect heeft op alle deelprojecten (het is echter mogelijk dat er sprake is van een, vooral de Allierstam betreffende, sterkere belasting van de Duits-Franse Bovenrijn als gevolg van de verhoogde sterfte in de zomer door foute handling).

De ICBR werkt op dit moment aan een oplossing voor het probleem van visserijsterfte.

Factor passeerbaarheid

Inschatting: beperkende factor

Huidige toestand

De situatie in de hier bij wijze van voorbeeld genoemde zijrivieren van de Rijn ziet eruit als volgt (uit ICBR-rapport nr. 140):

Sieg: 6 waterkrachtcentrales die visschade kunnen veroorzaken als jonge zalmen stroomafwaarts trekken.

Moezel: In totaal 22 waterkrachtcentrales, verdeeld over Duitsland (10), Luxemburg (2) en Frankrijk (10). Tot de monding van de belangrijkste zijrivieren, zoals de Kyll (D) en de Sauer (L/D) liggen er respectievelijk 9 en 10 waterkrachtcentrales.

Lahn: Zeer intensief gestuwde rivier met meer dan 10 waterkrachtcentrales tot aan de belangrijkste zalmrivieren Dill (D) en Weil (D).

Main: In totaal 34 waterkrachtcentrales, waarvan 6 in Hessen en 28 in Beieren. Tot aan de eerste belangrijke zijrivier, de Kinzig (D), zijn er 6 waterkrachtcentrales.

Neckar: In totaal meer dan 20 waterkrachtcentrales. De zijrivieren die geschikt zijn voor de zalm monden pas bovenstrooms van (meer dan) 10 waterkrachtcentrales uit in de Neckar (D).

Murg: 17 waterkrachtcentrales tot Forbach (prioritair herintroductietraject) die visschade kunnen veroorzaken als jonge zalmen stroomafwaarts trekken.

Alb: 6 waterkrachtcentrales die visschade kunnen veroorzaken als jonge zalmen stroomafwaarts trekken.

Rench: In het gebied onder de monding van de Liepach dat op middellange termijn zal worden gebruikt voor de herintroductie van de zalm zijn er 16 waterkrachtcentrales aangelegd; in het daarop aansluitende bovenstroomse traject tot Bad Peterstal, dat morfologisch gezien geschikt is voor trekvissen, worden er nog eens 6 installaties geëxploiteerd.

Ill en zijrivieren in de Elzas: In de benedenloop van de Ill zijn er momenteel 5 waterkrachtcentrales in gebruik. De belangrijkste zijrivieren voor salmoniden, de Bruche en de Fecht, zijn uitgerust met respectievelijk één en minder dan 10 waterkrachtcentrales. Voor deze stromende wateren bestaat de verplichting ze vrij passeerbaar te maken voor trekvissen.

Kinzig: In het herintroductiegebied voor de zalm onder de monding van de Kleine Kinzig zijn er momenteel 16 kleine waterkrachtcentrales in gebruik; andere centrales liggen in de zijrivieren van de Kinzig Schiltach, Gutach en Wolfach.

De in tabel 2 (hfst. 2) afgebeelde ruimtelijke verdeling van de voortplanting van de zalm en de schets van de gebruikte voortplantingsgebieden van de zeepril tonen aan dat bijna alle projectwateren c.q. watertrajecten die de soorten na het herstel van de longitudinale passeerbaarheid kunnen bereiken binnen enkele jaren ook daadwerkelijk worden opgezocht en gebruikt als paaigebied. In sommige ontsloten wateren c.q. watertrajecten kent de zalm een zeer groot reproductief succes. Wateren c.q. watertrajecten die slechts beperkt toegankelijk zijn, zoeken de vissen niet of zelden op; hier is het voortplantingssucces gering. Dientengevolge kan worden vastgesteld dat passeerbaarheid een factor van belang is voor het herstel van een natuurlijke zalmopulatie en dat de beperkte passeerbaarheid in bepaalde stroomgebieden (nog) een limiterende werking heeft.

Als de voor de herintroductie gebruikte stammen worden beschouwd als voortplantingseenheden (populaties in bredere zin; vgl hfst. 2) kan voor de Ätranstam een beperkend effect worden uitgesloten, omdat de bereikbare paaigronden en opgroeihabitats

nu al 120 – 140 hectare groot zijn (wat overeenkomt met een potentiële natuurlijke smoltproductie van 120.000 – 140.000 individuen).

De Allierstam beschikt momenteel slechts over 5 - 7 ha bereikbare goed en matig geschikte paaigrond en opgroeihabitat in de zijrivieren (max. rond 5.000 wilde smolts mogelijk). Over de voortplantingsmogelijkheden in de Rijn zijn er amper betrouwbare gegevens beschikbaar. Daarom is het zeer waarschijnlijk dat de passeerbaarheid voor deze stam op dit moment nog een erg limiterende factor is en dat - uitgaande van de *status-quo* – de kans dat een stabiele populatie tot ontwikkeling komt erg laag is.

Wordt de factor per stroomgebied bekeken (= op het niveau van toekomstige populaties c.q. subpopulaties) dan bestaat er op dit moment een limiterend effect voor alle zijrivieren van de Moezel (gebruikte stam: Ätran), het Illsysteem, de Alb, de Murg, de Rench, de Kinzig en voor alle systemen c.q. trajecten stroomopwaarts van de stuw Straatsburg, d.w.z. het Elz-Dreisamsysteem, de oude loop van de Rijn, de Wiese, de Birs, de Ergolz, de hoofdstroom van de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn en de Hoogrijn (gebruikte stam: Allier).

Opmerking: De zijrivieren uit het Zwarte Woud zullen grotendeels voor 2012 passeerbaar worden gemaakt in het kader van de implementatie van de EG-Kaderrichtlijn Water.

Bij de zeeforel en de elft, twee soorten die worden gekenmerkt door tamelijk hoge straying percentages, kan als de passeerbaarheid wordt hersteld een geleidelijke uitbreiding van de populaties naar de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn en de Moezel worden verwacht. Bij de zeeprik, een soort die uitsluitend zwerft, (en de rivierprik) kan zelfs worden gerekend op een onmiddellijke herkolonisatie van deze rivieren dan wel riviertrajecten.

Voor de stroomafwaartse vismigratie kan op basis van de beschikbare gegevens niet worden beoordeeld vanaf hoeveel waterkrachtcentrales (cumulatief) er sprake is van een beperkende factor als gevolg van de cumulatieve sterfte, omdat de werkelijke mortaliteitscijfers van salmonidensmolts voor geen enkele grote krachtcentrale bekend zijn (in een onderzoek aan de krachtcentrale Dettelbach in de Main is voor 244 meestal kleine beekforellen een mortaliteitscijfer van 15% vastgesteld, kaplanturbine, vgl. HOLZNER, 1999). Voor de krachtcentrales in de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn wordt in het Stucky-onderzoek (Stucky, 2006) uitgegaan van een mortaliteit van 5% per centrale. In dit verband is geen rekening gehouden met het effect van de vertraging van de uittrek en het daarmee samenhangende toenemende predatierisico voor smolts in stuwgebieden; de hieruit voortvloeiende verliezen kunnen in het slechtste geval (afhankelijk van de afvoeromstandigheden, de troebelheid en de aanwezigheid van roofdieren) groter zijn dan de mortaliteit door turbinepassage.

In koelwaterinlaten werden er tot dusver slechts betrekkelijk weinig smolts vastgesteld (in tegenstelling tot zeepriklarven) (KORTE, WEIBEL; mondelinge mededeling).

Aangezien het daadwerkelijke aantal teruggekeerde zalmen in Iffezheim en Gamsheim geen significante verschillen vertoont t.o.v. het voorspelde aantal terugkeerders kunnen er geen conclusies worden getrokken over de mortaliteit in de krachtcentrale Gamsheim. Volgens de bestaande gegevensbasis lijken de mortaliteitscijfers tussen de groepen “Ill-Murgsysteem” en “zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn” vergelijkbaar te zijn.

Omdat de problematiek van de stroomafwaartse vismigratie *per se* een potentiële beperkende factor vormt, die echter varieert afhankelijk van het overlevingspercentage aan de afzonderlijke krachtcentrales en van het aantal krachtcentrales, bestaat er voor de installatie van visgeleidingssystemen of een aangepast turbinebeheer ten minste in de zijrivieren geen alternatief. Voor de grote krachtcentrales zou eerst de mortaliteit moeten worden onderzocht. Er wordt nadrukkelijk op gewezen dat compenserende uitzetting en het transporteren van vis geen duurzame oplossing zijn.

Bij gebrek aan voldoende gegevens is voor het traject Iffezheim - oude loop van de Rijn (zeven waterkrachtcentrales) *bij wijze van voorbeeld* een berekening uitgevoerd waarmee het overlevingspercentage voor verschillende mortaliteitscijfers in beeld wordt gebracht en waarin rekening is gehouden met het potentiële aantal smolts afkomstig van natuurlijke

voorplanting (rond 190.000 individuen) vanaf de oude loop van de Rijn tot Zwitserland (tab. 12, vgl. fig. 16 & 17). De bepalende factor blijft echter het totale *terugkeerpercentage* dat – zoals weergegeven – noch voldoende exact kan worden vastgesteld voor de actuele populatie noch kan worden voorspeld voor een toekomstige “aangepaste” populatie. Als hypothese kan worden gesteld dat bij een mortaliteit van 3% per centrale (streefwaarde; incl. verhoogd predatierisico als gevolg van de barrièrewerking van de stuw) een populatie zichzelf in stand kan houden en dat bij een mortaliteit van $\geq 7\%$ de kansen drastisch dalen (vgl. voorbeeldberekening in hfst. 4.6, tab. 18 a-g). Als er wordt uitgegaan van een *theoretische* maat voor de mortaliteit van thans 5% per centrale (vgl. Stucky, 2006; maximumwaarde afhankelijk van de afvoer, zonder passage over de stuwen) dan zouden de visbeschermingsmaatregelen een totale effectiviteit van circa 40% moeten bereiken.

Op de relatie tussen mortaliteit als gevolg van waterkrachtcentrales en afvoeromstandigheden in het tijdsvenster van de smoltuittrek wordt hieronder ingegaan (“factoren temperatuur en afvoer”). In tabel 15 (hfst. 4.2.5) wordt het verband verduidelijkt tussen de opwekking van hydro-elektriciteit (aantal wkc’s in het gehele stroomgebied en in de afzonderlijke projectwateren; inschatting van de sterfte) en de actuele voortgang van de projecten (bereikbaarheid van de habitats, vastgestelde voortplanting en inschatting van het voortplantingssucces in 2008; vgl. ook tabel 2).

Tab. 12: Voorbeeld van de berekening van de cumulatieve mortaliteit en de potentiële smoltproductie van Iffezheim tot de oude loop van de Rijn (zeven waterkrachtcentrales); de gegeven mortaliteitscijfers passen in een pessimistische hypothese die ervan uitgaat dat alle individuen in de turbines terechtkomen (geen migratie via stuwen en sluizen)

Mortaliteit per centrale [%]	Cumulatieve mortaliteit van zeven centrales [%]	Van 190.000 smolts overleven er
3	19,2	153.517
4	24,9	142.775
5	30,2	132.684
7	39,8	114.323
10	52,2	90.876
15	67,9	60.910
20	79,0	39.846

Functionaliteit van voorzieningen voor de stroomopwaartse vismigratie

De *functionaliteit* van stroomopwaartse vismigratievoorzieningen wordt bepaald door de factoren *vindbaarheid* en *passeerbaarheid*.

Criteria m.b.t. de vindbaarheid van intrekvoorzieningen

De vindbaarheid is zowel afhankelijk van de plaats van de inzwemopening als van het volume van de lokstroom. Door vispassages / stroomopwaartse vismigratievoorzieningen dient bij wijze van richtwaarde ca. 1% van het ontwerpdebiet van de krachtcentrale te worden afgevoerd (opmerking: in Iffezheim en Gamsheim bedraagt de lokstroom respectievelijk 13 m³/s en 15 m³/s, dit is 1,2% en 1,4% van het ontwerpdebiet). De plaats van de inzwemopeningen en de hydrodynamische omstandigheden aan de ingang zijn belangrijke, aanvullende factoren.

Bij de planning van de vispassage in Iffezheim in 1997 is ervan uitgegaan dat gelijktijdig met en direct naast de vispassage een vijfde turbine zou worden aangelegd, d.w.z. dat in de voorafgaande hydraulische tests de toestand met een vijfde turbine als basis is genomen. Bij

de bouw van de vispassage in 1999/2000 is er ruimte voor de vijfde turbine vrijgehouden, maar de aanleg zelf werd uitgesteld. Volgens de huidige stand van zaken zal de turbine in 2009 worden gebouwd.

Zowel in Iffezheim als in Gamsheim bestaat bij afvoeren die de ontwerpcapaciteit van de krachtcentrale duidelijk overschrijden een *potentieel* (niet in onderzoeken bevestigd) probleem aan de kant van de stuw (geen vispassage, gebied ruimtelijk geïsoleerd door een scheidingsdam). Doodlopende effecten (lokstromen in zones zonder stroomopwaartse vismigratievoorziening) kunnen indien nodig worden gereduceerd door de aanleg van extra vispassages. Verdergaande algemene, *locatie onafhankelijke* criteria zijn er niet.

Criteria m.b.t. de passeerbaarheid van intrekvoorzieningen

Wat de *passeerbaarheid voor grote salmoniden* betreft, vormen de huidige stroomopwaartse migratievoorzieningen in de Sieg (Buisdorf), de Moezel (Koblenz), de Duits-Franse Bovenrijn (Iffezheim, Gamsheim) en de Duitse Nederrijn geen belemmering voor de zalm, de zeeforel en de zeeprick. Dit geldt ook voor alle in het Stucky-onderzoek (2005, 2006) voorgestelde varianten voor verdere vispassages in Straatsburg, Gerstheim, Rhinau, Marckolsheim en Vogelgrün (hfst. 5). Voor grote salmoniden kunnen de volgende afmetingen als minimale richtwaarden worden genoemd: lengte van de bekkens 3,3 m, breedte 2,2 m, diepte 65 cm, diepte van de vertical slot 45 cm, breedte van de vertical slot 33 cm, Δh tussen de bekkens 30 cm; de maximale hydraulische richtwaarden liggen bij 2,2 m/s in *jets* (sleuven) en 200-300 watt/m³ maximale energieopwekking.

Omdat de elft gevoelig reageert op turbulentie mag het hoogteverschil tussen de bekkens niet groter zijn dan 20-25 cm, ook om een gerichte stroming te genereren. Hoogteverschillen van meer dan 30 cm zijn niet aan te bevelen. Bovendien moeten de bekkens in stroomopwaartse vismigratievoorziening volgens LARINIER & TRAVADE (2002a) bepaalde afmetingen bezitten (o.a. minimale diepte 120 cm). De elft migreert in scholen en stroomopwaartse migratievoorzieningen moeten zo zijn ontworpen dat de scholen hierin niet worden opgedeeld. De slots mogen niet smaller zijn dan 45-50 cm. De toevoer van luchtbellens moet beperkt zijn en de energiedissipatie in de bekkens mag niet groter zijn dan 150 watt/m³. Als aan deze criteria is voldaan, zijn over het algemeen afvoeren groter dan 1 m³/s en bekkens met een volume van meer dan 12 m³ nodig.

Opmerking: Voor de varianten in "scenario 1" die in het Stucky-onderzoek worden voorgesteld, wordt voor de krachtcentrales Straatsburg, Gerstheim, Rhinau en Marckolsheim Δh 30 cm aangegeven; vgl. hfst. 4 voorgestelde maatregelen.

Criteria m.b.t. de vindbaarheid en de passeerbaarheid van uittrekvoorzieningen

Omdat visbeschermings- en visgeleidingssystemen die als gedragsbarrières moeten werken (luchtbellens, geluid) in de praktijk meestal niet het gewenste effect sorteren, wordt volgens de huidige stand van de techniek vooral de combinatie van mechanische barrières (roosters) met een bypassoplossing om de vissen langs de turbine te leiden beschouwd als effectieve bouwkundige oplossing.

Voor salmonidensmolts worden ondiepe bypasses in combinatie met beschermingsroosters aanbevolen. De spijlenafstand van het (indien mogelijk schuin aangebrachte) rooster moet zo klein mogelijk zijn en mag, al naargelang van de geconsulteerde bron, niet groter zijn dan 10 tot 15-20 mm (vgl. ATV-DVWK, 2004; INGENIEURSBUREAU FLOECKSMÜHLE, 2005a; TRAVADE, 2006). De aanstroomsnelheid mag maximaal 0,5 – 0,6 m/s bedragen.

Aan kleine krachtcentrales kan er met de huidige technieken meestal zonder enig probleem voor worden gezorgd dat vissen veilig stroomafwaarts kunnen trekken. In de Kinzig bij Steinach (Baden-Württemberg) wordt sinds drie jaar een pilotinstallatie van de "circulating rake" gebruikt (rolrooster uit circulerende, geperforeerde platen; www.hydroenergie.de). In verschillende zijrivieren van de Rijn zijn ook andere types fijnroosters, zoals verticale

roosters (10 mm) en horizontale roosters gecombineerd met uittrekfaciliteiten aangelegd en getest; deze installaties kunnen worden gebruikt aan centrales van kleine en middelgrote omvang. Voor salmoniden, die dicht onder het wateroppervlak uittrekken, hebben bij *grotere* centrales met een ontwerpcapaciteit tot 100 m³/s inlaatroosters hun waarde bewezen; deze roosters werken op smolts als een *gedragsbarrière*. Opdat deze voorzieningen aan hun doel beantwoorden, moeten de roosters fijnmazig genoeg zijn (20-40 mm) en mag de stroomsnelheid de 0,5 m/s niet overschrijden. Volgens TRAVADE (schriftelijke mededeling) kan deze techniek als gevolg van de vereiste spijlenafstand en stroomsnelheid niet worden toegepast in de Rijn.

De *vindbaarheid* van bypasses voor smolts kan misschien worden verbeterd met lokstroom en geleiding (licht, evt. infrason geluid) (vgl. voorgestelde maatregelen in hfst. 4).

In Frankrijk zijn succesvolle nachttests uitgevoerd met extra lichtbronnen (kwikdamplampen 50 – 80 watt) voor smolts (lokeffect). Volgens nieuwere inzichten lokt infrason geluid bij vissen een vluchtreactie uit die wordt geïnterpreteerd als vermindering van predatoren en niet vatbaar is voor gewenning (afschrikeffect). Deze techniek is evenwel nog niet geperfectioneerd. Het mogelijke gebruik van lichtbronnen en infrason geluid blijft tot dusver beperkt tot kleine en middelgrote waterkrachtcentrales.

Een tweede mogelijkheid is zogenaamd turbinebeheer, d.w.z. dat de turbines (gedeeltelijk) worden stilgelegd tijdens stroomafwaartse migratiepieken. Als een deel van de turbines wordt uitgeschakeld, wordt de afvoer geconcentreerd door een kleiner aantal turbines gejaagd. Gezien de technische problemen bij de toepassing van visbeschermingssystemen aan grote waterkrachtcentrales vormt turbinebeheer momenteel de enige optie voor grote wkc's. Turbines stilleggen leidt wel tot aanzienlijke productieverliezen. De afvoer concentreren op een klein aantal turbines (d.w.z. een paar turbines op maximale kracht laten draaien) gaat daarentegen gepaard met veel kleinere productieverliezen en is al meermaals toegepast in de Moezel (RWE-krachtcentrale in Koblenz) (SCHNEIDER, 2007a).

Mechanische contacten (botsing) met het loopwiel of de schoepen en de starre of bewegende delen van de turbine leiden tot mechanische verwondingen. De positie van zowel de lei- als de turbineschoepen wordt beïnvloed door de belasting van en dus het debiet door de turbine. Dat betekent dat het aantal mechanische verwondingen afhangt van de hoeveelheid water die door de turbine wordt gejaagd. Ook de druk en de stroming in de turbine zijn afhankelijk van de belasting van het systeem. De effecten van een ander debiet kunnen niet globaal worden ingeschat en zijn volgens de huidige stand van de kennis afhankelijk van verschillende randvoorwaarden (o.a. de vissoort, de lengte van de vis, hydraulische omstandigheden). Een maximaal debiet reduceert (in verhouding tot de lengte van de vis) het risico op mechanische beschadigingen als gevolg van botsing met delen van de turbine (vooral de rotorbladen), maar verhoogt tegelijkertijd turbulentie, schuifkrachten en drukverschillen (waaronder o.a. salmonidensmolts erg lijden).

In een onderzoek van HOLZNER (1999) liet de aal een lagere mortaliteit zien bij een hoger turbinevermogen (twee kaplanturbines van elk 2,2 MW). Het huidige beheer van een waterkrachtcentrale (vier horizontale kaplanturbines; in totaal 14 MW; maximaal vermogen bij 102,5 m³/s) bij Linne in de Maas (gemiddeld debiet 230 m³/s) is door BUIJSE (2009, persoonlijke mededeling) vergeleken met een alternatief waarbij zo weinig mogelijk turbines ingeschakeld worden om daarmee zo veel mogelijk debiet per turbine te verkrijgen. Ook in dit specifieke geval kan de sterfte van alen door mechanische beschadiging worden teruggebracht met ongeveer 35%.

Omdat de lengte van de vissen een belangrijke factor is in de sterfte door botsing met delen van de turbine is het effect van het gedeeltelijk uitschakelen van de installatie voor zalmsmolts waarschijnlijk kleiner dan voor alen. SKALSKI *et al.* (2002) konden bij (relatief kleine) smolts van Pacifische zalmen geen effect vaststellen. De grotere smolts van de Atlantische zalm zouden daarentegen wel een positieve werking kunnen ondervinden. Volgens CALDERWOOD (1945; geciteerd in DAVIES, 1988) is de overleving van zalmsmolts optimaal in francisturbines met een hoog debiet ("wanneer de leischoppen automatisch volledig opengaan"). HOLZNER (1999) stelde daarentegen bij een hoger turbinevermogen een

licht verhoogde mortaliteit vast bij (relatief grote) beekforellen. TREFETHEN (1968, geciteerd in HOLZNER, 1999) geeft aan dat vooral een zeer hoog debiet door de turbines (in de buurt van de ontwerpcapaciteit van de installatie) de verliezen onder jonge salmoniden duidelijk deed stijgen. TAYLOR & KYNARD (1985) stelden aan de hand van een 17 MW kaplanturbine (valhoogte 15,5 m; vijf schoepen; doorsnede van het loopwiel 4,318 m; 225 toeren per minuut) vast dat de sterfte onder de onderzochte elfsoorten bij 16,5 MW gemiddeld 62% bedroeg en daarmee duidelijk lager was dan de 82% die werd geregistreerd bij 12 MW. Volgens de wetenschappers is dit te wijten aan het feit dat de turbine bij een vermogen van 16,5 MW een optimaal rendement heeft. Uitgaande van een literatuuronderzoek is volgens DAVIES (1988) benutting van 90% van het turbinevermogen optimaal; daarbij differentieert hij evenwel niet naar vissoorten. Waarschijnlijk beschikt elke locatie en elke centrale dan ook over een eigen “visvriendelijk” debiet dat specifiek is voor de constructie van de centrale en de aangetroffen vissoorten; een te hoog debiet benadeelt gevoelige soorten als gevolg van de drukverschillen, een te laag debiet hindert grote exemplaren door botsing met delen van de turbine.

Zonder onderzoek aan de krachtcentrales in de Rijn kan het effect van een aangepast turbinebeheer daarom niet worden gekwantificeerd. Wel dient te worden gezegd dat ook kleine positieve effecten aan meerdere, opeenvolgende waterkrachtcentrales een significante cumulatieve werking kunnen hebben.

Voor turbinebeheer is kennis over de biologie van de soorten onontbeerlijk:

- Welke migratieroutes worden voornamelijk gebruikt in de waterkolom?
- Welke trekperiodes zijn er en welke fysisch-chemische parameters fungeren als startschot voor de trek?

Voor de zalm is bekend dat hij dicht onder het oppervlak migreert en de oeverzone mijdt. De migratiepiek vanuit de opgroeihabitats vindt plaats tussen begin april en medio mei en begint zodra de watertemperatuur ca. 8°C heeft bereikt en de afvoeren beginnen te stijgen (vaak, maar niet uitsluitend). De migratiepiek in de Duits-Franse Bovenrijn en de Moezel vindt plaats in de periode van eind april tot eind juni (zie tabel 5), het hoogseizoen duurt zelden langer dan zes tot acht weken. Anders dan werd vooropgesteld in het Stucky-onderzoek migreerden de gezenderde smolts niet overwegend 's nachts, maar voornamelijk overdag en tijdens de ochtend- en avondschemering, dus *hoofdzakelijk* over een periode van 14-16 uur (fig. 31). Uit langjarige onderzoeken (IBBOTSON *et al.*, 2006) zijn variërende voorkeuren gebleken die correleren met de watertemperatuur en de trekperiode: onder de 12°C en aan het begin van de trekperiode vond de migratie voornamelijk 's nachts plaats, boven de 12°C en aan het eind van de trekperiode kon geen preferentie worden vastgesteld. Het aantal vissen dat migreerde tijdens de schemering was in de hele periode klein.

Turbinebeheer in de lente heeft waarschijnlijk een duidelijk positief effect op salmonidensmolts. Voor de overige visfauna moeten echter andere duurzame oplossingen worden ontwikkeld.

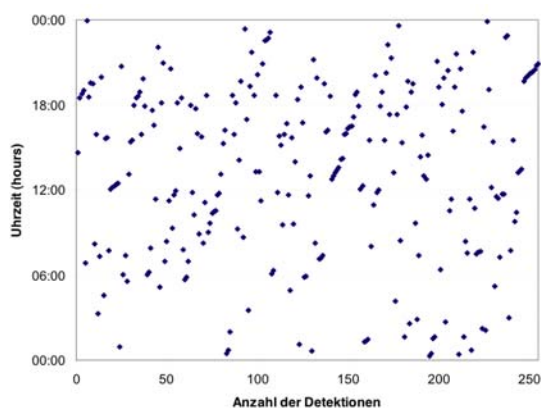


Fig. 31: Verdeling over de dag van de migratieactiviteit van zalmsmolts in het kader van zenderonderzoeken (uit: INGENDAHL, 2007)

De mortaliteitscijfers bij de turbinepassage verschillen erg van vissoort tot vissoort en variëren sterk afhankelijk van de ontwerpcapaciteit, de locatie van de waterkrachtcentrale (visgebied; betrokken soorten), het turbinetype en de valhoogtes. Op basis van de weinige gegevens die beschikbaar zijn, kan worden geconcludeerd dat kaplan- en buisturbines "visvriendelijker" zijn dan francisturbines en dat de sterfte in kleine waterkrachtcentrales (zalmsmolts ca. 10 tot > 50%) hoger is dan in grote krachtcentrales met langzaam draaiende turbines (ca. 5 tot 20%). Als gevolg van de genoemde variaties lijkt het onmogelijk om de mortaliteit van een centrale of zelfs het cumulatieve effect van een groot aantal centrales voldoende exact te voorspellen (zie hierboven). Volgens LARINIER & TRAVADE (2002b) zijn er eerste wiskundige modellen die aantonen dat in de bovenstaande berekeningen de sterfte in grote kaplanturbines enigszins is overschat; de mortaliteit van jonge salmoniden bedraagt volgens hen in grote kaplanturbines met een kleine valhoogte "over het algemeen minder dan 5%". HOLZNER (1999) zegt daarentegen dat in de rekenmethode die LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989) oorspronkelijk voorstelden de *berekende* beschadiging van beekforellen (< 10%) de *daadwerkelijke* beschadiging (15%) "duidelijk onderschrijft". Ook een omvangrijk literatuuronderzoek van HÖFER & RIEDMÜLLER (1996) laat voor jonge salmoniden in kaplanturbines > 19 MW meestal een hogere mortaliteit (3,1 tot 22%) zien:

- Kaplan 19,5 MW: Chinook-zalm 10 cm 4,5-22%
- Kaplan 54,5 MW: Chinook-zalm 8-12 cm 11-15%;
- Kaplan 52,7 MW: Coho-zalm 11,3-11,9 cm 7%; Steelhead 16,5 cm 3,1%;
- Kaplan 55,2 MW: Steelhead-smolts 16%.

Het totale vermogen van de telkens vier (kaplan-)buisturbines in Iffezheim en Gamsbheim bedraagt in beide gevallen circa 100 MW (ongeveer 25 MW per turbine) (vgl. brochure van EnBW / EdF). Voor de verder bovenstrooms gelegen krachtcentrales in de Rijn worden in het Stucky-rapport (2006) de volgende waarden gegeven: Straatsburg beschikt over zes (kaplan-)buisturbines met een vermogen van elk 24,5 MW, Gerstheim heeft zes (kaplan-)buisturbines van elk 23,7 MW, Rhinau heeft vier kaplanturbines van elk 37,8 MW, Marckolsheim heeft vier kaplanturbines van elk 37,8 MW en Vogelgrün heeft vier kaplanturbines van elk 35,1 MW. De sterfte onder zalmsmolts wordt in het Stucky-onderzoek *globaal* vastgesteld op 5%.

Over het gebruik van scheepvaartsluizen voor de stroomafwaartse vismigratie is op dit moment geen informatie beschikbaar. Omdat smolts bovenstrooms van migratiebarrières zoekgedrag vertonen en aan de verhoogde predatiedruk in de stuwgebieden proberen te ontkomen, is het niet onwaarschijnlijk dat een klein aandeel smolts via de sluizen stroomafwaarts trekt. Of dit leidt tot meer sterfte als gevolg van de trek door de uitlaatleidingen en/of als gevolg van scheepsschroeven of dat het mortaliteitscijfer hier misschien zelfs hoger is dan bij de turbinepassage kan niet worden gezegd.

Waterkracht en passeerbaarheid – het standpunt van de ICBR (uit ICBR-rapport 140)

- Trajecten die nog vrij afstromen moeten absoluut bewaard blijven. Er worden geen extra waterkrachtcentrales aangelegd, vooral niet aan kansrijke rivieren voor de herintroductie van trekvissen en aan rivieren waar de toestand kritisch is, totdat oplossingen zijn gevonden om visschade zo veel mogelijk te voorkomen.
- Aanleg van visbeschermings- en uittrekvoorzieningen met controle van hun biologisch en technisch functioneren in normaal bedrijf.
- De verplichting voor exploitanten van waterkrachtcentrales om vissterfte en visschade te voorkomen, maakt het mogelijk om bepaalde eisen te stellen aan nieuwe en bestaande krachtcentrales. Bij waterkrachtcentrales op bijzonder ongunstige locaties wordt gekeken of ze kunnen worden verwijderd.
- De verdere verbetering en ontwikkeling van methoden ter voorkoming of beperking van sterfte door turbines krijgt hoge prioriteit (ontwikkeling van "visvriendelijke" turbines, observatie van het trekgedrag van de vissen, geleidingssystemen,

stroomafwaartse vismigratievoorzieningen en stilleggen van de turbines in uittrekperiodes).

- Geplande of bestaande waterkrachtcentrales worden getoetst op hun milieuvriendelijkheid, rekening houdend met het hele aquatische systeem. Te vaak is de verlening van een vergunning voor kleine krachtcentrales in kleine rivieren een beslissing over een alleenstaand geval waarin de totaalsituatie in het aquatische systeem niet wordt meegenomen. De voortplantingsgebieden van bijv. de zalm en de zeeforel liggen echter precies in de kleinere zijrivieren.
- De aanleg of uitbreiding van waterkrachtcentrales wordt beoordeeld rekening houdend met waterecologische investeringen en maatregelen, met inbegrip van de lopende trekvisprogramma's in de staten, teneinde contraire investeringen van publieke middelen (subsidiëring van zogenaamde "groene energie" op probleemlocaties) uit te sluiten.
- Met het oog op de implementatie van de Kaderrichtlijn Water worden voor waterkrachtcentrales eventueel kosten-batenanalyses ingevoerd.

Om visschade als gevolg van waterkrachtcentrales te voorkomen of te reduceren, bestaan er al voorschriften en technieken die in de eerste plaats moeten worden toegepast, maar ook verder ontwikkeld in onderzoeksprojecten. [...]

Als vissen stroomafwaarts trekken door de turbines van waterkrachtcentrales ondervinden ze schade die afhankelijk is van de vissoort, de grootte van de vis en van technische parameters in de centrale. Wanneer op de migratieroute de centrales elkaar opvolgen, loopt de schade op.

Het huidige aantal waterkrachtcentrales in de zijrivieren van de Rijn vormt een reëel en direct gevaar voor de trekvispopulaties.

Het is absoluut noodzakelijk om de totale mortaliteit in deze wateren aantoonbaar terug te brengen tot een voor de afzonderlijke vispopulaties aanvaardbaar niveau.

Om dit aanvaardbare niveau te bereiken, wordt aanbevolen om

- 1) de bouw van extra (kleine) waterkrachtcentrales slechts bij uitzondering toe te staan;
- 2) de installatie van technische beschermingsvoorzieningen en stroomafwaartse migratievoorzieningen aan bestaande waterkrachtcentrales te bespoedigen;
- 3) bijzonder schadelijke waterkrachtcentrales indien mogelijk te ontmantelen.

Als vissen stroomafwaarts trekken door de turbines van waterkrachtcentrales ondervinden ze schade die afhankelijk is van de vissoort, de grootte van de vis en de technische parameters in de centrale. Wanneer op de migratieroute de centrales elkaar opvolgen, loopt de schade op (cumulatief effect). Het huidige aantal waterkrachtcentrales in de zijrivieren van de Rijn vormt een gevaar voor de trekvispopulaties. Daarom is het absoluut noodzakelijk om de totale mortaliteit in deze wateren aantoonbaar terug te brengen tot een voor de afzonderlijke vispopulaties aanvaardbaar niveau. Vooral de zalmpopulatie wordt bedreigd door de mortaliteit, omdat deze soort weinig zwerft en verliezen nagenoeg uitsluitend moeten worden gecompenseerd door de voortplanting bovenstreams.

De passeerbaarheid is in de Duits-Franse Bovenrijn (bovenstreams van Straatsburg), de Moezel en verschillende zijrivieren (o.a. de Kinzig, de Murg, de Rench en het Illsysteem) een duidelijk beperkende factor. De effecten op de apart beheerde zalmpopulaties van de Ätran-

en Allierstam zijn verschillend. Voor de Ätranpopulatie bestaan er lokale tekorten, waarbij dient te worden gezegd dat ook grotere subsystemen met een aanzienlijk potentieel nog niet (Moezel) of onvoldoende (Sieg, Wupper-Dhünn) zijn ontsloten. De passeerbaarheid zoals gegeven in 2008 volstaat echter om stabiele Ätranpopulaties te behouden. Voor de Allierstam zijn de tekorten in de Rijn en in de zijrivieren momenteel nog zo groot dat er nu naar alle waarschijnlijkheid geen stabiele populatie kan worden bereikt. Het parallelle ontsluiten van het Elz-Dreisamsysteem, de oude loop van de Rijn en de systemen van de Kinzig en de Ill is bevorderlijk voor de totstandbrenging van een stabiele populatie (> 300 terugkerende vissen per subsysteem, genetische uitwisseling met buurpopulaties). Bij het huidige terugkeerpercentage van <1% moet een habitatgebied van meer dan 30 – 50 ha (productiecapaciteit voor 30.000 – 50.000 smolts) beschikbaar zijn per subpopulatie. Het herstel van de passeerbaarheid tot in Zwitserland zal op middellange termijn de visstand doen toenemen en de populatie veilig stellen.

Bij de zeeforel en de elft, twee soorten die worden gekenmerkt door tamelijk hoge straying percentages, kan als de passeerbaarheid wordt hersteld een geleidelijke, zelfstandige uitbreiding van de populaties in de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn en de Moezel worden verwacht. Bij de zeeprík, een soort die uitsluitend zwerft, kan – gezien de vastgestelde hoge herkolonisationsdruk (vgl. hfst. 2) – zelfs worden gerekend op een *onmiddellijke*, zelfstandige herkolonisatie van deze rivier(trajecten); hetzelfde geldt voor de rivierprík.

Voor het herstel van de passeerbaarheid zijn zowel stroomopwaartse als stroomafwaartse vismigratievoorzieningen nodig. Bij de stroomopwaartse migratie zijn er m.b.t. de passeerbaarheid voor de elft ten minste in Iffezheim *potentiële* tekorten die verband houden met de belasting van het energiebudget van de vissen als gevolg van de turbulentie in de vispassage en het hoogteverschil tussen de bekkens (Δh 30 cm). Problemen met de vindbaarheid konden in Gamsheim dan wel niet worden vastgesteld, toch bestaat er zowel in Iffezheim als in Gamsheim bij afvoeren die de ontwerpcapaciteit van de krachtcentrale duidelijk overschrijden een *potentieel* probleem aan de kant van de stuw (geen vispassage, gebied ruimtelijk geïsoleerd door een scheidingsdam). Doodlopende effecten (lokstromen in zones zonder stroomopwaartse vismigratievoorzieningen) kunnen, als dit na onderzoek noodzakelijk blijkt (merk-hervangst experimenten, telemetrie), effectief worden gereduceerd door de aanleg van extra vispassages. Bij krachtcentrales in afgetakte trajecten lijkt het verstandig om beschermingssystemen (schermen, stromingsverdelers) te installeren op de punten waar het water dat door de turbines is gejaagd weer naar de hoofdstroom wordt afgevoerd.

Voor salmonidensmolts worden over het algemeen ondiepe bypasses in combinatie met schuin aangebrachte beschermingsroosters aanbevolen (spijlenafstand 10 – 20 mm; aanstroomsnelheid max. 0,5 – 0,6 m/s); lichtbronnen (evt. gecombineerd met geleidingssystemen op basis van infrason geluid; deze methode staat evenwel nog in de kinderschoenen) verhogen de vindbaarheid, maar zijn alleen in kleine en middelgrote wateren veelbelovend en bij grote waterkrachtcentrales nog niet genoeg getest.

Aan kleine en middelgrote waterkrachtcentrales komt de installatie van fijnroosters, zoals horizontale en verticale roosters of rolroosters (circulating rakes), in aanmerking (steeds in combinatie met voorzieningen voor de stroomafwaartse trek). Aan grote centrales, waarvoor thans geen technisch geperfectioneerde oplossingen bestaan, kan tijdelijk turbinebeheer (salmonidensmolts: 6-8 weken) het mortaliteitscijfer verlagen (een paar turbines op maximale kracht laten draaien terwijl de rest wordt stilgelegd).

Voor de Duits-Franse Bovenrijn moet vermoedelijk worden gestreefd naar een maximaal mortaliteitscijfer rond de 3% (incl. toegenomen risico op predatie als gevolg van de migratievertraging). Hiervoor moet waarschijnlijk het actuele mortaliteitscijfer worden gereduceerd. Vanwege het gebrek aan kennis over de bestaande mortaliteit kan de hypothese slechts worden begrepen als aanknopingspunt, wat betekent dat ze eerst moet worden onderzocht en gecontroleerd op plausibiliteit.

Vooral in kleine waterkrachtcentrales moet de sterfte worden gereduceerd, omdat het aantal wkc's én het mortaliteitscijfer per centrale relatief hoog is; de technische uitvoering vormt heden ten dage geen probleem meer. In Duitsland wordt het juridische plankader gevormd door de "Wet op de duurzame energie" (verhoogde vergoeding na ecologische verbeteringen).

De mortaliteit aan inlaatwerken van warmtekrachtcentrales langs de Rijn is bij molts *waarschijnlijk* lager dan bij andere jonge vissen, omdat molts bij hun trek eerder de as van de rivier houden. Bij elften (misschien) en prikken is de sterfte echter aanzienlijk. De sterftcijfers en de mogelijke oplossingen zijn in grote mate afhankelijk van de lokale omstandigheden.

Naar predatie op anadrome trekvis in het Rijnsysteem is amper onderzoek verricht.

In de paai- en opgroeiwateren van het vlagzalmgebied oefenen verschillende vissoorten, zoals de forel, de kopvoorn, de barbeel en de rivierdonderpad, een predatiedruk uit op jonge zalmen en zeeforellen. Deze predatiedruk verschilt naargelang van de grootte van de populatie en de kwaliteit van de habitat. "Verkeerde" beheersmaatregelen, zoals het uitzetten van forellen en/of regenboogforellen die in staat zijn tot prederen, kunnen de predatiedruk op broedjes en jonge parrs fors verhogen. SCHNEIDER (niet-gepubliceerde gegevens) vermoedt dat in de Nister (vlagzalmgebied) een niet te verwaarlozen predatiedruk rust op zalmen uit natuurlijke voortplanting. Deze druk gaat uit van de donderpad, die zijn populaties sterk heeft zien groeien, soortgelijk gestructureerde microhabitats als zalmen van de leeftijdscategorie 0+ bewoont en vooral in *kwalitatief hoogstaande* opgroeihabitats hoge dichtheden bereikt. Een vergelijkbare vaststelling hebben NEMITZ & MOLLS (1999) al gedaan in uitzetwateren in Noordrijn-Westfalen. De toename van de donderpad in de Nister lijkt te correleren met een duidelijke achteruitgang van zijn voedselconcurrenten de paling, de kopvoorn en de barbeel. De instorting van hun populaties staat dan weer in tijdelijk verband met de aankomst van de aalscholver in de Nister.

BLASEL (2004) geeft aan dat de aalscholver in de oude loop van de Rijn een zware predatiedruk veroorzaakt. In 2004 zouden op dit Rijntraject wel 1.200 individuen hebben overwinterd, wat heeft geleid tot een duidelijke reductie van de lokale visstand. Aan de Duits-Franse Bovenrijn zijn de afgelopen jaren bovendien meerdere nieuwe broedkolonies tot ontwikkeling gekomen. In de snelstromende wateren van het vlagzalmgebied zijn salmoniden, vlagzalmen en reofiele karperachtigen de belangrijkste prooien van de aalscholver.

De aalscholver predeert niet alleen op smolts in de migratiewateren, maar ook in de paaiwateren. In de maag van overwinterende aalscholvers in het Siegsysteem werden jonge zalmparrs aangetroffen (in 3 van 10 onderzochte magen), het verlies kon echter niet worden gekwantificeerd (SCHNEIDER, 2005). De grootste predatiedruk rust in de Rijn waarschijnlijk op het Nederlandse Deltagebied; de aalscholver broedt voornamelijk in het IJsselmeergebied, maar ook in aangrenzende gebieden. Momenteel zijn er meerdere tienduizend broedparen en lijkt het bestand relatief stabiel (KIECKBUSCH & KNIEF, 2007). Volgens VAN EERDEN (schriftelijke mededeling) is er in Nederland goede, recente informatie over het dieet van zes kolonies aalscholvers in het IJsselmeer (uit de zomer van 2008 en uit de afgelopen twee winters). De pos maakte, naar gewicht gerekend, 70% van het voedsel uit. Salmoniden werden niet aangetroffen, wel hier en daar wat aanwijzingen voor zeevis. De spiering is verder afgenomen ten opzichte van vroeger, hetzelfde geldt voor jonge snoekbaars. Deze vissen zijn qua lengte vergelijkbaar met zalmsmolts. Over het geheel genomen worden vooral soorten gevangen die in scholen en grote dichtheden voorkomen (zoals bijv. smolts).

Onder de roofvissen in de migratiewateren is de in het open water jagende roofblei naar alle waarschijnlijkheid een van de hoofdpredatoren (vóór meerval, snoekbaars en snoek). Deze soort wordt meestal tussen de 60 en 80 cm lang (zelden meer dan 100 cm). In de vispassage Iffezheim behoort de roofblei met circa 14% van de tellingen tot de dominante vissoorten. De sinds ongeveer tien jaar vastgestelde duidelijke toename en ruimtelijke verspreiding (van de Hoogrijn tot de Delta) van de roofbleipopulaties in de Rijn wordt als serieus te nemen factor beschouwd.

Benedenstreams van de stuwen speelt waarschijnlijk ook de meerval een rol als predator voor de *terugkeerders* (alle soorten). Exemplaren groter dan 150 cm komen in de Rijn vaak voor; deze roofvissen jagen op prooidieren tot 80 cm.

Aanwijzingen voor een reductie van de zalmsmoltpopulaties zijn te vinden in het IMARES-onderzoek (vgl. fig. 27). Volgens de studie verdwijnt bij de uittrek in de Middenrijn en de Duitse Nederrijn rond 27% van de smolts, in de Rijndelta 15-40% (telkens afgetrokken van de overgebleven restpopulatie); dat zijn 44.000 tot 67.000 individuen (oorspronkelijk aantal: 100.000 tot 250.000 individuen). De verliezen kunnen echter niet alleen worden

toegeschreven aan predatie, ook waterkrachtcentrales dragen waarschijnlijk aanzienlijk bij tot het verlies van smolts.

Deze resultaten worden op hoofdlijnen bevestigd door zenderonderzoeken uit 2006 en 2007 (INGENDAHL, 2007). De volgende tussenresultaten werden verkregen door gezenderde smolts te volgen:

- De belangrijkste migratieroute naar de Noordzee verloopt via Rijn → Waal → Haringvliet (N=23)
- De gemiddelde migratieduur van de Wupper naar de Noordzee bedraagt ca. 17 dagen
- Van de gemerkte vissen verdwijnt 23% op het Rijntraject in Noordrijn-Westfalen (2006: 41%); 17% verdwijnt in de Nederlandse Rijndelta (2006: 13%)
- Van 60 smolts die de Rijn bereiken, keren er 36 individuen terug naar de Noordzee (60% c.q. 46%)

De resultaten van de zenderonderzoeken kunnen echter niet direct worden vertaald naar het succes van de natuurlijke smoltuittrek, omdat de testvissen bijzonder grote tweejarige smolts waren die geen ervaring hadden in de vrije natuur. Omdat “naïeve” smolts uit aquacultuur makkelijker ten prooi vallen aan roofdieren vanwege hun onderontwikkeld vermijdingsgedrag t.a.v. predatoren is het mortaliteitscijfer waarschijnlijk meer dan dubbel zo hoog als bij wildsmolts.

Het aantal smolts dat de Noordzee bereikt, ligt volgens IMARES nog bij 34.000 tot 154.000 individuen, wat bij een gepostuleerd terugkeerpercentage in de paaewateren c.q. de controlestations van momenteel max. 0,5% overeenkomt met een terugkeercijfer van maximaal 170 tot 770 volwassen zalmen. Omdat het *aantal met zekerheid getelde vissen* in de jaren 2000 en 2007 (zonder Gambshiem vanwege mogelijke dubbele tellingen) tussen 314 (2004) en 722 (2000) schommelt en het aantal terugkeerders in 2007 groter was dan 1200, moet er evt. van een veel groter aantal smolts worden uitgegaan.

Op de relatie tussen predatiesucces en afvoeromstandigheden in het tijdsvenster van de smoltuittrek wordt hieronder ingegaan (“factoren temperatuur en afvoer”).

Er moet van worden uitgegaan dat stuwgebieden en secundaire mortaliteit onder krachtcentrales (jacht op gedesorienteerde vissen) de predatiedruk verhogen en dat van meerdere opeenvolgende centrales een significant cumulatief effect uitgaat. Gelet op de gegevensbasis lijkt het op dit moment nog niet mogelijk om te beoordelen of de factor predatie een *beperkende* rol speelt. Volgens de literatuur is de invloed op uitzetsmolts veel groter dan op wildsmolts; wat betekent dat naarmate de natuurlijke smoltproductie stijgt het belang van predatie waarschijnlijk duidelijk zal afnemen.

Aalscholver, roofblei, snoek, meerval en snoekbaars zijn geduchte predatoren van uittrekkende vissen; voor volwassen stroomopwaarts trekkende vissen zou – vooral benedenstrooms van de stuwen – de meerval een rol kunnen spelen.

In de opgroeiwateren zou de donderpad, als hij in hoge dichtheden voorkomt, een zware predatiedruk kunnen uitoefenen op broedjes en parrs van de leeftijdscategorie 0+.

Voor de invloed van de afvoeromstandigheden tijdens de smoltuittrek zie “factoren temperatuur en afvoer”.

Factoren temperatuur en afvoer

Afvoer

Inschatting: potentieel beperkende factor

Schommelingen in de afvoer hebben wel gevolgen voor de gekozen migratieroutes en trekperiodes van de zalm en de zeeforel in de Rijndelta (JURJENS, 2006), maar vormen over het algemeen geen beperkende factor. Uitzonderingen hierop zijn de relatie tussen de afvoer en de opening van de Haringvlietsluizen en het beheer van de stuwen in de Neder-Rijn en de Lek (Hagestein, Amerongen en Driel). In het verleden werden de Haringvlietsluizen bij afvoeren lager dan 1.200 m³/s gesloten (afvoer bij Lobith), waardoor ze werkten als een barrière. Tussen 1.200 en 1.700 m³/s was er een opening van 20 m², waarlangs goed zwemmende soorten mogelijk konden intrekken. Bij afvoeren boven de 1.700 m³/s werden de sluisen stapsgewijs verder geopend (0,45 m² per m³/s).

In 2003, een jaar met een zeer lage afvoer, waren de Haringvlietsluizen tijdens de belangrijkste migratieperiode van mei tot november nagenoeg de helft van de tijd gesloten; in 2004 waren de sluisen daarentegen op minder dan 5% van de dagen dicht. Tussen de twee jaren werden er aan de controlestations Iffezheim, Buisdorf/Sieg en Moezel/Koblenz evenwel noch voor de zalm, noch voor de zeeforel significante veranderingen opgetekend in het aantal optrekkende individuen. Desalniettemin wordt van de geleidelijke verandering van het sluisbeheer (van gesloten sluisen naar een zo goed als permanente kier tegen 2012 – 2015) vooral voor de minder rondzwervende zalm een duurzame verbetering van de intrekbaarheden verwacht. Volgens telemetrisch onderzoek vindt de sterker zwervende zeeforel eerder de alternatieve, altijd open migratieroute via de Nieuwe Waterweg (gegevens RIZA). Zalmen trekken daarentegen bijzonder vaak via het Haringvliet in. Daarna vormt de Waal en in mindere mate de Lek de belangrijkste migratieroute. Bij afvoeren onder de 1.800 m³/s komt de migratie via de Lek tot stilstand en trekken de salmoniden via de Noord naar de Waal (vgl. fig. 32). Het beheer van de sluis- en stuwcomplexen Hagestein, Amerongen en Driel (Lek en Neder-Rijn) en de daarmee verbonden migratiemogelijkheden zijn weergegeven in tabel 13 (vgl. JURJENS, 2006).

Tab. 13: Beheer van de stuwen afhankelijk van de afvoer en gevolgen voor de migratiemogelijkheden (intrek) (uit: Jurjens, 2006, aangepast).

Aantal gesloten stuwen	Afvoer bij Lobith m ³ /s	Periode (%)	Inschatting van de migratiemogelijkheid
0	> 3.500	10	goed
1	2.400-3.500	20	beperkt
2	1.400-2.300	50	slecht
3	< 1.400	20	zeer slecht

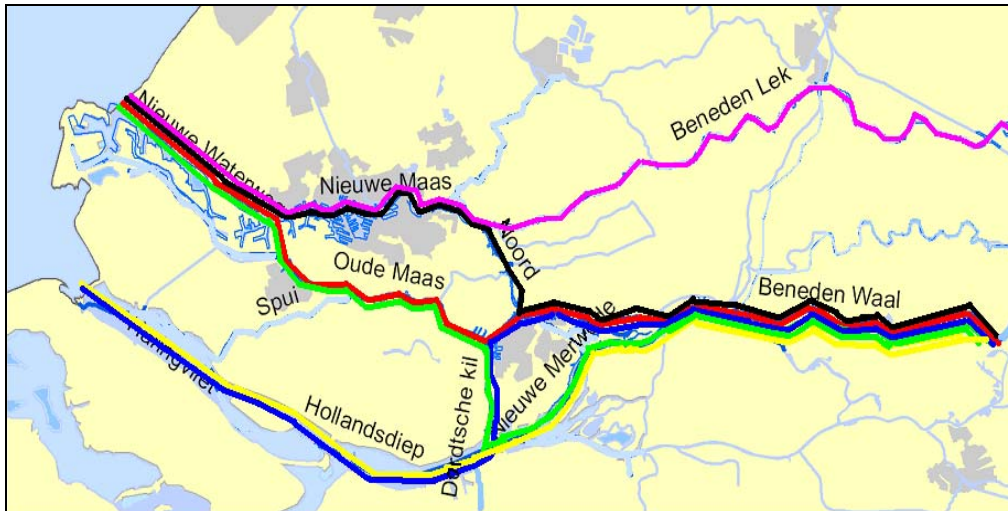


Fig. 32: Presentatie van de belangrijkste migratiewegen in de Rijndelta (uit: JURJENS, 2006).

In de zijrivieren oefenen de afvoerstandigheden een grote invloed uit op de stroomopwaartse trek van zalmen. Daarbij gaat het naast verschuivingen in de tijd (minder optrekkende vissen bij laagwater, de toename van de afvoer brengt een *run* op gang) blijktbaar ook om veranderingen in het totaal aantal optrekkende vissen. Als de gemiddelde afvoer in de Sieg in de tweede helft van de jaren 2000-2008 (meetpunt Betzdorf; LUWG-gegevens Rijnland-Paltes) wordt afgezet tegen de tellingen in het controlestation Sieg/Buisdorf kan in de afzonderlijke jaren een relatief nauw verband (correlatiecoëfficiënt 0,68) worden vastgesteld tussen de afvoer en het aantal stroomopwaarts trekkende vissen: hoe hoger de gemiddelde afvoer in een semester, hoe meer zalmen er optrekken en hoe lager de afvoer, hoe minder zalmen. Voor de Rijn (vergelijking van de gemiddelde jaarafvoer op het meetpunt Rees in de periode 2000-2007 met de tellingen in Iffezheim en de Sieg) kan een dergelijk verband echter niet worden ontdekt (correlatiecoëfficiënt 0,32 en 0,20; vgl. fig. 33a). Hierbij dient wel te worden gezegd dat het aantal terugkeerders ook afhangt van de intensiteit van de uitzet die heeft plaatsgevonden.

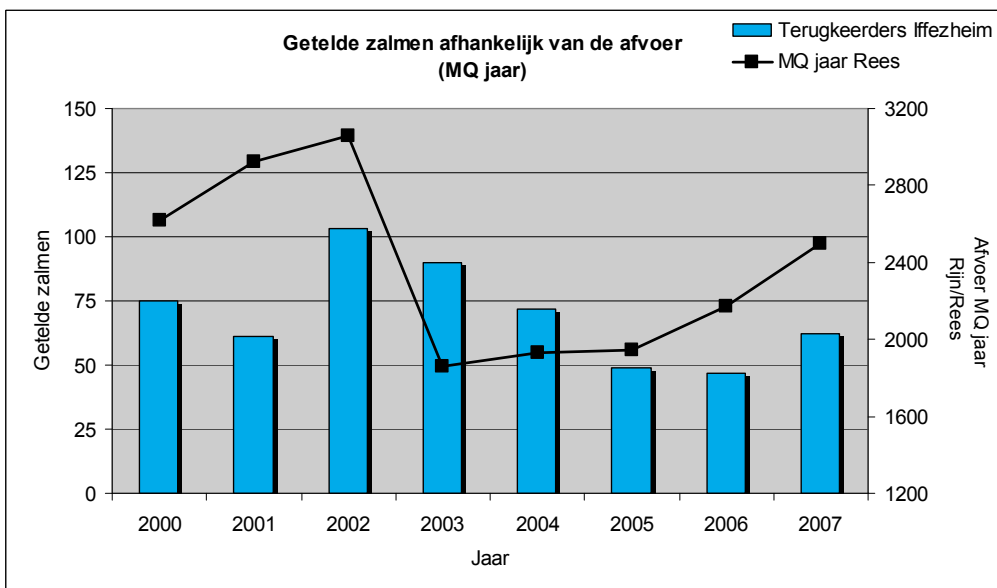
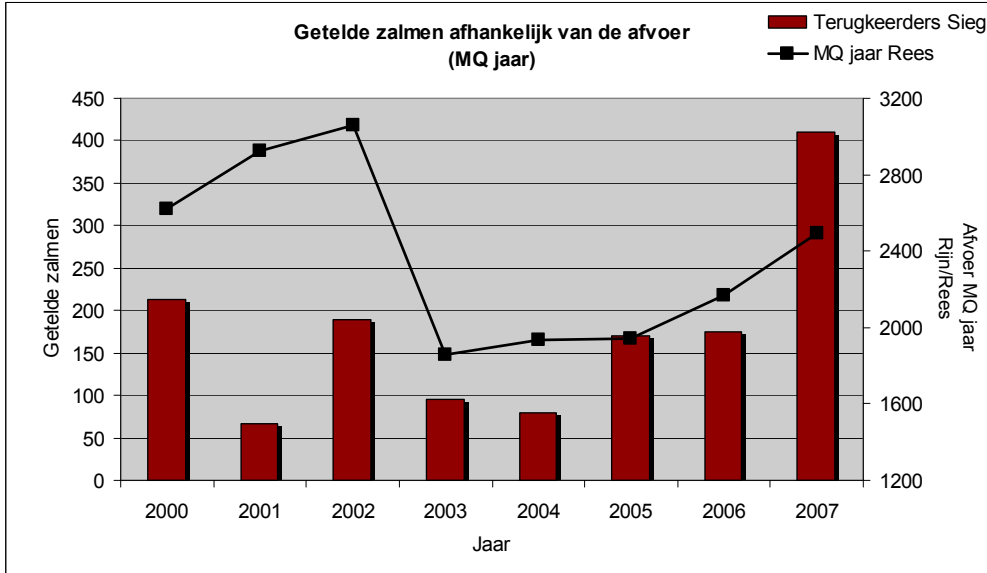
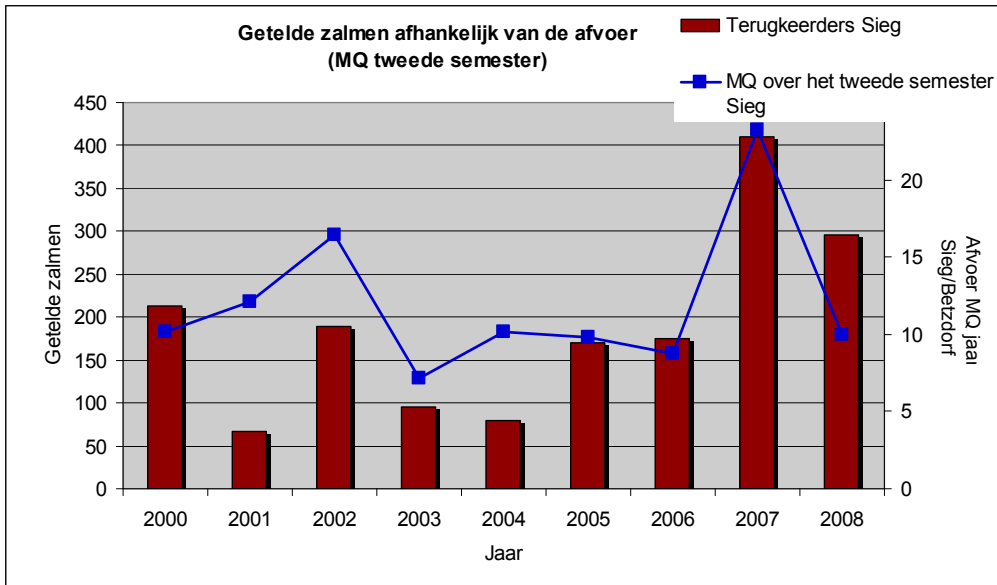


Fig. 33a: Afvoer (gemiddelde waarden) en getelde teruggekeerde vissen; bovenaan: Sieg & meetpunt Sieg-Betzdorf (MQ over het tweede semester, 2000-2008), midden: Sieg & meetpunt Rijn-Rees (MQ over het jaar, 2000-2007), onderaan: Iffezheim & meetpunt Rijn-Rees (MQ over het jaar, 2000-2007).

Bijzonder belangrijk is de afvoer voor uittrekkende levensstadia, vooral voor salmonidensmolts. Wordt de in 3.2 voorgestelde afvoer kwaliteit op de migratieroute Rijn (vgl. fig. 14) als basis genomen, dan zouden gunstige voorjaarsafvoeren moeten leiden tot een toename van het aantal terugkeerders in de twee daaropvolgende jaren en lage afvoeren tot een afname. In figuur 33b (bovenaan) wordt de “afvoer kwaliteit voor smolts” gerelateerd aan het te verwachten aantal terugkeerders in de twee volgende jaren (vereenvoudigde aanpak voor alle jaren: 50% van de smolts keert na een jaar terug als grilse en 50% na twee jaar als 2-ZW-zalm). Volgens dit schema had het aantal terugkeerders in de Rijn in de jaren 2000 – 2003 relatief hoog, in 2004 – 2006 lager dan gemiddeld en in 2007 en 2008 weer stijgend moeten zijn. Interessant genoeg komt een dergelijk verband voor het controlestation Iffezheim zeer duidelijk uit de verf (correlatiecoëfficiënt 0,64; zie fig. 33b in het midden), terwijl de correlatie voor de Sieg niet duidelijk is (correlatiecoëfficiënt 0,08; zie fig. 33b onderaan). Wederom wordt erop gewezen dat het aantal terugkeerders ook afhangt van de intensiteit van de uitzet die heeft plaatsgevonden.

Het verband bestaat in het controlestation Iffezheim niet alleen ten aanzien van het aantal terugkeerders, maar – tussen 2000 en 2004 – ook ten aanzien van de verhouding tussen grilse en multizeewinter-vissen (fig. 34). De jaren daarop wordt de correlatie waarschijnlijk gemaskeerd door het toegenomen gebruik van de Allierstam (hoog aandeel multizeewinter-vissen) in het gebied van de Duits-Franse Bovenrijn.

Dat het aantal terugkerende vissen vooral in Iffezheim zo duidelijk overeenkomt met de kwalitatieve omstandigheden in de relevante uittrekjaren, terwijl er voor de Sieg blijkbaar sprake is van een minder uitgesproken overeenkomst, kan worden verklaard door verschillende factoren die waarschijnlijk samenwerken (en door een verschil in de uitzetinspanning).

Variabele afvoeren in het tijdsvenster van de migratie zijn vooral van invloed op de populaties die een bijzonder lange migratieweg hebben en veel waterkrachtcentrales moeten passeren, omdat:

- a) de factor predatie in jaren met lage afvoeren (= groot predatiesucces van vissen en vogels) meer effect sorteert vanwege de langere migratieafstanden die smolts moeten afleggen.
- b) de factor vissterfte in waterkrachtcentrales tijdens jaren met lage afvoeren (= alle smolts moeten via de turbines stroomafwaarts trekken) een grotere rol speelt.
- c) in jaren met lage afvoeren de migratiesnelheid lager is en/of stuwgebieden de uittrek vertragen, waardoor de predatiedruk nog eens wordt verhoogd en ten koste gaat van het tijdsbudget (problemen bij de aanpassing van de osmoregulatie omdat de vis het optimale tijdstip voor de overgang naar het mariene milieu heeft gemist).

De kleinere correlatie aan de Sieg tussen de afvoeren tijdens de smoltmigratie en de getelde terugkeerders in de vervolgjaren kan waarschijnlijk echter ook worden verklaard door de beperkte effectiviteit van de fuik in Buisdorf/Sieg bij hoge afvoeren; bij een hoog debiet kon 30-50% van de terugkerende vissen de stuw namelijk direct springend passeren, waardoor ze zich onttrokken aan registratie.

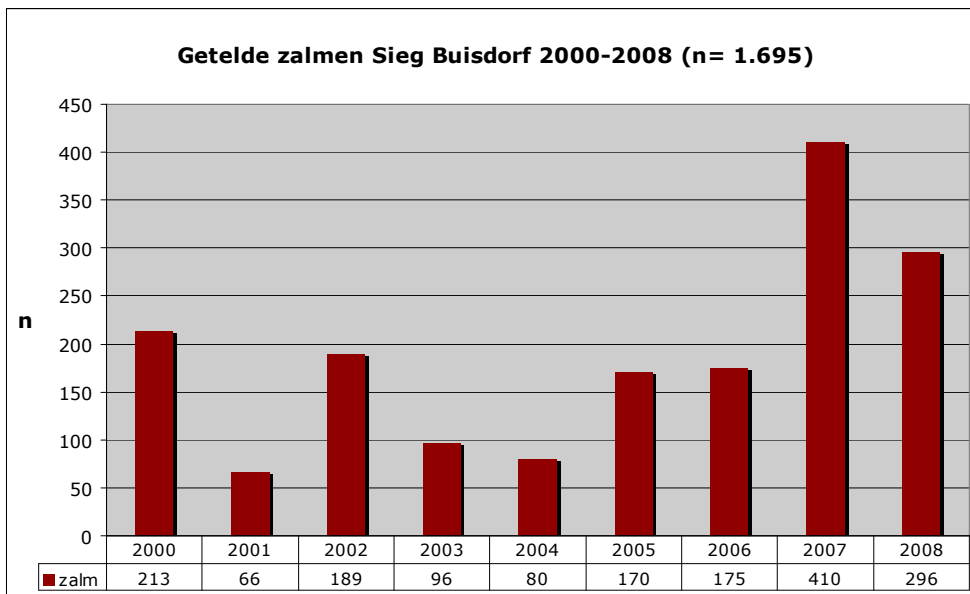
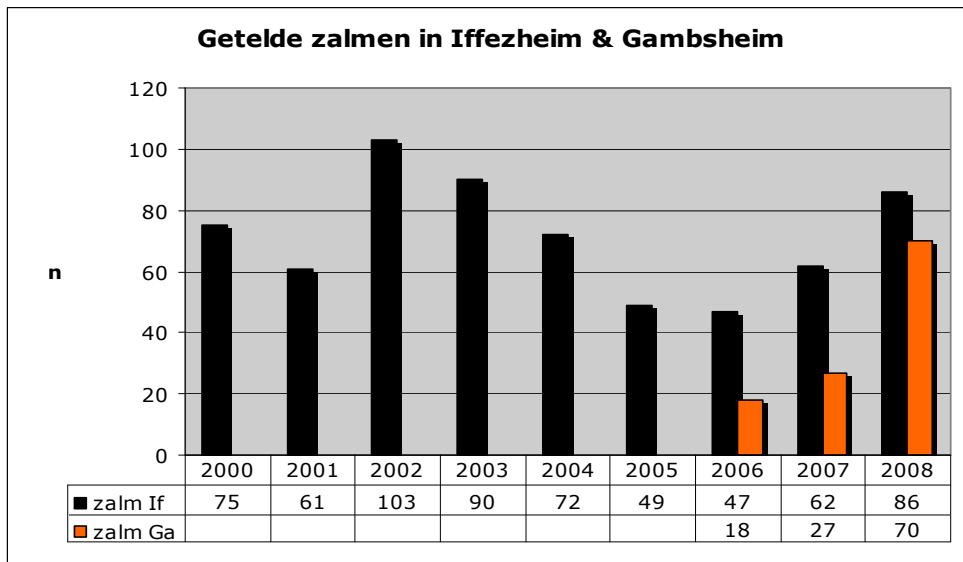
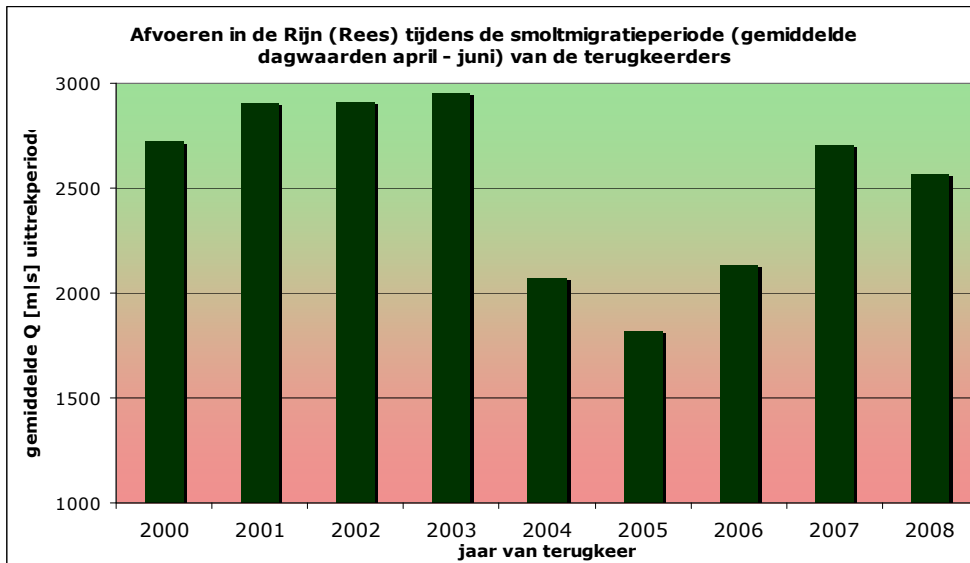


Fig. 33b bovenaan: Invloed van de afvoerkwaliteit voor smolts op het aantal terugkerende vissen in de twee vervolgjaren; midden: daadwerkelijk aantal getelde vissen in Iffezheim en Gamsheim; onderaan: daadwerkelijk aantal getelde vissen in de Sieg (vgl. fig. 13 voor de afvoerkwaliteit voor smolts).

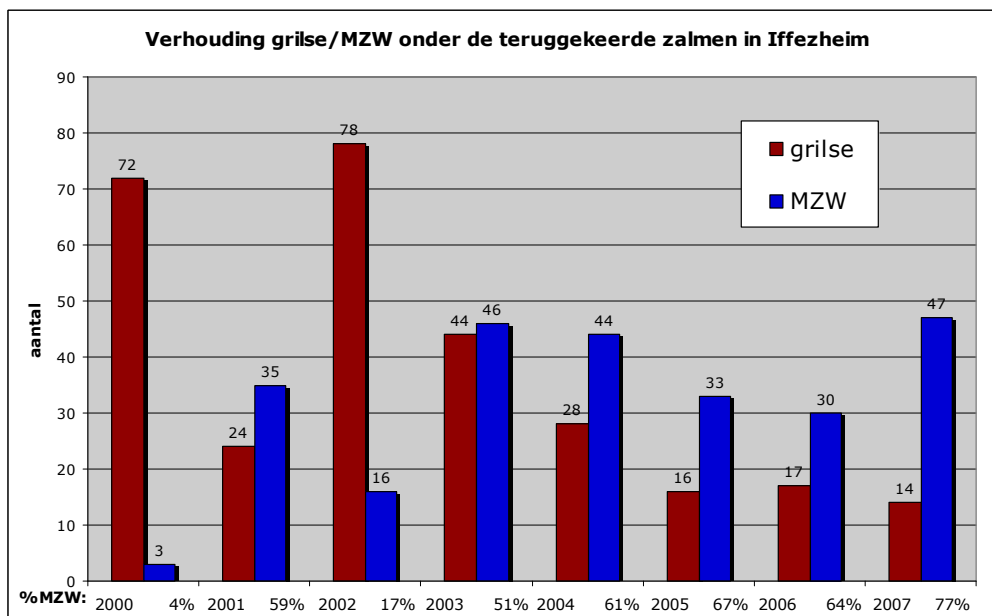
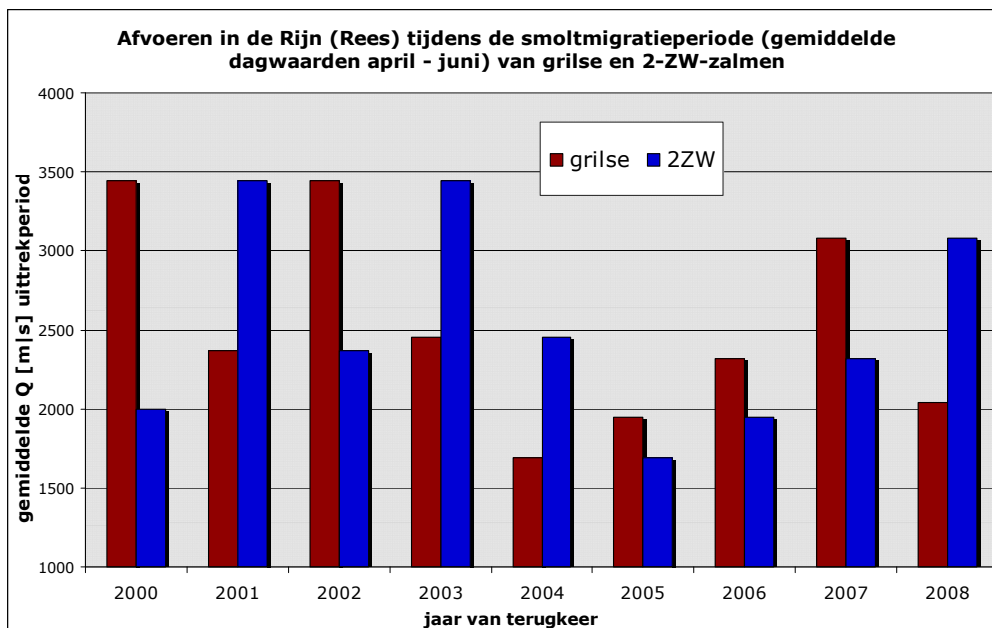


Fig. 34 bovenaan: Invloed van de afvoer kwaliteit voor smolts op de verhouding tussen grilse en MZW-vissen onder de teruggekeerde vissen in de twee vervolggaren; onderaan: door SAUMON-RHIN (2008a) vastgestelde verhouding tussen grilse en MZW-vissen onder de teruggekeerde vissen in Iffezheim (vgl. fig. 13 voor de afvoer kwaliteit voor smolts).

Schommelingen in de afvoer hebben wel gevolgen voor de gekozen migratieroutes en trekperioden van de zalm en de zeeforel in de Rijndelta (JURJENS, 2006), maar vormen over het algemeen geen beperkende factor. Uitzonderingen hierop zijn de relatie tussen de afvoer en de opening van de Haringvlietsluizen en het beheer van de stuwen in de Neder-Rijn en de Lek (Hagestein, Amerongen en Driel). In de zijrivieren hebben hoge afvoeren tijdens de stroomopwaartse migratie in de tweede helft van het jaar een positieve invloed op de zalmoptrek; de afvoer in de Rijn tijdens de stroomopwaartse trek is voor het aantal getelde vissen in Iffezheim en de Sieg blijkbaar van ondergeschikt belang.

De afvoer is vooral voor de uittrek van smolts uit de Duits-Franse Bovenrijn een factor van groot belang (er zijn veel terugkeerders in Iffezheim als in de relevante voorafgaande jaren de afvoer in de lente hoog was) en heeft ten minste in combinatie met de onopgeloste uittrekproblematiek (vissterfte bij de passage van krachtcentrales, tijdverlies) en waarschijnlijk in combinatie met grote predatorpopulaties een potentieel beperkend karakter.

Temperatuur

Inschatting: potentieel beperkende factor

Volgens de beschikbare gegevensbasis kan aan de factor watertemperatuur momenteel geen beperkende werking worden toegeschreven. De migratieactiviteit van salmoniden wordt vanaf 23°C wel merkbaar minder en komt boven 24-25°C tijdelijk tot stilstand (figuren 35-38; vgl. ook telemetrieresultaten uit de Deltarijn in JURJENS, 2006), maar het aantal optrekkende vissen (zalm en zeeforel) en de verhouding tussen grilse en multizeewinter-vissen (zalm) wijst tussen het hete jaar 2003 (maximumtemperatuur rond de 30°C) en de daaropvolgende jaren 2004 – 2006 niet op een significante achteruitgang in de populaties (figuren 35-37) en evenmin op verschuivingen in het aandeel zeewinter-vissen ten nadele van de in de zomer migrerende grilse (vgl. fig. 13 voor Iffezheim). De achteruitgang van de grilse die in Iffezheim werd genoteerd, zet na 2003 door en kan worden verklaard door het toenemende gebruik van de Allier-stam (hoge MZW-aandelen). Het aandeel multizeewinter-vissen lag in Rijnland-Palts in 2003 weliswaar ietwat boven het gemiddelde van de jaren daarvoor, het cijfer werd in 2007 en 2008 toch overtroffen (SCHNEIDER, in voorbereiding). In Iffezheim is wel een latere optrek waargenomen bij de groep die in de herfst migreert en ook in Buisdorf werd een uitgestelde optrek vastgesteld (telkens met ca. 4 weken). Kritische gevolgen voor het tijdsbudget kunnen in 2003 niet helemaal worden uitgesloten, hoewel de opwaartse migratiebewegingen grotendeels waren afgerond in oktober/november. De letale temperatuur voor volwassen zalmen ligt bij ca. 30-32°C, voor parrs bij 27,7-32,8°C (afhankelijk van de acclimatisatie) en is dus hoger dan voor andere salmoniden (incl. de zeeforel). De hoge watertemperatuur kan de drastische daling in de zeeforeltellingen in 2003 wel hebben veroorzaakt, maar in de “normale” jaren daarna (2004-2006) blijven de getelde aantallen laag; een duidelijke stijging laat tot 2007 op zich wachten.

De informatie over de thermische belasting heeft betrekking op de *status-quo*. Toekomstige extra belastingen, bijv. als gevolg van de aanleg van nieuwe warmtekrachtcentrales langs de Rijn, kunnen in combinatie met de huidige klimaatverandering echter een nog onberekenbaar, aanvullend, potentieel risico vormen. Sinds 1990 is het Rijnwater 3°C warmer geworden; 2°C kan worden verklaard door koelwaterlozingen en 1°C door de klimaatverandering; hete zomers zoals in 2003 worden nu om de tien jaar verwacht en zullen tot 2050 waarschijnlijk veel frequenter worden (Peñailillo *et al.*, 2008).

Tijdens de kernperiode van de uittrek van smolts (mei) overschreden de temperaturen de standaardwaarde van 21,5°C in salmonidenwateren niet (JURJENS 2006). Ook tijdens de paaitijd lagen de temperaturen over het algemeen onder de bekende maximumwaarde van 10-12°C.

Fig. 5 : Migrations des salmonidés amphihalins et conditions environnementales à Iffezheim en 2004

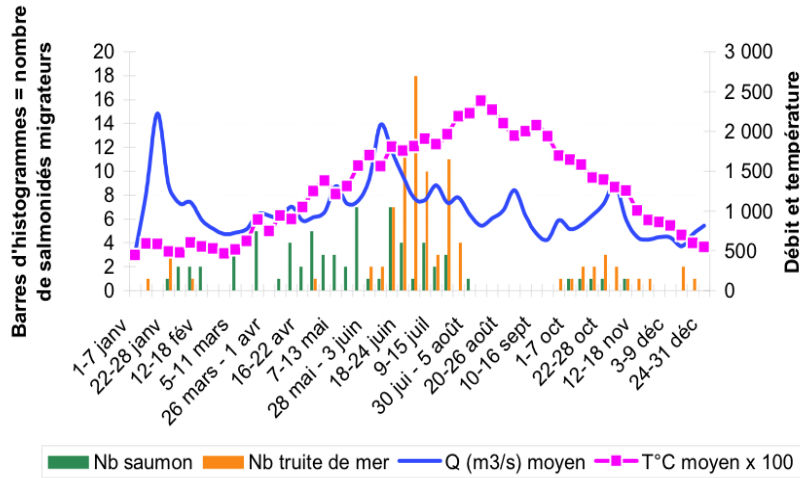


Fig. 35: Aantal getelde zalm en zeeforellen in Iffezheim in 2004 en overeenkomstig afvoer- en temperatuurregime (uit: SAUMON-RHIN, 2006)

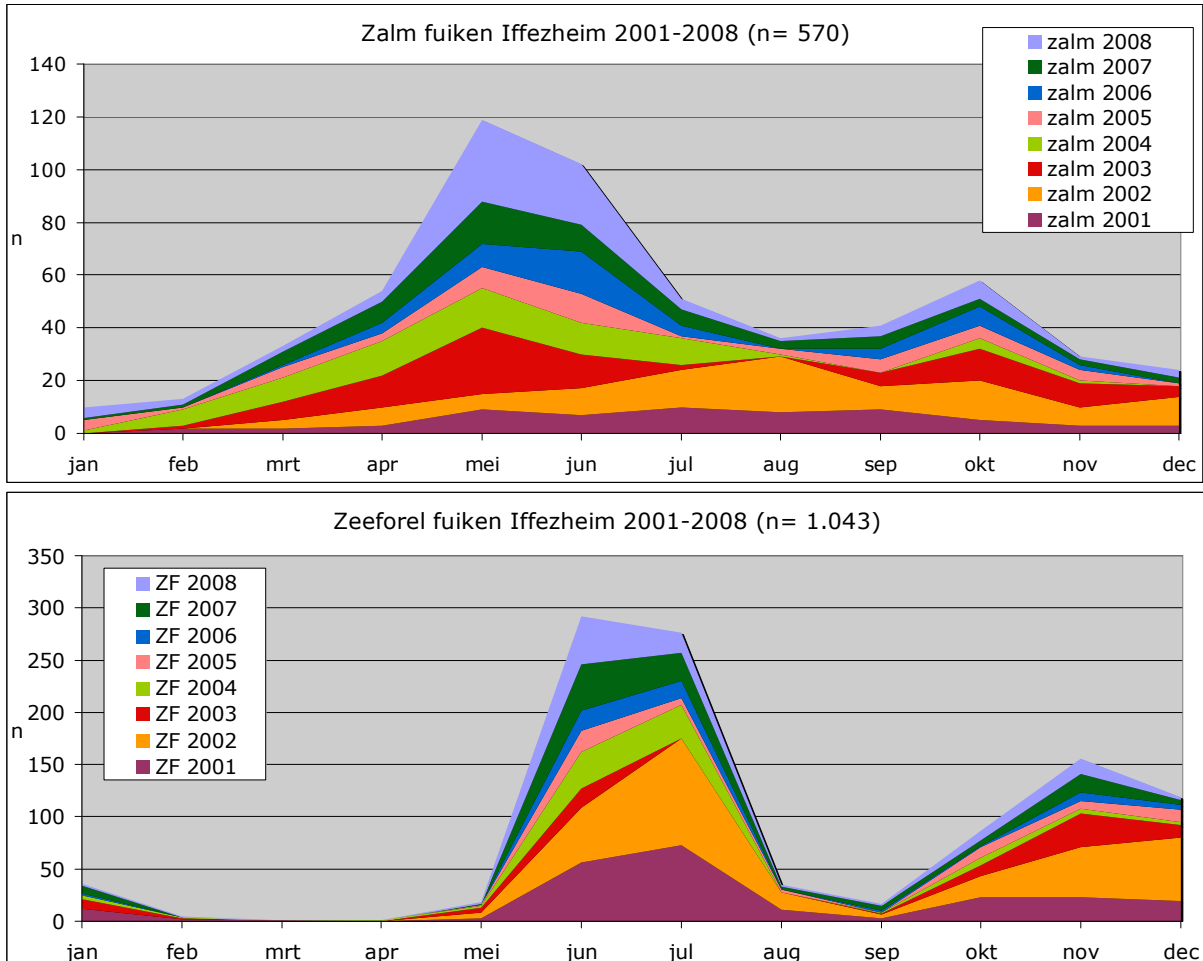


Fig. 36: Aantal getelde zalm en zeeforellen en migratiepatroon in de tijd voor Iffezheim; de optrek in het hete jaar 2003 is rood gemarkeerd

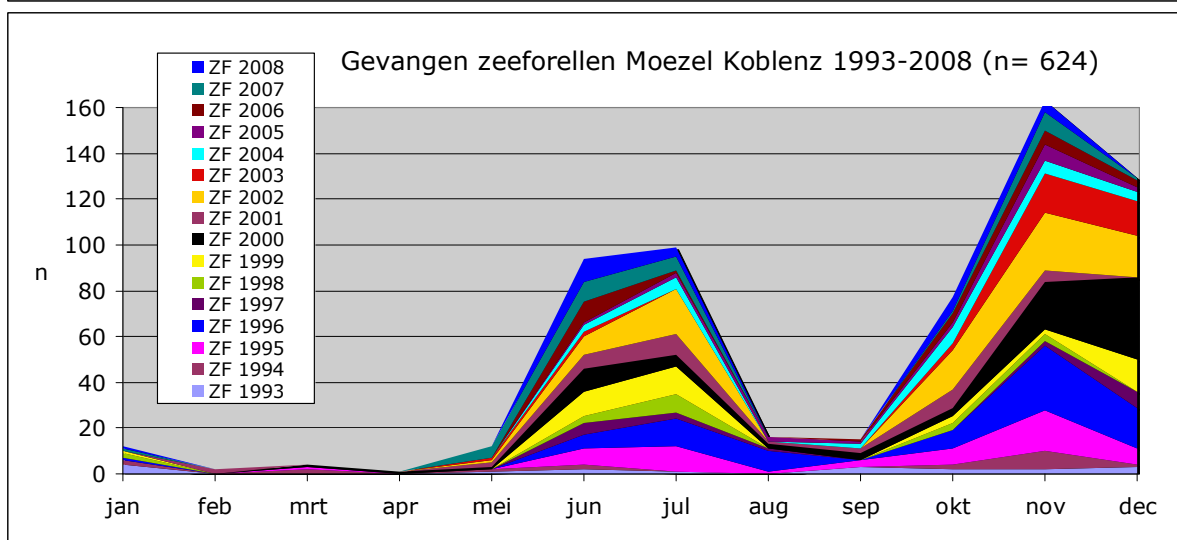
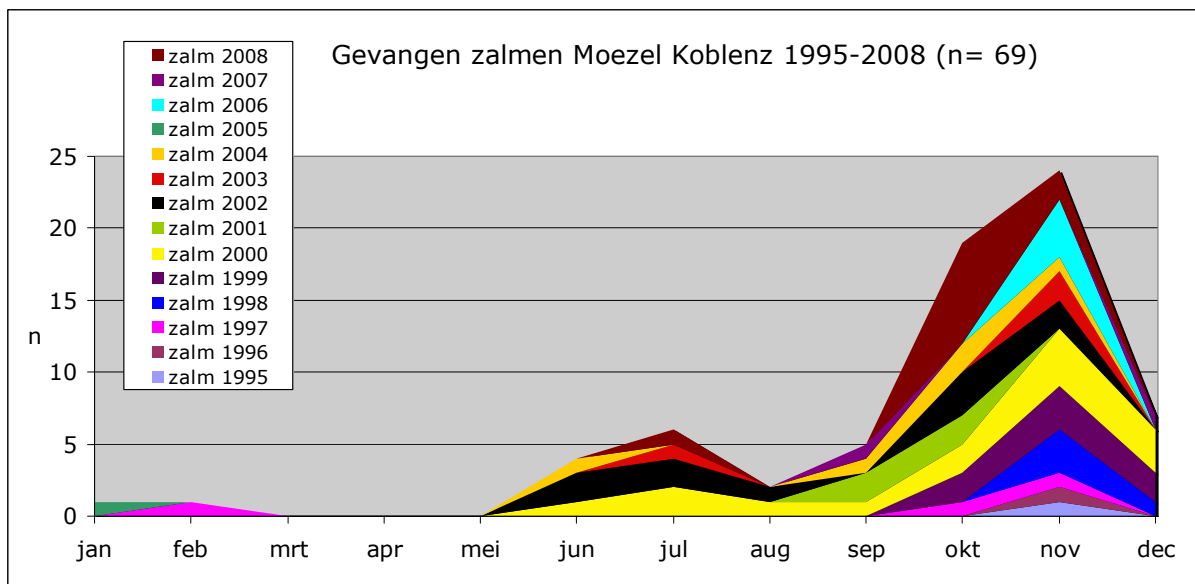


Fig. 37: Aantal getelde zalmen en zeeforellen en migratiepatroon in de tijd voor de Moezel bij Koblenz; de optrek in het hete jaar 2003 is rood gemarkeerd

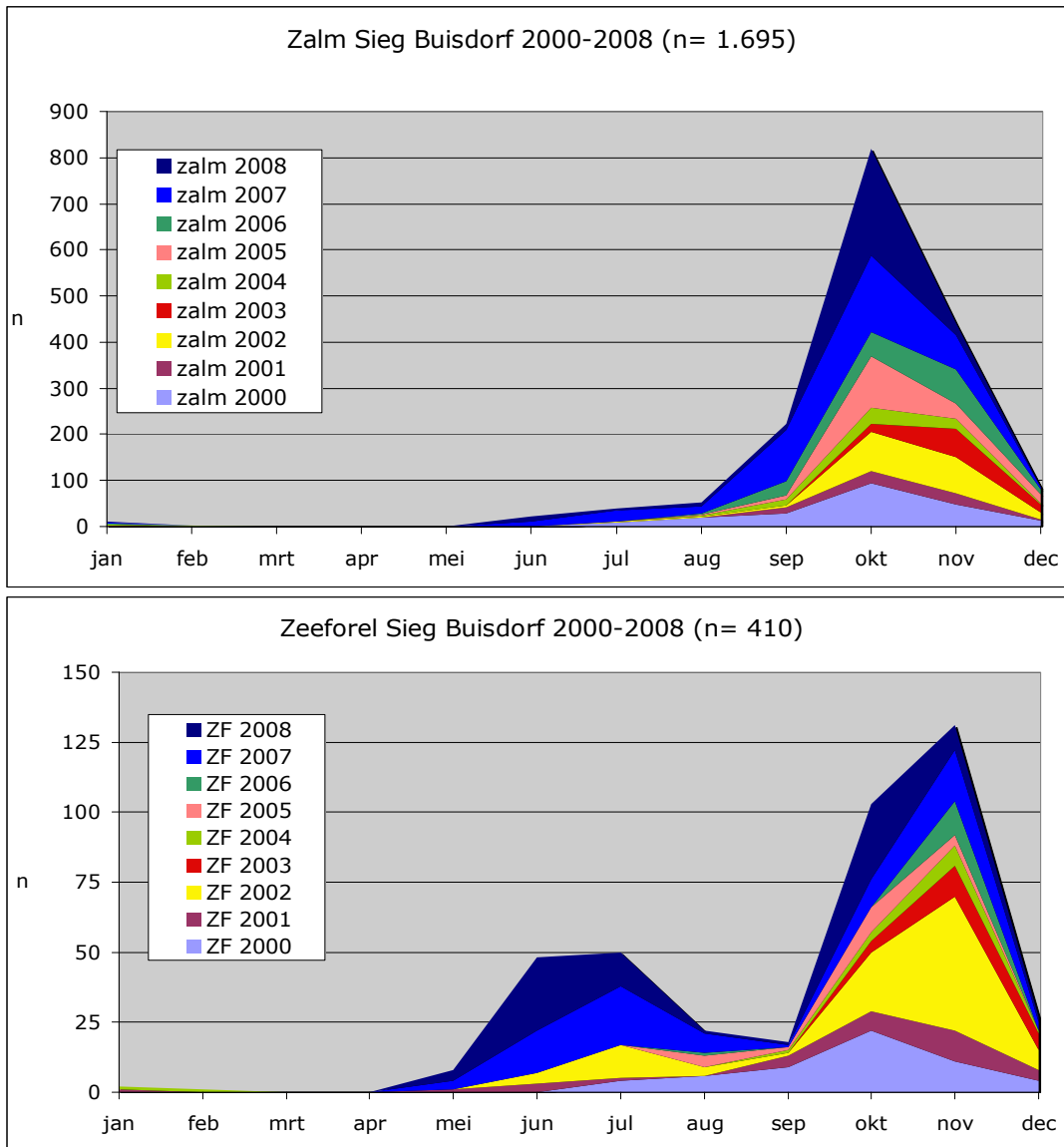


Abb. 38: Aantal getelde zalmen en zeeforellen en migratiepatroon in de tijd voor de Sieg bij Buisdorf; de optrek in het hete jaar 2003 is rood gemarkeerd. (Het controlestation was in de zomer van 2003 niet in gebruik)

(Gegevens: mondelinge mededeling van A. NEMITZ, Rheinischer Fischereiverband, in opdracht van het LANUV Noordrijn-Westfalen)

De factor temperatuur is vooral wat zomerse maximumtemperaturen betreft relevant. Volgens de huidige stand van de kennis leiden hoge temperaturen $\geq 25^{\circ}\text{C}$ in het Rijnsysteem tot een tijdelijke onderbreking van de migratie van paaivissen (salmoniden). Een toegenomen vissterfte kon niet worden vastgesteld. Hoge temperaturen vormen voor migrerende salmoniden wel een stressfactor (ze verhogen het risico op infecties en hebben een negatief effect op het tijdsbudget), maar een beperkend effect lijkt er op dit moment niet te zijn (de extreem droge en hete zomer van 2003 met lang aanhoudend laagwater werd als referentiejaar genomen). Extra warmtebelasting, bijv. als gevolg van de aanleg van nieuwe warmtekrachtcentrales aan de Rijn, zou evenwel indien mogelijk moeten worden vermeden, omdat deze belasting – ook met het oog op de actuele klimaatverandering – een onberekenbaar, aanvullend risico kan vormen.

De temperaturomstandigheden in de Rijn en de paaigebieden leveren tot nu toe geen problemen op tijdens de smoltmigratie en de paaitijd.

Factor habitatkwaliteit

Inschatting: potentieel beperkende factor

De morfologische kwaliteit van habitats voor de zalm (en de zeeforel) kan in principe worden onderverdeeld in twee categorieën: paaihabitats en opgroeihabitats.

Eersteklas paaihabitats worden gekenmerkt door de aanwezigheid van grindachtig, niet verslibd substraat (vaak aan het eind van een stroomkom, daar waar de waterdiepte afneemt en de stroomsnelheid toeneemt). Hier worden rond 30 cm diepe paaibedden aangelegd. Een andere belangrijke factor is de beschikbaarheid van rustplaatsen (pools) in de onmiddellijke nabijheid van de paaiplaats (meestal op minder dan 50 m). Dergelijke structuren zijn meestal te vinden in dynamische wateren (of watertrajecten) die weinig veranderingen hebben ondergaan, waarvan de huishouding van het bodemmateriaal nog intact is en waarin gemakkelijk *nieuwe grindafzettingen worden gevormd*.

Nadat zalmbroedjes zijn uitgezwommen uit het kiezelbed (emergentie) worden snel stromende, vaak ondiepe rivierdelen met een harde ondergrond, een hoog debiet en veel grove kiezels, grind of stenen opgezocht. Ruimtelijk gezien worden op (macro)habitatniveau het habitatype pool-riffle en stroomkommen gebruikt in het forellengebied, het vlagzalmgebied en op de hellende trajecten van het barbelengebied; op microniveau wordt de voorkeur gegeven aan stenig-grindachtige, ondiepe, snel stromende en variabel turbulente gedeeltes, meestal in de buurt van beschuttende structuren buiten de directe oeverzone (*in stream cover*). Deze morfologische elementen kunnen ook in relatief sterk veranderde wateren in voldoende mate aanwezig zijn en daarom worden zelfs deze wateren vaak met veel succes gebruikt voor uitzetmaatregelen (o.a. de benedenloop van zijrivieren uit het Zwarte Woud, het Siegsysteem). Morfologische parameters, zoals waterbouwkundige ingrepen aan de oevers en de oeverzone, zijn daarom voor de kwalitatieve beoordeling van paai- en opgroeihabitats weinig relevant.

Verminderen van de habitatkwaliteit zijn, afhankelijk van de omvang van de bouwkundige ingrepen in de wateren, geen algemeen voorkomend probleem; er kan van worden uitgegaan dat de problemen zich beperken tot enkele stroomgebieden. Een restrictieve factor voor het Rijnsysteem als geheel vormt dit probleem volgens de huidige stand van de kennis niet. Bovendien is de verwachting dat het probleem met de implementatie van de EG-Kaderrichtlijn Water op middellange tot lange termijn verder op de achtergrond geraakt. Een verdere uitbreiding van de elektriciteitsopwekking in kleine waterkrachtcentrales zou evenwel een ernstige bedreiging vormen voor de zijrivieren van de Rijn en hun subsystemen, omdat

hierbij door de opstuwning van het water en (bij krachtcentrales in omleidingskanalen) in de afgetakte trajecten waardevolle habitats verloren gaan.

Van groter belang is op dit moment waarschijnlijk de kwaliteit van het interstitieel water (poriewater) die, ten minste in een aantal projectwateren (o.a. de Bröl in het Siegsysteem, de Dhünn, de Nette en de Wisper), als gevolg van de toevoer van fijn sediment en de verontreiniging met nutriënten een gevaar vormt voor het voortplantingssucces van salmoniden wanneer het zuurstofgehalte door afbraakprocessen onder de voor zalmbroed kritische waarde van 5 mg/l daalt (vgl. INGENDAHL, 1999; NIEPAGENKEMPER & MEYER, 2003, DIRKSMEYER, 2008). Volgens SCHNEIDER (2001, 2002) hebben hieronder – als gevolg van de sterke genetische component en het stamspecifieke tijdstip van de paaiperiode – vooral zalmstammen te lijden die laat paaien (en waarvan het broed dus laat uitzwemt); deze stammen worden thans echter niet meer gebruikt voor uitzet.

Gezien het toenemende reproductieve succes van de zalm (zie tabel 2) – vooral in het seizoen 2007/2008 – kan ervan worden uitgegaan dat de problematiek van de interstitiële kwaliteit beperkt blijft tot enkele stroomgebieden. Ook dit probleem vormt volgens de huidige stand van de kennis geen beperkende factor voor het Rijnsysteem als geheel.

Opmerking: In Noordrijn-Westfalen loopt er op dit moment een pilotstudie naar habitatkwaliteit die zal resulteren in de opzet van een “algemene richtsnoer voor de sanering van paaigronden voor de zalm”.

Verminderde habitatkwaliteit is beperkt tot enkele stroomgebieden. Een restrictieve factor voor het Rijnsysteem als geheel vormt dit probleem volgens de huidige stand van de kennis niet. Een verdere uitbreiding van de elektriciteitsopwekking in kleine waterkrachtcentrales in de projectwateren zou echter leiden tot verlies van waardevolle habitats. Van belang is op dit moment waarschijnlijk de kwaliteit van het interstitieel water (poriewater) die, ten minste in een aantal wateren, als gevolg van de toevoer van fijn sediment en de verontreiniging met nutriënten een gevaar vormt voor het voortplantingssucces van salmoniden. Gezien het toenemende reproductieve succes van de zalm – vooral in het seizoen 2007/2008 – kan ervan worden uitgegaan dat het probleem van het interstitieel water beperkt blijft tot enkele stroomgebieden en stroomgebiedsgebonden oplossingen vereist.

Factor waterkwaliteit

Inschatting: geen beperkende factor

De biologische waterkwaliteit lijkt op basis van de beschikbare gegevens alleen op lokaal niveau (een paar paaiwateren; vgl. INGENDAHL, 1999; NIEPAGENKEMPER & MEYER, 2003, DIRKSMEYER, 2008) een probleem te vormen en komt daarom niet in aanmerking als beperkende factor van overkoepelend belang.

Over de problematiek van microverontreinigingen in paaigronden en opgroeihabitats zijn geen gegevens ter beschikking gesteld. Volgens de huidige stand van de kennis zijn humane geneesmiddelen zoals lipidenverlagende middelen, analgetica, bètablokkers en anti-epileptica als verontreinigende stoffen wijd verbreid in de oppervlaktewateren. Een uitvoerige risicoinschatting van de potentiële gevolgen van resten van geneesmiddelen voor het milieu is op dit moment slechts in beperkte mate mogelijk, omdat in de wetenschappelijke literatuur amper gevalideerde gegevens te vinden zijn over de ecotoxicologische effecten van geneesmiddelen en hun metabolieten. De gepubliceerde gegevens hebben meestal betrekking op de acute toxiciteit voor aquatische organismen. De chronische effecten van geneesmiddelen in de milieucompartimenten water/bodem en de mogelijke neurotoxische en endocrien-toxische effecten – bijv. op het voortplantingsvermogen en de sex-ratio bij vissen – zijn nog grotendeels onbekend. De werkzame stoffen en metabolieten van humane geneesmiddelen komen via verschillende emissieroutes in het milieu terecht; bij de productie, het correcte gebruik van de preparaten of bij de verwijdering ervan als afval. Via de routes *opname door de mens -> uitscheiding met fecaliën -> afvalwater -> effluent van de rwzi -> stromende wateren -> grondwater of afvalwater -> zuiveringsslib -> bodem ->*

grondwater kunnen verschillende aquatische (en terrestrische) levensgemeenschappen schade ondervinden en kan het drinkwater worden verontreinigd. Stedelijk afvalwater vormt de belangrijkste emissieroute. Daarom zijn vooral in stromende wateren met een hoog aandeel stedelijk afvalwater hoge terugvindingen te verwachten. (vgl. www.trinkwasserspezi.de/Medikam.htm)

Er zijn in de Rijn nog slechts een paar stoffen waarvoor de doelstellingen van de ICBR worden overschreden (ICBR-rapport nr. 159; vgl. tabel 14). Omdat het merendeel van de zalmen de Rijn slechts kort als migratieroute gebruikt, kan ervan worden uitgegaan dat de accumulatie van verontreinigende stoffen beperkt blijft. Een beperkende factor vormt deze belasting volgens de huidige inzichten niet.

De overige fysische en chemische parameters vertonen op een aantal uitzonderingen na (pH-waarde > 9,5 in 1999 bij Lobith, zuurstofgehalte < 7 mg/l in het IJsselmeer in 1994 en in 2003-2005) geen ranges die voor salmoniden problemen zouden opleveren (fig. 39) (zie JURJENS, 2006). Het IJsselmeer is voor de zalm echter geen hoofdmigratieweg.

Tab. 14: Indeling van de verontreinigende stoffen in resultaatgroepen voor het verslagjaar 2004 (ICBR)

1 ^o resultaatgroep	2 ^o resultaatgroep	3 ^o resultaatgroep
doelstellingen (DS) niet gehaald c.q. duidelijk overschreden	meetwaarden rond de doelstellingen (DS)	doelstellingen (DS) gehaald c.q. duidelijk onderschreden
> 2 DS	$\frac{1}{2} DS < x < 2 DS$	< $\frac{1}{2} DS$
stoffen: 5 stofgroep: PCB's	stoffen: 21 stofgroep: PAK's sompparameters: AOX;	stoffen: 37 stofgroep: DDT
cadmium	arseen	aldrin
koper	chromium	azinfos-ethyl
zink	lood	bentazon
	nikkel	dieldrin
diuron	kwik	endrin
benzo(a)pyreen		isodrin
		alfa-HCH
	gamma-HCH (lindaan)	beta-HCH
	isoproturon	delta-HCH
		malathion
	totaal-fosfor-P	pentachloorfenol
	ammonium-N	
		atrazine
	hexachloorbenzeen	2,4-dichloorfenoxy-azijnzuur
	simazine	dibutyltin-kation
		tributyltin-kation
		trifenyln-tin-kation
		tetrabutyltin
		3-chlooraniline
		2-chlooraniline
		3,4-dichlooraniline
	doelstellingen en concentraties onder de bepalingsgrens	1-chloor-2-nitrobenzeen
		1-chloor-3-nitrobenzeen
		1-chloor-4-nitrobenzeen
	azinfos-methyl	1,2,3-trichloorbenzeen
	dichloorvos	1,2,4-trichloorbenzeen
	endosulfan	1,3,5-trichloorbenzeen
	fenthion	2-chloortolueen
	parathion-ethyl	4-chloortolueen
	parathion-methyl	hexachloorbutadien
	trifluralin	1,1,1-trichloorethaan

	fenitrothion	trichlooretheen
	4-chlooraniline	tetrachlooretheen
	1,4-dichloorbenzeen	tetrachloormethaan
		trichloormethaan
		1,2-dichloorethaan
		benzeen
		mecoprop-P

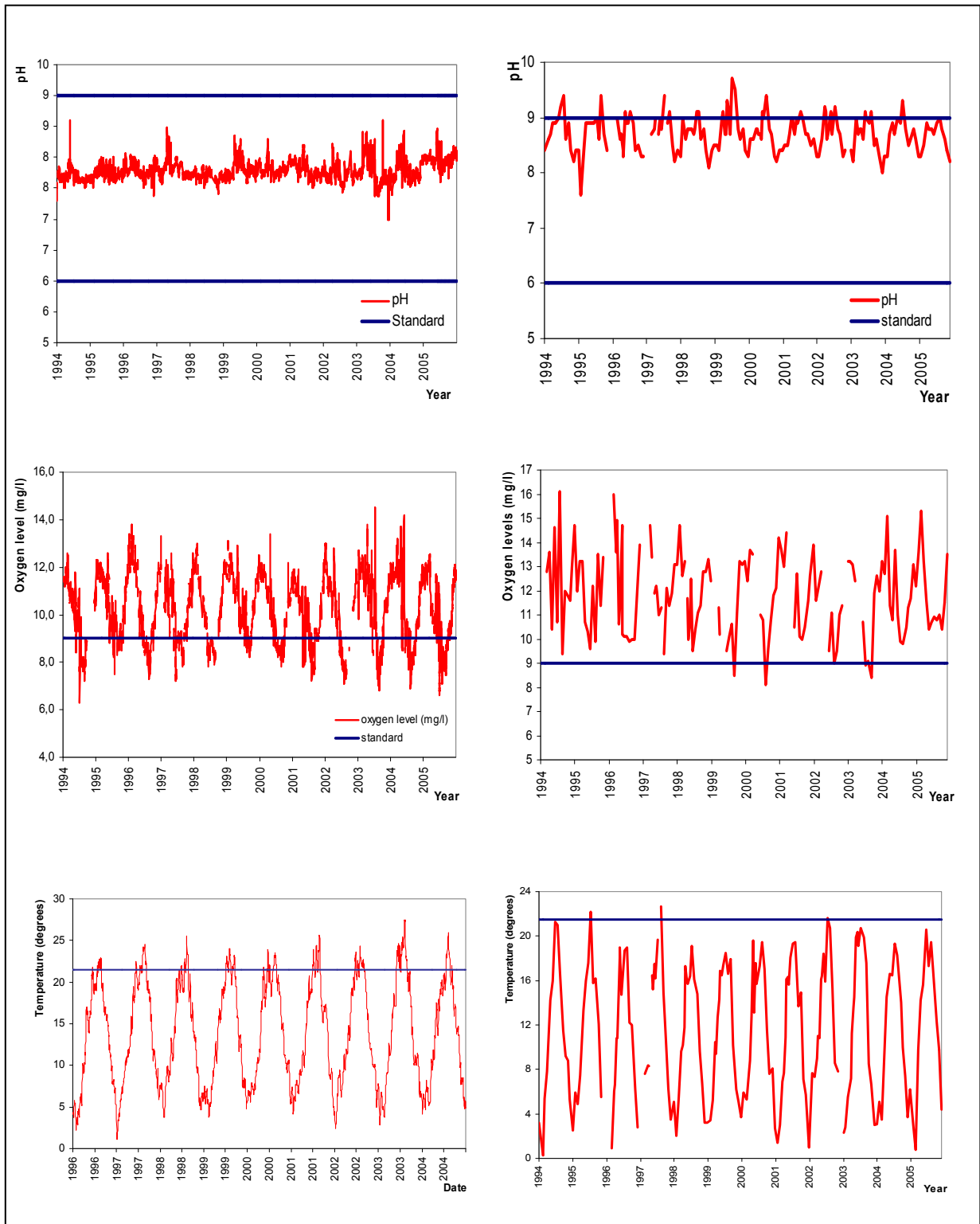


Fig. 39: Zuurstof, temperatuur en pH-waarden in de periode 1994-2005 (links: bij het IJsselmeer, rechts: bij Lobith, hier: tweewekelijkse gegevens (uit: JURJENS, 2006)

De factor waterkwaliteit oefent op dit moment over het algemeen geen beperkend effect uit op het trekvisprogramma in het Rijnsysteem. In een aantal prioritaire wateren bestaan er wel grote problemen met organische verontreinigingen die vooral in combinatie met belasting van fijn sediment beperkend werken op het voortplantingssucces van salmoniden (en zeer waarschijnlijk ook op de overleving van ammocoetes van zeeprikken) in een aantal stroomgebieden.

4. Voorgestelde maatregelen

De onderstaande voorstellen voor maatregelen zijn onderverdeeld in de categorieën **hoogste prioriteit**, **hoge prioriteit** en **gemiddelde prioriteit**.

4.1 Visserij

Inschatting: **Hoogste prioriteit**

Visserijsterfte wordt beschouwd als een beperkende factor voor de herintroductie van de zalm en de elft. Hoewel er in de Rijndelta en voor de kust veel intensiever wordt gevist dan in alle andere gebieden is de factor *niet* beperkt tot het Nederlandse grondgebied. **De factor heeft op dit moment betrekking op alle toegankelijke migratiewegen (met de nadruk op de hoofdstroom van de Rijn) en beïnvloedt indirect alle deelprojecten en deelstroomgebieden. Een bijzondere prioriteit wordt toegekend aan de door intensieve visserij gekenmerkte Rijndelta en kustzone.**

Aanbevelingen: (vgl. ook ontwerp van de ICBR, bijlage I)

- De bescherming van trekvisserij moet in de eerste plaats worden geoptimaliseerd door uitvoerige voorlichting van alle groepen, organisaties en verenigingen die actief zijn in de visserij. Daarbij is er aandacht voor voorlichting over de beschermde status en over de voorzichtige omgang met bijgevangen vis.
- Tevens dienen aan kritische punten (onder intrekvoorzieningen en knelpunten, rond riviermondingen, aan zoet-zout overgangen) visserijvrije zones te worden ingesteld, dient er *regelmatig* en *intensiever* te worden gecontroleerd en dienen de bestaande juridische voorschriften strikt te worden gehandhaafd (zie hieronder). Dit betekent ook dat de controle van de aan land gebrachte vangsten van beroepsvissers wordt geïnstitutionaliseerd en dat visafslagen regelmatig worden geïnspecteerd. De waterpolitie zou eventueel kunnen helpen bij het toezicht in de ingestelde visserijvrije zones aan grote rivieren.
- Evaluatie: De gezette stappen zouden moeten worden vastgelegd en per stroomgebied worden getoetst op hun effectiviteit. Over de uitvoering van de maatregelen zou regelmatig moeten worden gerapporteerd aan de ICBR.

Sinds 2008 heeft het doelgericht vissen op zalm en zeeforel in de lidstaten van de ICBR (behalve Zwitserland) op grond van een nieuwe EG-richtlijn ook strafrechtelijke gevolgen (ten minste in Duitsland werden ernstige feiten in het verleden vaak afgedaan als bagatel en geseponeerd of als overtreding bestraft).

De EG-richtlijn “inzake de bescherming van het milieu door middel van het strafrecht” (2008/99/EG) is op 19 november 2008 in werking getreden. De EU-lidstaten worden er nu voor het eerst toe verplicht bepaalde handelingen die opzettelijk dan wel uit grove nalatigheid zijn begaan en schadelijk zijn voor het milieu strafbaar te stellen als een strafrechtelijk delict. De strafrechtelijke sancties moeten “doeltreffend, evenredig en afschrikkend” zijn. De richtlijn heeft een doeltreffende bescherming van het milieu ten doel. Om te bewerkstelligen dat de regels inzake milieubescherming ten volle doeltreffend zijn, worden in de richtlijn verschillende handelingen opgesomd die moeten worden beschouwd als delict “wanneer ze opzettelijk of ten minste uit grove nalatigheid worden begaan”. Daaronder vallen het doden, vernietigen, bezitten of vangen van specimens van beschermde, in het wild levende planten- of diersoorten (www.europarl.europa.eu).

4.2 Passeerbaarheid

Algemene inschatting: **Hoogste prioriteit**

Niet alle deelstroomgebieden monitoren het voortplantingssucces van de zalm even intensief. Desalniettemin kan uit de beschikbare gegevens voor nagenoeg alle bereikbare systemen een toename van de natuurlijke reproductie van zalmen worden opgemaakt. In een aantal langlopende deelprojecten bereiken jonge, uit natuurlijke voortplanting geboren dieren al sinds een aantal jaren – ten minste op lokaal niveau – dichtheden die eigenlijk typisch zijn voor echte wilde populaties. Aan de bereikbaarheid van de zijrivieren wordt dan ook een bijzonder hoge prioriteit toegekend. Voor de prioriteit van de maatregelen in de stroomgebieden: zie tabel 15.

Uit de geactualiseerde schattingen van de beschikbare paai- en opgroeigebieden voor anadrome salmoniden is gebleken dat de water(gebied)en boven Straatsburg, in het Illsysteem en in de Moezel, die tot dusver nog niet bereikbaar zijn, verreweg het grootste potentieel bezitten (vgl. figuren 16 en 17, tabellen 7 en 15). Aan deze wateren wordt, met het oog op de bevordering van de trekvispopulaties in de Rijn, hoge prioriteit toegekend. Benedenstrooms van Straatsburg heeft het Kinzigstelsel veel potentieel. Aan de Duitse Nederrijn en de Middenrijn is het meeste potentieel te vinden in de Sieg en in het Wupper-Dhünnsysteem (de passeerbaarheid van de Ahr zal waarschijnlijk vanaf 2010 volledig zijn hersteld, de Saynbach is sinds oktober 2008 de eerste zalmrivier in het Rijnsysteem die weer onbeperkt passeerbaar is).

Voor de zeeprick (die rekruteert uit een metapopulatie en zich zelfstandig verspreidt) is de passeerbaarheid de enige factor die een verder herstel van de populatie in de weg staat.

Algemene aanbevelingen:

Omdat de watersystemen zich in verschillende staten bevinden, te maken krijgen met verschillende gebruiksbelangen en telkens een ander totaalpotentieel vertonen (ontsluiten van arealen voor trekvis, ondersteunen van andere bedreigde vissoorten), is een prioritering van de maatregelen en een afweging van de kosten-effectiviteit alleen binnen en niet tussen de systemen zinvol en doeltreffend.

4.2.1 Haringvlietsluizen

In 2000 is besloten de Haringvlietsluizen bijna het hele jaar door beperkt open te zetten. De kosten hiervoor worden geraamd op ca. 40 miljoen euro.

Omdat het Haringvliet een belangrijke migratieweg is, is de voor uiterlijk 2015 geplande Kier (nagenoeg permanente opening, sluiting alleen bij storm op zee en lage rivierafvoeren) ontzettend belangrijk. De verwachting is dat de terugkeerpercentages significant zullen stijgen, wat alle lopende herintroductieprojecten en alle anadrome soorten zal beïnvloeden. Een bijzonder positief effect wordt verwacht voor de zalm, omdat deze soort minder rondzwerft, vaak het Haringvliet gebruikt als trekroute en de permanent geopende migratieweg via de Nieuwe Waterweg minder goed kan vinden wanneer ze probeert in te trekken via het Haringvliet (JURJENS, 2006) (vgl. migratiewegen in fig. 32). Problemen met het vinden van de juiste weg hebben waarschijnlijk vooral die individuen die in jaren met hoge rivierafvoeren in de lente als smolt via het Haringvliet zijn uitgetrokken en in tijden met lage rivierafvoeren (waarbij de Haringvlietsluizen zijn gesloten) via dezelfde migratieweg het riviersysteem weer proberen in te trekken.

Volgens voorzichtige schattingen zou het terugkeerpercentage met gemiddeld 10 tot 30% kunnen stijgen. Het kan niet worden uitgesloten dat de huidige toestand een “beperkende factor” is voor de zalmopulatie.

Bovendien vindt door de opening een geleidelijke vermenging van zoet en zout water plaats, wat de aanpassingsmogelijkheden van smolts (en van zeeprikken en elften) aan variërende saliniteiten zal vergemakkelijken en bovendien nieuwe foerageergebieden kan opleveren voor jonge elften.

Aanbeveling:

Er zijn geen alternatieven voor het openzetten van de Haringvlietsluizen gedurende een lange periode van het jaar. De zo goed als permanente opening van het Haringvliet is bijzonder urgent en dient dan ook zo spoedig mogelijk te worden gerealiseerd.

4.2.2 Zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn

4.2.2.1 Aanbevelingen t.a.v. de voorstellen van het Stucky-onderzoek, fase II (2006)

Stroomopwaartse vismigratie:

De technische oplossingen (vispassages) voor de stroomopwaartse migratie aan de vijf krachtcentrales Straatsburg, Gerstheim, Rhinau, Marckolsheim en Vogelgrün/Breisach, aan de beweegbare en de kleine stuwen in de oude loop van de Rijn bij Gerstheim, Rhinau en Marckolsheim zijn de enige mogelijkheid om de longitudinale passeerbaarheid *duurzaam* te herstellen en moeten conform de KRW en het trekvisprogramma van de ICBR op middellange termijn worden gerealiseerd. Omdat de varianten in scenario 1 waarschijnlijk hydraulische problemen zullen opleveren voor slechtere zwemmers die gevoelig zijn voor veel turbulentie (o.a. de elft) zou van dit scenario – zoals ook wordt aanbevolen in het Stucky-onderzoek (Stucky, 2006) – in principe afstand moeten worden genomen. De keuze tussen scenario 2 en 3 moet locatie per locatie worden gemaakt en niet in het algemeen voor het hele gebied.

In het algemeen dient rekening te worden gehouden met het feit dat een suboptimale inrichting van slechts één voorziening, gezien het cumulatieve effect van de aaneenschakeling van krachtcentrales, de effectiviteit van het hele complex van stroomopwaartse vismigratievoorzieningen kan dwarsbomen. Alleen wanneer alle voorzieningen een hoge effectiviteit halen, kan het doel worden bereikt en kunnen stabiele zalmpopulaties worden hersteld. Deze beoogde effectiviteit dient eventueel in twee stappen te worden gerealiseerd:

Stap 1: Aanleg van intrekvoorzieningen (Stucky-variant 2 of 3, behalve in Vogelgrün – zie hieronder); uitgevoerde maatregelen worden geëvalueerd in een begeleidend onderzoek (monitoring van vispassages *en* telemetrisch onderzoek, eventueel ook merk-hervangst experimenten) waardoor de eventueel noodzakelijke verdere implementatiestappen kunnen worden geoptimaliseerd.

Stap 2: Installaties die niet effectief genoeg zijn (incl. scheepvaartsluizen) kunnen – voor zover dit technisch haalbaar is – worden aangepast om het effect van de lokstroom te verhogen en/of worden uitgerust met verdere voorzieningen voor de stroomopwaartse vismigratie.

Voor stap 2 wordt voorgesteld om de scenario's van het Stucky-onderzoek voor Straatsburg en Gerstheim te evalueren op de vraag of het gebruik van een HASSINGER-lokstroom pomp (Versuchsanstalt und Prüfstelle für Umwelttechnik und Wasserbau, Universiteit Kassel, zie bijlage) of andere adequate verbouwingen de lokwerking en dus ook de vindbaarheid van de vispassages significant kunnen verhogen.

LARINIER & TRAVADE (2008) stellen dat de varianten van het Stucky-onderzoek voor Vogelgrün niet haalbaar zijn. Ze komen tot de slotsom dat, rekening houdend met de lastige geografische omstandigheden, de bouw van een vangst-transportinstallatie op de rechteroever van de krachtcentrale en het regelmatig overbrengen van de vissen naar een uitzetlocatie in de oude loop van de Rijn (ongeveer 1 km verderop) voorlopig de

doeltreffendste oplossing is. De bouwkosten worden geraamd op circa € 10 miljoen. Om de vissen te ontzien, komen ze zonder *handling*, uitsluitend door middel van zwaartekracht in de vrachtwagen terecht. Experts bevelen aan om het transport minstens twee keer per dag te organiseren ('s ochtends en 's avonds); als er meer stroomopwaarts trekkende vissen zijn ook veel vaker.

De variant die LARINIER & TRAVADE (2008) voorstellen is met de stand die de techniek nu heeft bereikt waarschijnlijk de enige uitvoerbare tussenoplossing voor de overbrenging van de trekvissen die zich voor de krachtcentrale van Vogelgrün verzamelen en willen optrekken naar de oude loop van de Rijn, d.w.z. naar het bovenpand van de krachtcentrale Breisach. Het blijft wachten op de ontwikkeling van een duurzame, locatiespecifieke oplossing en functionerende visgeleidingssystemen (bijv. geluidsbarrières) die zouden kunnen worden ingezet aan de samenvloeiing van het Elzaskanaal en de oude loop van de Rijn. Dergelijke geleidingssystemen bevinden zich nu nog in de technische testfase en zijn tot dusver niet geschikt voor rivieren met de afmetingen van de Rijn.

Stroomafwaartse vismigratie:

De varianten "gedragsbarrières" en "fysieke barrières" die in het Stucky-onderzoek telkens worden besproken in combinatie met een bypass-oplossing voldoen grotendeels aan de stand van de techniek. Een concrete analyse van de *technische haalbaarheid* van de installatie van fijnroosters in de krachtcentrales in de Rijn is echter nog niet beschikbaar, wat betekent dat de op 200 miljoen euro geschatte totaalkosten slechts een ruwe raming zijn.

Gedragsbarrières en *systemen voor visgeleiding* bleken in het verleden tamelijk ineffectief. Voor kleinere centrales zijn er oplossingsrichtingen die eventueel ook op de locaties in de Duits-Franse Bovenrijn zouden kunnen worden gevolgd, mochten daar bij de aanleg van vispassages microcentrales worden gebouwd (met grote krachtcentrales is nog geen ervaring opgedaan):

- a) In Frankrijk zijn succesvolle nachttests uitgevoerd met extra lichtbronnen voor smolts (kwikdamplampen van 50 – 80 watt). Bij een experiment aan een stroomafwaartse bypass die om de twee dagen werd belicht, trok 99% van de vissen (n = 13.076 individuen) stroomafwaarts op dagen met belichting; slechts 1% (n = 62 Individuen) gebruikte de bypass op dagen zonder belichting (TRAVADE & LARINIER, 2006). Lichtbronnen zijn natuurlijk alleen 's nachts doeltreffend; de effectiviteit is bovendien in sterke mate afhankelijk van de troebelingsgraad van het water. Omdat lichtbronnen voor de aal misschien onaantrekkelijk zijn, zou dit middel niet mogen worden gebruikt tijdens de aaluittrek. Aangezien de twee soorten verschillende trekperiodes kennen (smolt: lente; aal: herfst) zou het gebruik van lichtbronnen over een periode van twee tot drie maanden in de lente de bescherming van de aal echter niet in de weg staan.
- b) In Frankrijk geteste akoestische geleidingssystemen werken met frequenties tussen 60-600 Hz; er werden geen significante gedragsveranderingen vastgesteld. Een mogelijke oplossing zouden echter systemen kunnen zijn die werken met extreem laagfrequente geluidsemisies (LARINIER & TRAVADE, 2002). Infrason geluid lokt bij zalmsmolts een sterke vlucht- en vermijdingsreactie uit die niet vatbaar is voor gewenning (KNUDSEN *et al.*, 1992). Jonge zalmen vertonen een vermijdingsreactie bij 10 Hz-stimulaties (bij 10-15 dB), terwijl 150 Hz-stimulaties ineffectief zijn. Akoestische gedragsbarrières sorteren volgens de huidige stand van de kennis echter slechts bij lage stroomsnelheden tot ongeveer 0,3 m/s effect. De methode bevindt zich in het onderzoeksstadium en is nog niet geperfectioneerd (TRAVADE, schriftelijke mededeling).

Volgens BRUIJS (2007) kan een door hoge kosten-bateneffectiviteit gekenmerkte combinatie van akoestische geleidingssystemen en systemen die zijn gebaseerd op lichtbronnen zorgen voor een reductie van de smoltmortaliteit van 4,8% naar 2,4-0,7% (effectiviteit: mortaliteit gereduceerd met 67,5%; *theoretisch* berekend voor de Maas voor horizontale kaplanturbinen)

www.fiskeriverket.se/download/18.64db7e331133fb433ef8000262/SS_Bruijs2.pdf.

Turbinebeheer in de lente kan eventueel een duidelijk positief effect hebben op salmonidensmolts; dit geldt vooral voor het uitzetten van turbines tijdens stroomafwaartse migratiepieken. Turbines stilleggen werd in het Stucky-onderzoek oneconomisch genoemd. Het effect van het op maximale kracht laat draaien van enkele turbines terwijl de rest wordt uitgeschakeld en de uitwerking van een ander debiet (bijv. benutting van 90% van het turbinevermogen) werden niet bekeken. De effecten van een ander debiet kunnen niet globaal worden ingeschat en zijn volgens de huidige stand van de kennis afhankelijk van verschillende randvoorwaarden (o.a. de vissoort, de lengte van de vis, hydraulische omstandigheden). Een maximaal debiet reduceert (in verhouding tot de lengte van de vis) het risico op mechanische beschadigingen door botsing met delen van de turbine, maar verhoogt tegelijkertijd turbulentie, schuifkrachten en drukverschillen. Daarom wordt aanbevolen om het beheer van de verschillende krachtcentrales aan de Rijn te optimaliseren op basis van de resultaten van smoltonderzoek (bijv. merk-hervangst experimenten, zenderonderzoek, dummyvissen met druksensoren; vgl. hfst. 4.7). De smoltuittrek vindt in de Duits-Franse Bovenrijn plaats van eind april tot eind juni (zie tabel 5), het hoogseizoen duurt zelden langer dan zes tot acht weken. Dat betekent dat turbinebeheer eventueel efficiënter is dan de aanleg van bypasses. Anders dan wordt vooropgesteld in het Stucky-onderzoek migreren smolts in de Rijn misschien niet uitsluitend 's nachts, maar ook overdag en tijdens de schemering (vgl. resultaten van het zenderonderzoek in Noordrijn-Westfalen/Nederland; fig. 31: de *kerntijd* loopt over ca. zestien uur).

Aanbeveling:

In de eerste plaats zou de mortaliteit van uittrekkende smolts aan grote waterkrachtcentrales nauwkeurig moeten worden onderzocht, teneinde de noodzaak van visbeschermingssystemen en -maatregelen te beoordelen. Als maatregelen ter ondersteuning van de stroomafwaartse vismigratie vereist blijken, zouden tests kunnen worden uitgevoerd met het op maximale kracht laten draaien van enkele turbines terwijl de rest wordt stilgelegd.

Er is op dit moment te weinig informatie beschikbaar over de technische haalbaarheid van fijnroosters als fysieke barrière en over het gebruik van lichtbronnen en infrason geluid aan grote waterkrachtcentrales om hieromtrent definitieve aanbevelingen te kunnen formuleren. Voor de beweegbare stuwten die zullen worden voorzien van aanvullende, kleine waterkrachtcentrales wordt een toetsing aanbevolen.

4.2.2.2 Kembs

Voor de nog te vernieuwen vergunning van de krachtcentrale Kembs zou volgens de ICBR vóór 2020 in een begeleidend onderzoek moeten worden nagegaan of verdere biotoopverbeterende maatregelen nodig zijn; daarbij gaat het vooral om een verdere aanpassing van de minimale afvoer. De nieuwe vergunning moet nog worden goedgekeurd, wat betekent dat ook de minimale afvoer nog niet is vastgelegd (dit gebeurt in maart 2009).

Aanbeveling:

Aanbevolen wordt om een dergelijke evaluatie veel sneller uit te voeren, namelijk al na vijf jaar na de verhoging van de afvoer in de oude loop van de Rijn. De habitatkwaliteit zou moeten worden verbeterd door het bevorderen van de laterale erosie langs de eilanden in de Rijn en door het storten van bodemmateriaal. Door de verbetering van de huishouding van bodemmateriaal en door de verhoging van de dynamiek kan een zeer gevarieerd mozaïek van verschillende habitats tot ontwikkeling komen (variabiliteit in diepte en stroming) en kunnen meer geschikte substraatsamenstellingen voor de paai ontstaan. De minimale afvoer zou vanuit visserijbiologisch oogpunt in geen geval lager mogen zijn dan 60 m³/s. De relatieve afvoer in de oude loop van de Rijn zou moeten zijn afgestemd op het natuurlijke afvoerregime in de Duits-Franse Bovenrijn.

4.2.2.3 Verhoging van de efficiëntie van de stroomopwaartse vismigratievoorzieningen in Iffezheim en Gamsheim

Voor de krachtcentrales boven Gamsheim (traject met afleidingskanalen) bevat het Stucky-onderzoek (2006) steeds optrekvoorzieningen voor de hoofdstroom *en* voor de afgeleide waterloop. Op die manier is in combinatie met de scheepvaartsluizen voor alle migratiewegen een oplossing gevonden en zijn potentiële doodlopende straatjes zo goed als uitgesloten. De krachtcentrales Iffezheim en Gamsheim, beide gelegen onder het traject met afleidingskanalen, beschikken elk slechts over één vispassage (met drie ingangen) onder de centrale; de scheepvaartsluizen vormen een extra optrekbaarheid. Aan de kant van de stuwen die door scheidingsdammen van meerdere honderd meter zijn geïsoleerd van het inloopkanaal van de centrales zijn er geen vispassages. Hierdoor ontstaan misschien doodlopende zones, een effect dat zich vooral doet gevoelen als de stuwen overstromen. In Iffezheim werken tegenwoordig vier turbines met een aanzuigcapaciteit van 1.250 m³/s. Deze afvoer wordt volgens voorlopige schattingen op ca. 145 dagen overschreden. Bij een debiet van 1.800 m³/s wordt bijna 600 m³/s afgevoerd over de stuw, wat aan het begin van de scheidingsdam (het punt waar optrekkende vissen beslissen welke weg ze zullen nemen) mathematisch gezien leidt tot een “misleidende” lokstroom van 0,7 m/s; dit lijkt het geval te zijn op meer dan 35 dagen per jaar. Als de ontwerpcapaciteit vanaf 2010/2011 door de installatie van een vijfde turbine wordt verhoogd tot ca. 1.500 m³/s, zal er waarschijnlijk nog slechts op ruim twintig dagen een “misleidende” lokstroom van 0,7 m/s worden veroorzaakt. Dit effect van doodlopende zones is misschien echter al aanwezig bij stroomsnelheden tussen 0,3 en 0,5 m/s. De potentiële noodzaak van extra vispassages die kan worden afgeleid uit deze theoretische overwegingen is tot dusver echter bevestigd noch onderzocht.

Aanbevelingen:

Aanbevolen wordt om de vindbaarheid van de locaties Iffezheim en Gamsheim spoedig te toetsen m.b.v. telemetrisch onderzoek en/of merk-hervangst experimenten. Als er sprake is van doodlopende zones zouden beide centrales moeten worden uitgerust met een extra vispassage aan de kant van de stuw. Deze extra vispassages zouden duidelijk kleinere afmetingen kunnen hebben en goedkoper kunnen zijn in de realisatie dan de stroomopwaartse vismigratievoorziening aan de kant van de krachtcentrale. (Voor de mogelijkheden om de werking van de lokstroom met zeer weinig extra waterverbruik te optimaliseren met behulp van een nieuw soort lokstroompomp wordt verwezen naar bijlage VI). Het gebruik van extra vispassages kan worden beperkt tot de periodes waarin de stuwen overstromen (en een paar dagen daarna) wanneer er toch al genoeg water beschikbaar is.

Tevens wordt voorgesteld om te onderzoeken of de latere inbouw van borstels (naar HASSINGER, Versuchsanstalt und Prüfstelle für Umwelttechnik und Wasserbau, Universiteit Kassel; zie bijlage VI) de energieomzetting in de vispassage van Iffezheim kan verhogen en het totaal aantal optrekkende vissen significant kan doen toenemen.

Tot slot wordt aanbevolen om voor beide locaties de smoltmortaliteit te bepalen en zo nodig de stroomafwaartse trek te optimaliseren (eventueel d.m.v. turbinebeheer; enkele turbines op maximale kracht laten draaien, zie hierboven).

4.2.3 Stuwen in de Moezel

Het Moezelsysteem bevat 100 ha paaigrond en opgroeihabitat, het subsysteem van de Sauer voegt daar nog eens 70 ha aan toe.

De onderhandelingen met de water- en scheepvaartdirectie zuidwest over maatregelen ter compensatie van de bouw van een tweede sluis aan alle tien stuwen tussen Koblenz en Trier zijn onlangs afgesloten (overeenkomst van 16 februari 2009). De betalingen ter compensatie van de aanleg van de sluizen worden gebundeld en zullen worden gebruikt om de passeerbaarheid van de Moezel systematisch te verbeteren (beginnend bij de monding) en

om op lange termijn en in samenwerking met Luxemburg de habitats in de Sauer weer toegankelijk te maken. Als de installaties in Koblenz en Lehmen worden aangepakt, zou de Elzbach al op middellange termijn weer bereikbaar kunnen zijn. De kosten voor de herinrichting van de Moezel bedragen circa € 23,8 – 27,6 miljoen (zonder de stuwen Grevenmacher en Palzem). Voor de Sauer is een plan uitgewerkt voor de belangrijkste migratiebarrière Rosport (circa € 1,6 miljoen; LAUFF, mondelinge mededeling).

4.2.4 Integratie van scheepvaartsluizen in optrekplannen

Trekvissen vinden sluizen ofwel toevallig, wanneer ze langs de rand van de waterweg trekken, ofwel zoeken ze de sluizen bewust op, wanneer als gevolg van het schutten onder de migratiebarrière een doeltreffende lokstroom ontstaat naar en uiteindelijk in de kolk. Tenminste in Iffezheim lijkt dit in het bijzonder het geval te zijn, misschien omdat door de monding van de Sandbach eventueel een extra lokeffect ontstaat aan de rechterkant van de rivier. De bijdrage van sluizen aan de visoptrek is volgens de bekeken gegevens afhankelijk van de ligging van de ingangen in het benedenpand (afhankelijk van de afstand tot de migratiebarrière), de schutfrequentie en de seizoensgebonden werking van de sluizen (zo worden bijv. sluizen voor pleziervaartuigen niet altijd even intensief gebruikt). Scheepvaartsluizen kunnen stroomopwaartse vismigratievoorzieningen niet vervangen, d.w.z. dat met scheepvaartsluizen alleen geen stabiele vispopulaties in de bovenstrooms gelegen panden tot ontwikkeling kunnen komen. In principe vormen sluizen in waterwegen echter een *aanvullende* optrekmogelijkheid, vooral wanneer ze visvriendelijk worden beheerd.

Aanbeveling:

Aanbevolen wordt om na te gaan of scheepvaartsluizen loos kunnen schutten, waarbij het proces zelf volgens TRAVADE & LARINIER (2002) kan worden afgestemd op het migratiegedrag van vissen door de schutten naar het bovenwater en naar het onderwater tegelijkertijd (gedeeltelijk) open te zetten. De lokstroom die hierdoor ontstaat, leidt tot duidelijk hogere optrekcijfers dan bij het normale schutten voor scheepsverkeer. Het “visschutten” hoeft slechts een paar keer per dag plaats te vinden, bijv. een keer 's ochtends en een keer 's avonds. Sluizen voor pleziervaartuigen die soms gunstig zijn gelegen dicht bij kunstwerken (bijv. in de Moezel en de Main) zouden in de periode van maart tot december op vergelijkbare wijze kunnen worden beheerd.

Positief effect: Kan nu nog niet worden gekwantificeerd (verhoging van de passeerbaarheid, afhankelijk van de locatie, met 5 – 20%?); eventueel dient er te worden gemonitord op representatieve locaties.

4.2.5 Zijrivieren

De situatie in de zijrivieren is zeer heterogeen en wordt beïnvloed door verschillende gebruiksfuncties die de passeerbaarheid onderbreken. Omdat het aantal projectwateren zo groot is, kan de huidige stand van zaken in dit onderzoek slechts ruw worden geschetst.

De rivier die waarschijnlijk het meest is verstoord, is de Lahn, een rivier die waterbouwkundig is ontwikkeld tot waterweg en intensief wordt gebruikt voor de opwekking van hydro-elektriciteit. Geschikte paaigronden en opgroeihabitats bevinden zich in de bovenloop (Noordrijn-Westfalen) en in de subsystemen. In de middenloop in Hessen is de passeerbaarheid aan de waterkrachtcentrales zo goed als hersteld. De benedenloop in Rijnland-Palts is vanaf het gebied net boven de monding niet passeerbaar. In de zijrivieren van de Moezel is de mate van verstoring over het geheel genomen matig; in de Kyll liggen de meeste waterkrachtcentrales (acht), in de relatief natuurlijk gebleven Elzbach en in de benedenloop van de Sauer is er telkens slechts één knelpunt (Sauer: waterkrachtcentrale Rosport). Het Ill-Bruchesysteem wordt intensief gebruikt voor elektriciteitsopwekking; voor de

prioritering van maatregelen is een uitvoerige kosten-batenanalyse uitgewerkt (SCHULTZ, 2006). In het Wupper-Dhünnsysteem bemoeilijken stuwmeren de realisatie van de passeerbaarheid. De zijrivieren uit het Zwarte Woud (Baden-Württemberg) zullen voor 2012 passeerbaar worden gemaakt. In het bijzonder geschikte Siegsysteem is tot dusver slechts ongeveer een derde van het habitatgebied (60 van de 190 ha) bereikbaar gemaakt, d.w.z. dat hier het grootste potentieel van het Nederrijng gebied schuilgaat. In de zijrivieren van de Sieg behoort het passeerbaarheidsprobleem daarentegen tot het verleden (in de Saynbach volledig, in de Wisper en de Ahr zo goed als). In de Wiese (Zwitserland) ligt slechts één niet te nemen hindernis; de Birs is weer vrijwel passeerbaar (BUWAL, 2005).

Een ander groot probleem in de meeste rivieren die intensief worden gebruikt voor de opwekking van hydro-elektriciteit is de bescherming van smolts bij de stroomafwaartse trek. Aan veel zijrivieren van de Rijn (de Ill, de Kinzig, de Rench, de Murg, de Sieg, de Kyll, de Prüm en andere) zijn kleine krachtcentrales gebouwd (vgl. tabel 15). De turbines in deze kleine krachtcentrales veroorzaken meestal een hoge mortaliteit onder de stroomafwaarts trekkende vissen.

In tabel 15 wordt het verband verduidelijkt tussen de opwekking van hydro-elektriciteit (aantal wkc's in het gehele stroomgebied en in de afzonderlijke projectwateren; inschatting van de sterfte) en de actuele voortgang van de projecten (bereikbaarheid van de habitats, vastgestelde voortplanting en inschatting van het voortplantingssucces in 2008; vgl. tabel 2).

Aanbeveling:

Een ongenuanceerde aanbeveling voor de volgorde waarin de kunstwerken moeten worden aangepast lijkt niet op zijn plaats, omdat veel factoren zorgen voor een complexe handelingsruimte, zoals de duur en het verlopen van concessies en vergunningen, lokale financieringsmogelijkheden (bijv. compensatiebetalingen, subsidieprogramma's), verschillen in de wetgeving, inzicht en bereidheid tot onderhandelen bij de beheerders en verschillen in de habitats (oppervlak, kwaliteit). In principe moet erop worden gelet dat kosten en baten (hier: uitbreiding van de toegankelijkheid van kwalitatief hoogstaande habitats) worden geïntegreerd in een totaalconcept en dat de benedenstrooms gelegen knelpunten het eerst worden aangepakt. Voor specifieke varianten van *stroomopwaartse vismigratievoorzieningen* kunnen geen aanbevelingen worden gedaan, omdat deze installaties uitsluitend voor een bepaalde locatie kunnen worden gepland.

Bij maatregelen aan krachtcentrales in omleidingskanalen is zorgen voor een milieuvriendelijke minimumafvoer van doorslaggevend belang.

In de projectwateren zou moeten worden afgezien van een verdere uitbreiding van de elektriciteitsopwekking in kleine waterkrachtcentrales. Centrales die niet meer worden gebruikt, zouden waar mogelijk consequent moeten worden ontmanteld.

Synthese:

De maatregelen voor het herstel van de passeerbaarheid moeten zijn gericht op de stroomopwaartse *en* de stroomafwaartse vismigratie. In principe zouden de migratiewegen *op stroomgebiedsniveau* (bijv. het Illsysteem, het Kinzigsysteem, het Siegsysteem, het Moezelsysteem, de Duits-Franse Bovenrijn) stapsgewijs vanaf de monding en dan verder stroomopwaarts passeerbaar moeten worden gemaakt; bij het stellen van de prioriteiten moet zowel worden gekeken naar de uitvoeringsmogelijkheden als naar de beschikbare habitats binnen de systemen. Als zalmpopulaties ruimtelijk (= genetisch) geïsoleerd zijn van andere populaties kunnen ze zichzelf in stand houden wanneer er ongeveer 3,3 ha habitatgebied beschikbaar is (3,3 ha = mogelijke productie van 3.300 smolts per jaar = honderd terugkerende vissen per jaar bij een terugkeerpercentage van ca. 3%; vgl. hfst. 2). Als er sprake is van minder dan 3,3 ha (bijv. in de Wisper, de Ergolz, kleinere zijrivieren van de Sieg en de Moezel) is waarschijnlijk een langdurige genetische uitwisseling met ruimtelijk nabijzijnde subpopulaties nodig. In principe dient er te worden gestreefd naar een aaneenschakeling van de migratiewegen van de populaties (bijv. Illsysteem <=> Elz-Dreisamsysteem), omdat dit de gehele visstand stabiliseert en de fragiliteit van afzonderlijke groepen kan ondervangen.

In tabel 15 wordt aan de hand van de gebruiksintensiteit (wkc's) en de bereikbaarheid van de paaiwateren de behoefte aan acties en de prioriteit van deze acties op het niveau van de stroomgebieden aanschouwelijk gemaakt. Rode balken duiden op een grote, gele balken op een iets minder grote en groene balken op een kleine behoefte aan acties. Toch kan het voor bepaalde systemen die vanwege hun gunstige kenmerken zijn geclassificeerd of aangewezen als prioritaire rivier (bijv. de Sieg in Noordrijn-Westfalen en Rijnland-Palts, de Ahr in Rijnland-Palts, de Bruche in Frankrijk, de Kinzig in Baden-Württemberg) zinvol zijn om af te wijken van de prioriteiten die zijn gesteld de tabel.

Tab. 15: Opwekking van hydro-elektriciteit (aantal wkc's in het gehele stroomgebied en in de afzonderlijke projectwateren; inschatting van de sterfte) en actuele voortgang van de projecten (bereikbaarheid van de habitats, vastgestelde voortplanting en inschatting van het voortplantingssucces in 2008; vgl. tabel 2) en de prioriteit van maatregelen voor stroomopwaartse en stroomafwaartse vismigratie in fase I die daaruit kan worden afgeleid (uitvoeringsfasen: vgl. 4.6)

Deelstaats	Systeem	Projectwateren - selectie van de belangrijkste zijrivieren (* geen uitzet)	Eerste zalm-uitzet	Zalm-habitats	Habitatgebied [ha]	Gebruik door waterkrachtcentrale		Bereikbaarheid (vanaf 1994)		Passeerbaarheid in fase 1 uitvoerbaar		succesvolle voortplanting 1994-2008		
						Intensiteit van hydro-elektriciteit op de gehele migratieweg (zonder NL) (cijfers: max. aantal wkc's)	Intensiteit van hydro-elektriciteit in projectwateren (cijfers: max. aantal wkc's)	Status-quo bereikbaarheid van de paalgronden (stand 2008)	Aantal jaren bereikbaarheid (beperkt / niet beperkt)	Bereikbaarheid van de paalgronden	Vislittrek gearandeerd (in paalwateren)	Aantal onderzoeksjaren	Aantal jaren met vastgestelde voortplanting	Aantal onderzoeksjaren met vastgestelde voortplanting [%]
D	Wupper-Dhünn	Wupper Dhünn Eifgenbach	Zalmuitzet in het Wupper/Dhünnstelsel sinds 1993		25	7	7	slecht	0			1	0	0,0
						1	1	gemiddeld	15			3	2	66,7
						1	0	slecht	0			1	0	0,0
D	Sieg	Siegsys. a/d Rijn in NRW Agger (onderste 30 km) Naafbach Pleisbach Hanfbach Bröl Homburger Bröl Waldbröl Derenbach Steinchesbach Krabach Gierzhagener Bach Irsenbach Sülz Schlingebach	Zalmuitzet in het Siegsysteem aan de Rijn sinds 1988, het Wupper/Dhünnstelsel en de bovenste regio van het barbelgebied, maar ook in geselecteerde kleine en middelgrote beken		190	2	2	goed	15			4	3	75,0
						0	0	zeer goed	15			9	7	77,8
						0	0	gemiddeld	15			7	6	85,7
						0	0	goed	15			3	1	33,3
						1	0	goed	15			3	1	33,3
						1	1	goed	15			9	6	66,7
						1	0	gemiddeld	15			6	4	66,7
						1	0	gemiddeld	15			6	2	33,3
						0	0	goed	15			1	0	0,0
						1	0	goed	15			1	0	0,0
						0	0	goed	15			1	0	0,0
						0	0	goed	15			1	1	100,0
						2	0	goed	15			2	1	50,0
						2	0	goed	15			1	0	0,0
						3	3	gemiddeld	15			3	1	33,3
						0	0	zeer goed	15			3	2	66,7
		Middenloop Sieg in RLP	1994			6	4	goed	15			8	5	62,5
		Nistersystem	1991			6	4	goed	7 / 8			10	9	90,0
		Wisserbach	1991			2	0	goed	15			9	8	88,9
		Elbbach	1995			2	0	goed	8 / 7			5	3	60,0
		Heller-Daade	1998			3	0	slecht	0			4	2	50,0
		Asdorf	1997			4	0	slecht	0			2	0	0,0
D	Ahr	Ahr	1995		80	3	3	zeer goed	7 / 8			9	3	33,3
D	Nette	Nette *	-		10	2	2	gemiddeld	15			8	6	75,0
D	Saynbach	Saynbach Brexbach	1994		10	2	2	zeer goed	4 / 9			9	9	100,0
			1994			0	0	goed	1 / 9			9	5	55,6
D	Moezel	Elzbach Kyll Prümstelsel Sauer Our	2005 1996 1996 1992 1992		170	0 (+ 2 Moezel)	0	slecht	0			4	0	0,0
						8 (+ 9 Moezel)	8	slecht	0	fase II		0	0	
						6 (+ 10 Moezel)	6	slecht	0	fase II		0	0	
						1 (+10 Moezel)	1	slecht	0	fase II		1	0	0,0
						1 (+10 Moezel)	1	slecht	0	fase II		0	0	
D	Lahn	Mühlbach Weil Dill	1994 1995 1995		19	7	1	slecht	0			1	0	0,0
						> 10	≤ 3	slecht	0			0	0	
						> 10	≤ 3	slecht	0			0	0	
D	Nahe	Nahe	1 x 2004	?	?	> 10	> 10	slecht	0			0	0	
D	Wisper	Wisper	1999		2	0	0	goed	8 / 7			7	4	57,1
D	Main	Schwarzbach * Kinzigstelsel (He)	- 2001		12	2 (+ 2 Main)	2	slecht	0			2	0	0,0
						≥ 3 (+ 5 Main)	≥ 3	slecht	0	fase II		1	0	0,0
D	Alb	Alb	2001		10	6	6	gemiddeld	9			0	0	
D/F	(Wies)Laute	(Wies)Laute	1991		?	5	5	goed	2 / 5			0	0	
D	Murg	Murg	2001		36	17	17	slecht	0			3	3	100,0
F/D	Rhein	Rijn onder Iffezheim *	-		50 (?)	0	0	goed	15			?	1	
D	Rench	Rench	2001		11	16 (+ 1 Rijn)	16	slecht	0			0	0	
F	Ill	Bruche Bovenloop Illsysteem	1991 1991		72**	1 (+ 1 Rijn)	1	goed (benedenloop)	5 / 9			14	14	100,0
						5 (+ 1 Rijn)	5	slecht	0			0	0	
D	Kinzig	Kinzig (BW)	2001		68	13 (+ 2 Rijn)	13	slecht	0			1	1	100,0
D	Elz-Dreisam	Elz Dreisam	2005 2008		59	9 (+ 4 Rijn)	(vanaf km 75)	slecht	0			0	0	
						2 (+ 4 Rijn)	2	slecht	0			0	0	
F/D	Rijn	Oude loop van de Rijn	1991		88	0 (+ 6 Rijn)	0	slecht	0	fase II		0	0	
D/CH	Wiese	Wiese	1984		24	4 (+ 7 Rijn)	4	slecht	0	fase II		0	0	
CH	Birs	Birs	1995		17	2 (+ 7 Rijn)	2	slecht	0	fase II		0	0	
CH	Ergolz	Ergolz	1995		3	0 (+ 9 Rijn)	0	slecht	0	fase II		0	0	

** Habitatgebied van het Illsysteem zonder Thur & Lauch

LEGENDE

Inschatting van de sterfte a.g.v. hydro-electriciteit	Bereikbaarheid	Vastgestelde voortplanting
laag / geen of weinig waterkrachtcentrales	Paalgronden (grotendeels) bereikbaar	Zalmvoortplanting groot/regelmatig
gematigd / meerdere waterkrachtcentrales	Paalgronden gedeeltelijk/beperkt bereikbaar	Zalmvoortplanting middelmatig/zeldzaam
hoog / veel waterkrachtcentrales, evt. stuwmeren, stuwen	Paalgronden niet/bij wijze van uitzondering bereikbaar	Geen vastgestelde voortplanting
	Ontwikkeling niet in te schatten/onbekend	Geen specifieke onderzoeken

4.3 Predatie

Inschatting: **Gemiddelde prioriteit (in een aantal stroomgebieden hoge prioriteit)**

Sterfte als gevolg van predatie wordt beschouwd als een relevante factor voor de herintroductie van de zalm en de elft. **Deze factor is van belang in de gehele Rijn en in verschillende nevenwateren.**

Een grote predatiedruk op smolts gaat mogelijk uit van de in open water (!) jagende vissoorten roofblei en snoekbaars en van de meerval en de aalscholver. Onder waterkrachtcentrales bestaat lokaal een grote predatiedruk op gedesoriënteerde smolts (hier ook door de snoek).

Voor terugkerende vissen (alle soorten) is alleen de meerval (die tot 200 cm lang kan worden) een te duchten predator. Er zijn echter geen kwantitatieve gegevens beschikbaar.

De predatiedruk is bijzonder groot in gestuwde zones en onder waterkrachtcentrales (voor uittrekkende vissen) en onder waterwerken (voor optrekkende vissen).

Aanbevelingen:

Aalscholver: In de paai- en opgroeiwateren (incl. oude loop van de Rijn) en op de migratiewegen in de zijrivieren (forellengebied tot barbelengebied) zou er ten behoeve van de trekvisstand een regulering van de aalscholverpopulaties moeten plaatsvinden. In dit beheer zou er ook aandacht moeten zijn voor de broedkolonies (aan de Duits-Franse Bovenrijn zijn de afgelopen jaren meerdere nieuwe broedkolonies tot ontwikkeling gekomen). Vooral in de zijrivieren dient voldoende rekening te worden gehouden met het feit dat aalscholvers zich sinds een paar jaar veelal langer (tot eind april) ophouden in de overwinteringsgebieden en daardoor een bijzondere predatiedruk kunnen uitoefenen op smolts.

Ook in de Rijn, zijn grote zijrivieren die zijn uitgebouwd tot waterwegen (de Moezel, de Main en de Neckar) en in de Delta zou moeten worden gestreefd naar een vorm van aalscholverbeheer.

Roofvissen: In het barbelen- en vlagzalmengebied in de zijrivieren zou absoluut geen snoekbaars mogen worden uitgezet; doelgericht hengelen op meerval en roofblei zou de predatiedruk lokaal kunnen verlagen. Snoekuitzet op de migratiewegen in kleine en middelgrote rivieren zou kritisch moeten worden bekeken.

De predatiedruk op smolts aan krachtcentrales zou moeten worden geminimaliseerd door de vissen uittrekmogelijkheden te geven via geleidingssystemen en stroomafwaartse migratievoorzieningen of aanpassing van het turbinebeheer. Nieuwe waterwerken en waterkrachtcentrales verhogen het potentiële risico voor trekvisen sowieso als gevolg van de predatiedruk die ontstaat in de gestuwde gebieden, of de stroomafwaartse migratie nu wordt gegarandeerd of niet.

Opmerkingen: (1) In Nederland wordt de meerval beschouwd als een niet-inheemse vis (Bern\T-PVS 2001\tpvs06e_2001)

(2) Omdat over de invloed van roofvissen en aalscholvers op trekvisen (vooral salmonidensmolts) in de Rijn amper gegevens beschikbaar zijn, is er veel behoefte aan verder onderzoek.

4.4 Temperatuur

Inschatting: **Gemiddelde prioriteit (potentieel: hoge prioriteit)**

Migrerende salmoniden moeten door de grote wateren voor karperachtigen (meer bepaald de Rijn, de Moezel en de Main) zwemmen voor ze hun koelere voortplantingswateren bereiken (onderste zone van het forellengebied, barbelengebied). Te hoge temperaturen in het water voor karperachtigen verzwaren de stroomopwaartse trek van langeafstandstrekvisseren van de zee naar de paaiwateren. De onderbrekingen van de migratie van volwassen salmoniden als gevolg van hoge watertemperaturen tijdens hete zomers duurden tot dusver kort en vormden geen beperkende factor. Omdat de mortaliteit toeneemt als de temperatuur stijgt (vooral bij de onbedoeld bijgevangen vissen die zijn teruggezet), omdat hoge temperaturen een stressfactor vormen en negatieve invloeden op het tijdsbudget van terugkerende exemplaren moeten worden gereduceerd, is de warmtebelasting van de Rijn in zijn geheel, ten minste voor salmoniden, niet onbelangrijk. De gevolgen van de klimaatverandering kunnen nu nog niet worden ingeschat, maar zouden in de toekomst wel kunnen leiden tot een duidelijke verscherping van het probleem. **Stroomgebieden waarvoor deze factor van belang is: vooral de Rijn met de nadruk op de beneden- en de middenloop; de Moezel, de Main**

Aanbevelingen:

De warmtesituatie in de Rijn verdient een vinger aan de pols; tevens dienen de mogelijkheden te worden gepeild om de antropogene warmteozingen op de Rijn en zijn zijrivieren verder te verminderen (vgl. communiqué van de Rijnministersconferentie van 2007, ICBR 2007). Eventueel zouden de grenswaarden voor thermisch belast water dat vanuit bedrijven wordt geloosd, moeten worden verscherpt. De grenswaarde waarboven de warmtebelasting uit antropogene bronnen moet worden verminderd, zou bij een Rijnwatertemperatuur van 25°C moeten liggen.

Een reductie van de warmtebelasting van de Rijn begint in de stroomgebieden van de zijrivieren. De doeltreffendste maatregel is daarbij het herstel van continue beschaduwning door oeverbegroeiing buiten verstedelijkte gebieden. Daarvoor zijn oeverstrookprogramma's een geschikt instrument. Omdat bedrijven die thermisch belast water lozen (industrie, krachtcentrales) vooral bij scherpere grenswaarden waarschijnlijk veel belang hebben bij een dalende thermische achtergrondbelasting van de zijrivieren zouden zich bij de financiering van oeverstrookprogramma's (bijv. compenserende maatregelen voor de ecologie) mogelijkheden tot samenwerking kunnen voordoen tussen industrie en krachtcentrales enerzijds en gemeenten anderzijds. Daarvoor zouden de nodige politieke randvoorwaarden moeten worden gecreëerd.

4.5 Habitatkwaliteit, waterkwaliteit en sediment

Inschatting: **Gemiddelde prioriteit (in een aantal stroomgebieden hoge prioriteit)**

In bepaalde stroomgebieden vormen problemen met de habitatkwaliteit, de waterkwaliteit en de verontreiniging van het sediment een beperkende factor op het niveau van de projectwateren. **Vooral de stroomgebieden van de Sieg (zijrivier de Bröl), de Lahn, de Nette, de Alb, de Murg, de Rench, de Kinzig (allemaal in Duitsland), de oude loop van de Rijn (in Duitsland en Frankrijk) en de Wiese (in Zwitserland) hebben hieronder te lijden.**

Deze is inschatting beperkt tot de nog relatief intacte projectwateren van de trekvisprogramma's die – in tegenstelling tot sterker verstoorde wateren of watersystemen – net vanwege hun tamelijk gunstige vooruitzichten zijn opgenomen in de programma's. Veel zijrivieren van het Rijnsysteem kampen met ernstige problemen, vooral wat de habitatkwaliteit betreft, waardoor de inspanningen voor de herintroductie van trekvissen op dit moment niet kunnen worden opgevoerd.

In het algemeen kan worden gesteld dat een verdere uitbreiding van de kleine waterkrachtcentrales in voortplantingsgebieden *in beginsel* contraproductief is, omdat door de opstuwung en omleiding van water paaigronden verloren gaan, de warmtebelasting toeneemt, ecologisch gunstige, dynamische processen worden ingeperkt en de migratie wordt belemmerd. Zulke ingrepen kunnen in principe slechts *gedeeltelijk* worden gecompenseerd door “ecologische verbeteringen” (aanleg van stroomopwaartse en stroomafwaartse vismigratievoorzieningen, regeling van de minimale afvoer, enz.).

Aanbevelingen:

De problemen zijn divers en kunnen alleen worden opgelost op het niveau van het stroomgebied. De EG-Kaderrichtlijn Water stelt al een kader vast voor acties op dit gebied. Voor de sanering van salmonidenwateren zijn al aanbevelingen voor acties uitgewerkt (waarvan het laatste voorbeeld de handreiking voor de sanering van salmonidenwateren in het kader van het trekvisprogramma van Noordrijn-Westfalen is; MUNLV, 2006) die zo spoedig mogelijk dienen te worden uitgevoerd.

Voor de habitatkwaliteit is het redynamiseren van de paaigronden en opgroeihabitats en het terugbrengen van de elektriciteitsopwekking tot een ecologisch verantwoord niveau zeer belangrijk. De toestand waarin zalmpopulaties zich bevinden, vervult daarbij een essentiële indicatorfunctie, omdat het behoud van populaties dan wel de mogelijkheid om een populatie te herintroduceren hoge eisen stelt aan de kwaliteit van de habitats, waardoor “overmatig gebruik” in de vorm van negatieve ontwikkelingen in de populatie aan het licht wordt gebracht.

Net zoals bij de factor temperatuur zijn ook hier oeverstrookprogramma's aan zijrivieren een geschikt instrument voor de revitalisering van paaiwateren.

4.6 Prioriteitenlijst en kosten voor de voorgestelde maatregelen voor deelsystemen en het systeem als geheel

Tabel 16 geeft een samenvatting van de kosten van de maatregelen voor het herstel van de passeerbaarheid in de belangrijkste subsystemen en van de habitatgebieden die met deze maatregelen kunnen worden ontsloten. De voorgestelde prioritaire maatregelen, de effecten (op soorten en stroomgebieden) en de geraamde kosten (voor zover bekend) zijn op een rij gezet in tabel 17a. De ontsluiting van het Elz-Dreisamsysteem (passeerbaarheid) vergt investeringen van bijna € 39 miljoen (zie ook tabel 19); de kosten voor de verbinding van de oude loop met de hoofdstroom van de Rijn worden geraamd op nog eens € 62 miljoen.

Opmerking: De bovengenoemde kosten omvatten geen maatregelen voor het herstel van de vispasseerbaarheid aan de stuwen in het Elzaskanaal. Immers, destijds is als route voor de stroomopwaartse trek richting Zwitserland de voorkeur gegeven aan de oude loop van de Rijn (Stucky-onderzoek). De vispassages aan de vier stuwen in het Elzaskanaal zouden elk rond de € 13 miljoen kosten. Daarentegen moet er nu voor de stuw Vogelgrün/Breisach een systeem worden uitgewerkt om de vissen te vangen en te transporteren naar de oude loop van de Rijn.

Tab. 16: Kosten en habitatgebieden die kunnen worden ontsloten in de belangrijkste subsystemen

Watersysteem	Kosten in miljoen euro		Extra gebied [ha]
	Visoptrek	Visuittrek	
Alb	2,08	0,5	8,9
Murg	2,65	2,7	30,6
Oos	0,5	0,0	4,5
Rench	1,49	0,72	10,7
Kinzig	1,97	1,2	67,9
Elz-Dreisam	3,71	0,945	58,7
Wiese (D)	1,85	0,6	21,5
Ill	6,31	1,18	60,67**
Moezel	23,8-27,6	?	90
Sauer	1,60	<i>inbegrepen</i>	70
Sieg	5,44	1,0-3,9 (<i>afhankelijk van welke variant wordt gekozen*</i>)	130

(* vgl. INGENIEURSBUREAU FLOECKSMÜHLE, 2005b; **zonder Thur en Lauch)

In tabel 17b wordt in de voorgestelde maatregelen een prioriteit aangebracht. Enerzijds komt uit de matrix duidelijk naar voren dat alle factoren samenwerken en van belang zijn. "Afzonderlijke schroeven aandraaien" (bijv. visintrek) zonder aandacht voor andere beperkende factoren (bijv. visserijdruk, visuittrek, habitatkwaliteit) is daarom op lange termijn niet doeltreffend. Anderzijds blijkt uit de matrix ook dat de uitvoering van de maatregelen niet in alle afzonderlijke Rijntrajecten en deelstroomgebieden dezelfde betekenis heeft. In figuur 40 worden de noodzakelijke maatregelen in kaart gebracht. Figuur 41 maakt de complexe situatie van de krachtcentrales, omleidingskanalen en zijrivieren in de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn en Hoogrijn aanschouwelijk.

In tabel 18 (a-g) wordt voor zeven geselecteerde subsystemen of deelgebieden (de zijrivieren in Zwitserland, de oude loop van de Rijn, het Elz-Dreisamsysteem, de Kinzig, de Ill, de Sauer en de Sieg) bij wijze van voorbeeld en gedeeltelijk op basis van *theoretische* aannames berekend hoe effectief de stroomopwaartse vismigratievoorzieningen moeten zijn

en hoe zeer de smoltmortaliteit moet worden gereduceerd om in de subsystemen of deelgebieden een stabiele zalmpopulatie te kunnen opbouwen. Er worden drie scenario's voorgesteld (1: uitgangssituatie; 2: tussendoel; 3: technisch haalbare situatie).

In de berekening wordt ook rekening gehouden met een verhoogde natuurlijke smoltproductie door adaptatieprocessen en habitatverbeteringen, met de vermindering van de visserijsterfte bij de uittrek en met een predatorenbeheer in de hoofdstroom en de zijrivieren. Het voortplantingssucces werd, met het oog op de habitatkwaliteit die nog verder verbeterd dient te worden, bewust laag gehouden op 2.500 tot 3.000 oogpunteltjes per kuitvis. Het aantal eitjes per kuitvis verschilt tussen de stammen Allier en Ätran, omdat het MZW-aandeel in de Allierstam (Duits-Franse Bovenrijn) niet overeenkomt met het aandeel in de Ätranstam (Moezel en Sieg) (vgl. tabel 10 onderaan). De mortaliteit bij de stroomafwaartse migratie kon bij gebrek aan gegevens slechts ruw worden geschat op basis van de migratieafstand (in feite de predatiedruk) en het aantal waterkrachtcentrales op de migratieweg (sterfte door predatie en opgelopen schade). Als percentage vissen dat terugkeert naar de kust na het verblijf in de zee (verhouding tussen aantal uittrekkende smolts en intrekkende volwassen zalm) werd het gemiddelde van de Nederlandse onderzoeksresultaten genomen (10,3 – 23,5% van de uitgetrokken postsmolts; vgl. IMARES-onderzoek in hfst. 3.5; JANSEN *et al*, 2008). De terugkeerpercentages bij de stroomopwaartse trek werden ook vastgesteld op basis van de migratieafstand (in feite de visserijdruk) en het aantal waterkrachtcentrales (vindbaarheid en passeerbaarheid van de stroomopwaartse vismigratievoorzieningen) (hypothese voor waterwegen: 10% van de vissen trekt stroomopwaarts via sluizen); als gevolg van de beschikbare gegevens kon hier evenmin onderscheid worden gemaakt tussen de afzonderlijke factoren. De streefwaarden "aantal terugkeerders" en "smoltproductiedoel" zijn allebei gebaseerd op het beschikbare habitatgebied (ha) in de subsystemen of deelgebieden (vgl. tabel 6); daarbij werd gesteld dat een populatie met een terugkeerpercentage van 3% zichzelf in stand kan houden. Wanneer het terugkeerpercentage hoger was dan 3% en de theoretische smoltproductie in een gebied werd overtroffen, werd telkens de maximale natuurlijke smoltproductie voor dat gebied ingevuld.

Bij de berekening is uitgegaan van duizend smolts uit uitzetmaatregelen per hectare. In de huidige situatie (scenario 1: zonder maatregelen) bereikt van dit aantal rekenkundig gezien geen enkele zalm de oude loop van de Rijn c.q. het Rijntraject boven Kembs; het aantal eitjes uit natuurlijke voortplanting en de natuurlijke smoltproductie is dan ook gelijk aan nul. Hetzelfde geldt voor de Moezel. In het Elz-Dreisamsysteem zullen er vermoedelijk slechts sporadisch terugkeerders zijn. In de reeds bereikbare subsystemen van de Kinzig, de Ill en de Sieg kan, afhankelijk van de situatie op de migratieroute, wel al worden uitgegaan van 140 tot < 2.000 terugkerende vissen per jaar, maar het doel van een "stabiele populatie" wordt nergens bereikt (de terugkeerpercentages bedragen 0,2%, 0,6% en 1,0%).

In scenario 2 wordt aangenomen dat dankzij de frequentere opening van de Haringvlietssluisen, de reductie van de visserijdruk en verbeteringen van de passeerbaarheid van de migratieroutes bijna vijfhonderd tot duizend terugkeerders Zwitserland, het Elz-Dreisamsysteem, de oude loop van de Rijn c.q. de Sauer bereiken (de terugkeerpercentages bedragen 0,9% – 1,7%; de streefwaarden zijn nog niet bereikt). In de Ill en de Kinzig worden dan evenwel al veel hogere terugkeerpercentages gehaald van respectievelijk 2,6% en 2,3%. De streefwaarde ligt in deze systemen dus reeds in scenario 2 binnen handbereik en kan eventueel door verdere adaptatieprocessen en habitatverbeteringen al in dit scenario worden bereikt. In de Sieg (korte migratieweg, weinig wkc's, verschillende zijrivieren zijn nu al goed bereikbaar) is het terugkeerpercentage in scenario 2 al hoger dan 3% (te weten 4,3%). Dat betekent dat het doel, o.a. ook voor het Wupper-Dhünnsysteem, de Ahr, de Saynbach, de Wisper en de Elzbach (benedenloop van het Moezelsysteem), relatief snel kan worden bereikt, als tenminste alle voorgestelde maatregelen consequent worden uitgevoerd. Scenario 3 gaat uit van een lage visserijdruk en een optrek die – indien nodig – verder is geoptimaliseerd door inzichten uit onderzoeken in praktijk te brengen (barrièrewerking per krachtcentrale maximaal 3%). Rekenkundig gezien zijn terugkeer- en smoltproductiecijfers die stabiele populaties garanderen dan in alle subsystemen een haalbare kaart, alleen in de Zwitserse zijrivieren en de Sauer liggen de terugkeerpercentages met 2,9% nog net iets

onder de streefwaarde van 3% (wat kan worden gecompenseerd door verdere verbetering van de habitats = verhoging van het voortplantingssucces, verdere adaptatieprocessen en/of aanvullende kleinere uitzetmaatregelen). Een populatie kan zich bovenstrooms van Kembs c.q. bovenstrooms van de stuw in de Moezel bij Trier dan ook alleen vestigen als de passeerbaarheid van de Rijn (incl. Haringvliet) c.q. van de Moezel wordt geoptimaliseerd en de beperkende factoren zo veel mogelijk worden afgezwakt (dit komt overeen met scenario 3).

Uit de berekening wordt ook duidelijk dat alleen al het cumulatieve effect van "compromissen" die worden aangegaan aan afzonderlijke intrekvoorzieningen een beperkende factor kan vormen en dat hiermee rekening zou moeten worden gehouden in de kosten-batenanalyse van de maatregelen die worden voorgesteld in de tabellen 17a en 17b.

Tab. 17a: Prioriteitenlijst voor de voorgestelde maatregelen

Prioriteit	Locaties	Maatregelen	Profiterende soorten	Stroomgebied	Habitatgebiet dat kan worden ontsloten	Kosten (in mln €)
Hoogste prioriteit	Kust, Delta, Rijn	Reductie visserijdruk (voorlichting, controles/handhaving, visserijvrije zones; stroomopwaartse vismigratievoorzieningen)	Zalm, zeeforel mogelijk elft	Rijn	-	onbekend
Hoogste prioriteit	Haringvliet	Permanente opening van de sluizen	Alle soorten Vooral de zalm	Rijn	Verbetering van het gehele systeem	40
Hoogste prioriteit	Krachtcentrales in de Duits-Franse Bovenrijn: Straatsburg Gerstheim Rhinau Marckolsheim Vogelgrün Σ	Stucky-scenario 2 ? Stucky-scenario 2 ? Stucky-scenario 2 Stucky-scenario 2 Planning herzien	Alle soorten	Zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn, Hoogrijn	Tot Rhinau 59 ha	12,1 13,7 13,1 13,7 (24,7 ?)
	2 beweegbare stuwen 5 kleine stuwen (drempels) 2 beweegbare stuwen 2 kleine stuwen (drempels) Σ	Stucky-scenario 2 Stucky-scenario 2 (twee vertical slot-passages)	Alle soorten Vooral de zalm		Tot Rhinau 59 ha	9,2 3,7 (7,6)
	2 kleine stuwen (drempels) Σ	Stucky-scenario 2 Stucky-scenario 2 (twee vertical slot-passages)	Alle soorten Vooral de zalm		Tot de oude loop van de Rijn + 192 ha 251 ha	1,5 (3,0) 100,7 (105,9) (?)
	Alle locaties	Passeerbaarheid tot de oude loop van de Rijn Turbinebeheer onderzoeken	Alle soorten			
Hoogste prioriteit	Iffezheim Gamsheim Σ	Onderzoek naar de noodzaak om de stroomopwaartse en de stroomafwaartse migratieomstandigheden te verbeteren	Alle soorten	Zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn, Hoogrijn	Evt. verbetering van de toegankelijkheid van wel 251 ha	< 0,5
	Beide locaties	Turbinebeheer onderzoeken	Alle soorten Vooral de zalm			(?)
Hoogste prioriteit	Krachtcentrales in de Moezel	Bypasses of vispassages	Alle soorten	Moezelsysteem	100 ha	Afhankelijk van de varianten 1,6
	Rosport/Sauer Alle locaties	Bekkentrap Stroomafwaartse vismigratievoorzieningen of turbinebeheer	Alle soorten Vooral de zalm	Sauer	70 ha	Afhankelijk van de varianten

Prioriteit	Locaties	Maatregelen	Profiterende soorten	Stroomgebied	Habitatgebiet dat kan worden ontsloten	Kosten (in mln €)
Hoogste prioriteit	Zijrivieren	Stroomopwaartse en stroomafwaartse vismigratievoorzieningen, ontmanteling van waterwerken	Alle soorten	Rijnsysteem	> 500 ha	> 50
	waaronder:				ca. 20 ha	?
	Wupper-Dhünn				130 ha	6,44-9,34
	Siegsysteem				8,9 ha	2,58
	Alb				30,6 ha	5,35
	Murg				10,7 ha	2,21
	Rench				67,9 ha	3,17
Kinzigsysteem	58,7 ha	4,66				
Elz-Dreisam	80,8 ha	8,22				
Gemiddelde prioriteit (lokaal hoge prioriteit)	Gehele Rijnsysteem	Regulering van de predatoren roofblei, meerval en aalscholver	Alle soorten Vooral de zalm	Rijn	-	onbekend
Gemiddelde prioriteit	Verschillende locaties	Reductie van de warmtebelasting	Zalm, zeeforel	Rijn	-	onbekend
Gemiddelde prioriteit (lokaal hoge prioriteit)	Verschillende locaties	Reductie van de sedimentbelasting Verbetering van de waterkwaliteit Verbetering van de habitatkwaliteit	Alle soorten	Rijn	-	onbekend

Tab. 17b: Prioriteiten in de voorgestelde maatregelen voor belangrijke stroomgebieden (vgl. tabel 17a en figuur 40)

Legenda:		Hoogste prioriteit	Gemiddelde prioriteit	Lage prioriteit	Geen prioriteit			
Rivier/watersysteem		Herstel van de passeerbaarheid	Reductie van de visserijdruk	Verbetering van de habitatkwaliteit	Predatoren-regulatie	Verbetering van de waterkwaliteit	Reductie van de toevoer van fijn sediment	Reductie van de warmtebelasting
Rijndelta	Rijn	<i>Haringvliet</i>	<i>Incl. kust</i>					
Duitse Nederrijn	Rijn							
	Sieg							
	Wupper-Dhünn							
Middenrijn	Rijn							
	Ahr							
	Nette							
	Saynbach							
	Lahn		<i>monding</i>					
	Wisper							
Moezel-systeem	Moezel		<i>benedenloop</i>					
	Zijrivieren van de Moezel							
Duits-Franse Bovenrijn onder Straatsburg	Rijn							
	Alb							
	Murg							
	Rench							
	Ill (incl. Bruche)							
	Kinzig							
Rijn boven Straatsburg	Rijn							
	Elz-Dreisam							
	Oude loop van de Rijn			<i>dynamisering</i>			<i>dynamisering</i>	
	Wiese							
	Birs							
	Ergolz							

Tab. 18a: Theoretische berekening van de natuurlijke eiproductie, smoltproductie en het daaruit voortkomende aantal terugkerende vissen boven Kembs die nodig zijn voor het behoud van de populatie, rekening houdend met de verschillende effectiviteit van in- en uittrekvoorzieningen (cumulatief), visserijdruk, habitatkwaliteit en andere factoren (vgl. tekst).

Wiese, Birs, Ergolz	SCENARIO 1 (geen maatregelen)		SCENARIO 2 (tussendoelen bereikt)		SCENARIO 3 (technisch haalbaar)		Streefwaarden naar opp. [ha]
	Percentage	Aantal smolts	Percentage	Aantal smolts	Percentage	Aantal smolts	
Oppervlak 44 ha							
SMOLTUITTREK naar oppervlak	1,0	44.000	1,0	44.000	1,0	44.000	44.000
Mortaliteit bij de uittrek	(zeer hoog, krachtcentrales en predatie 90%)	Aantal postsmolts	(gemiddeld, krachtcentrales en predatie 60%)	Aantal postsmolts	(laag, krachtcentrales en predatie 50%)	Aantal postsmolts	
Overleving	0,1	4.400	0,4	17.600	0,5	22.000	
OPTREK	(Haringvlietsluizen gedeeltematig gesloten, visserijdruk zeer hoog, passeerbaarheid Hoogrijn goed, zijrivieren middelmatig, D-F Bovenrijn +10% per sluis)	Aantal terugkeerders	(Beheer Haringvlietsluizen verbeterd, gematigde visserijdruk, passeerbaarheid overwegend goed)	Aantal terugkeerders	(Haringvlietsluizen meestal open, geringe visserijdruk, passeerbaarheid zeer goed)	Aantal terugkeerders	
Terugkeerpercentage ø 17% tot de kust (vgl. IMARES-onderzoek)	0,17	748	0,17	2.992	0,17	3.740	
Door het Haringvliet naar de Duitse Rijn	0,30	224	0,60	1.795	0,70	2.618	
Door Iffezheim	0,50	112	0,60	1.077	0,70	1.833	
Door Gamsheim	0,90	101	0,90	969	0,95	1.741	
Door Straatsburg	0,10	10	0,90	872	0,95	1.654	
Door Gerstheim	0,10	1,01	0,90	785	0,95	1.571	
Door Rhinau	0,10	0,101	0,90	707	0,95	1.493	
Door Markolsheim	0,10	0,010	0,90	636	0,95	1.418	
Door Vogelgrün	0,10	0,001	0,90	572	0,95	1.347	
Door de krachtcentrales in Zwitserland	0,80	0,001	0,90	515	0,97	1.307	
Tot de paaiplaatsen in Wiese, Birs, Ergolz	0,80	0,001	0,95	489	0,99	1.294	
Aantal terugkeerders		0,001		489		1.294	1.320
Terugkeerpercentage	0,000001		1,1		2,9		3,0
BEOOGD AANTAL TERUGKEERDERS van 1.320 bereikt?		nee		nee		bij benadering ja	
OOGPUNTEITJES uit nat. voortplanting	Middelmatige habitatkwaliteit	Aantal eitjes	Habitatkwaliteit meestal goed	Aantal eitjes	Habitatkwaliteit goed	Aantal eitjes	
Het oogpuntstadium wordt bereikt door:	2400 eitjes per terugkeerder / 2	1	2800 eitjes per terugkeerder / 2	685.194	3000 eitjes per terugkeerder / 2	1.940.473	1.980.000
NATUURLIJKE SMOLTPRODUCTIE	Middelmatige habitatkwaliteit Begin adaptatieproces	Aantal smolts	Habitatkwaliteit verbeterd Adaptatieproces gestart	Aantal smolts	Habitatkwaliteit goed Adaptatieproces afgerond	Aantal smolts	
a) Nat. smoltproductie naar aantal eitjes	60 eitjes = 1 smolt	0	50 eitjes = 1 smolt	13.704	45 eitjes = 1 smolt	43.122	44.000
b) Max. mogelijke smoltproductie naar [ha]		44.000		44.000		44.000	44.000
Max. nat. smoltproductie naar scenario	keuze: a) of b)*	0	keuze: a) of b)*	13.704	keuze: a) of b)*	43.122	
BEOOGDE SMOLTPRODUCTIE van 44.000 bereikt?		nee		nee		bij benadering ja	
Hypothesen							
Uitgangscijfers: oppervlak 44 ha		Pot. aant. terugk.: 1.320		Potentiële smoltproductie: 44.000			
Eiproductie: sex-ratio 1 : 1; voortplantingssucces Allier ø 4.000 eitjes; bereik van het oogpuntstadium naar habitatkwaliteit: 60-75%							
Smoltproductie: naar habitatkwaliteit en adaptatieproces 45-60 eitjes = 1 smolt							
* keuze: a) of b): max. nat. smoltproductie naar scenario: het habitatoppervlak (productiepotentieel) van de rivier vormt de bovengrens							
Smoltmortaliteit bij de uittrek: 50-90%							

Beoordeling: doelbereik in scenario 3 alleen als de habitatkwaliteit zeer goed is

Tab. 18b: Theoretische berekening van de natuurlijke eiproductie, smoltproductie en het daaruit voortkomende aantal terugkerende vissen in de oude loop van de Rijn die nodig zijn voor het behoud van de populatie, rekening houdend met de verschillende effectiviteit van in- en uittrekvoorzieningen (cumulatief), visserijdruk, habitatkwaliteit en andere factoren (vgl. tekst).

oude loop Rijn	SCENARIO 1 (geen maatregelen)		SCENARIO 2 (tussendoelen bereikt)		SCENARIO 3 (technisch haalbaar)		Streefwaarden naar opp. [ha]
	Percentage	Aantal smolts	Percentage	Aantal smolts	Percentage	Aantal smolts	
Oppervlak 88 ha							
SMOLTUITTREK naar oppervlak	1,0	88.000	1,0	88.000	1,0	88.000	88.000
Mortaliteit bij de uittrek	(zeer hoog, krachtcentrales en predatie 85%)	Aantal postsmolts	(gemiddeld, krachtcentrales en predatie 60%)	Aantal postsmolts	(laag, krachtcentrales en predatie 50%)	Aantal postsmolts	
Overleving	0,15	13.200	0,4	35.200	0,5	44.000	
OPTREK	(Haringvlietsluizen gedeeltelijk gesloten, visserijdruk zeer hoog, passeerbaarheid onvolledig, D-F Bovenrijn +10% per sluis)	Aantal terugkeerders	(Beheer Haringvlietsluizen verbeterd, gematigde visserijdruk, passeerbaarheid overwegend goed)	Aantal terugkeerders	(Haringvlietsluizen meestal open, geringe visserijdruk, passeerbaarheid zeer goed)	Aantal terugkeerders	
Terugkeerpercentage ϕ 17% tot de kust (vgl. IMARES-onderzoek)	0,17	2.244	0,17	5.984	0,17	7.480	
Door het Haringvliet naar de Duitse Rijn	0,30	673	0,60	3.590	0,70	5.236	
Door Iffezheim	0,50	337	0,60	2.154	0,70	3.665	
Door Gamsbshiem	0,90	303	0,90	1.939	0,95	3.482	
Door Straatsburg	0,10	30	0,90	1.745	0,95	3.308	
Door Gerstheim	0,10	3,03	0,90	1.570	0,95	3.142	
Door Rhinau	0,10	0,3	0,90	1.413	0,95	2.985	
Door Markolsheim	0,10	0,03	0,90	1.272	0,95	2.836	
Door Vogelgrün	0,10	0,003	0,90	1.145	0,95	2.694	
Tot de paaigronden in oude loop Rijn	0,80	0,002	0,90	1.030	0,98	2.640	
Aantal terugkeerders		0,002		1.030		2.640	2.640
Terugkeerpercentage	0,000003		1,2		3,0		3,0
BEOOGD AANTAL TERUGKEERDERS van 2.640 bereikt?		nee		nee		ja	
OOGPUNTEITJES uit nat. voortplanting	Middelmatige habitatkwaliteit	Aantal eitjes	Habitatkwaliteit meestal goed	Aantal eitjes	Habitatkwaliteit goed	Aantal eitjes	
Het oogpuntstadium wordt bereikt door:	2400 eitjes per terugkeerder / 2	3	2800 eitjes per terugkeerder / 2	1.442.513	3000 eitjes per terugkeerder / 2	3.960.560	3.960.000
NATUURLIJKE SMOLTPRODUCTIE	Middelmatige habitatkwaliteit Begin adaptatieproces	Aantal smolts	Habitatkwaliteit verbeterd Adaptatieproces gestart	Aantal smolts	Habitatkwaliteit goed Adaptatieproces afgerond	Aantal smolts	
a) Nat. smoltproductie naar aantal eitjes	60 eitjes = 1 smolt	0	50 eitjes = 1 smolt	28.850	45 eitjes = 1 smolt	88.012	88.000
b) Max. mogelijke smoltproductie naar [ha]		88.000		88.000		88.000	88.000
Max. nat. smoltproductie naar scenario	keuze: a) of b)*	0	keuze: a) of b)*	28.850	keuze: a) of b)*	88.000	
BEOOGDE SMOLTPRODUCTIE van 88.000 bereikt?		nee		nee		ja	
Hypothesen							
Uitgangscijfers: oppervlak 88 ha		Pot. aant. terugk.: 2.640		Potentiële smoltproductie: 88.000			
Eiproductie: sex-ratio 1 : 1; voortplantingssucces Allier ϕ 4.000 eitjes; bereik van het oogpuntstadium naar habitatkwaliteit: 60-75%							
Smoltproductie: naar habitatkwaliteit en adaptatieproces 45-60 eitjes = 1 smolt							
* keuze: a) of b): max. nat. smoltproductie naar scenario: het habitatoppervlak (productiepotentieel) van de rivier vormt de bovengrens							
Smoltmortaliteit bij de uittrek: 50-85%							

↑
Beoordeling: doelbereik in scenario 3

Tab. 18c: Theoretische berekening van de natuurlijke eiproductie, smoltproductie en het daaruit voortkomende aantal terugkerende vissen in het Elz-Dreisamsysteem die nodig zijn voor het behoud van de populatie, rekening houdend met de verschillende effectiviteit van in- en uittrekvoorzieningen (cumulatief), visserijdruk, habitatkwaliteit en andere factoren (vgl. tekst).

Elz-Dreisam	SCENARIO 1 (geen maatregelen)		SCENARIO 2 (tussendoelen bereikt)		SCENARIO 3 (technisch haalbaar)		Streefwaarden naar opp. [ha]
	Percentage	Aantal smolts	Percentage	Aantal smolts	Percentage	Aantal smolts	
Oppervlak 59 ha	1,0	59.000	1,0	59.000	1,0	59.000	59.000
SMOLTUITTREK naar oppervlak							
Mortaliteit bij de uittrek	(zeer hoog, krachtcentrales en predatie 80%)	Aantal postsmolts	(gemiddeld, krachtcentrales en predatie 50%)	Aantal postsmolts	(laag, krachtcentrales en predatie 40%)	Aantal postsmolts	
Overleving	0,2	11.800	0,5	29.500	0,6	35.400	
OPTREK	(Haringvlietsluizen gedeeltelijk gesloten, visserijdruk zeer hoog, passeerbaarheid Elz-Dreisam beperkt, D-F Bovenrijn +10% per sluis)	Aantal terugkeerders	(Beheer Haringvlietsluizen verbeterd, gematigde visserijdruk, passeerbaarheid overwegend goed)	Aantal terugkeerders	(Haringvlietsluizen meestal open, geringe visserijdruk, passeerbaarheid zeer goed)	Aantal terugkeerders	
Terugkeerpercentage ø 17% tot de kust (vgl. IMARES-onderzoek)	0,17	2.006	0,17	5.015	0,17	6.018	
Door het Haringvliet naar de Duitse Rijn	0,30	602	0,60	3.009	0,70	4.213	
Door Iffezheim	0,50	301	0,60	1.805	0,70	2.949	
Door Gamsheim	0,90	271	0,90	1.625	0,95	2.801	
Door Straatsburg	0,10	27	0,90	1.462	0,95	2.661	
Door Gerstheim	0,10	2.71	0,90	1.316	0,95	2.528	
Tot paaigronden Elz-Dreisam (3-8 wkc's)	0,50	1,4	0,75	987	0,75	1.896	
Aantal terugkeerders		1,4		987		1.896	1.770
Terugkeerpercentage	0,002295		1,7		3,2		3,0
BEOOGD AANTAL TERUGKEERDERS van 1.770 bereikt?		nee		meer dan 50%		ja	
OOGPUNTEITJES uit nat. voortplanting	Middelmatige habitatkwaliteit	Aantal eitjes	Habitatkwaliteit meestal goed	Aantal eitjes	Habitatkwaliteit goed	Aantal eitjes	
Het oogpuntstadium wordt bereikt door:	2400 eitjes per terugkeerder / 2	1.625	2800 eitjes per terugkeerder / 2	1.381.943	3000 eitjes per terugkeerder / 2	2.844.275	2.655.000
NATUURLIJKE SMOLTPRODUCTIE	Middelmatige habitatkwaliteit Begin adaptatieproces	Aantal smolts	Habitatkwaliteit verbeterd Adaptatieproces gestart	Aantal smolts	Habitatkwaliteit goed Adaptatieproces afgerond	Aantal smolts	
a) Nat. smoltproductie naar aantal eitjes	60 eitjes = 1 smolt	27	50 eitjes = 1 smolt	27.639	45 eitjes = 1 smolt	63.206	59.000
b) Max. mogelijke smoltproductie naar [ha]		59.000		59.000		59.000	59.000
Max. nat. smoltproductie naar scenario	keuze: a) of b)*	27	keuze: a) of b)*	27.639	keuze: a) of b)*	59.000	
BEOOGDE SMOLTPRODUCTIE van 59.000 bereikt?		nee		nabij 50%		ja	
Hypothesen							
Uitgangscijfers: oppervlak 59 ha		Pot. aant. terugk.: 1.770		Potentiële smoltproductie: 59.000			
Eiproductie: sex-ratio 1 : 1; voortplantingssucces <i>Allier</i> ø 4.000 eitjes; bereik van het oogpuntstadium naar habitatkwaliteit: 60-75%							
Smoltproductie: naar habitatkwaliteit en adaptatieproces 45-60 eitjes = 1 smolt							
* keuze: a) of b): max. nat. smoltproductie naar scenario: het habitatoppervlak (productiepotentieel) van de rivier vormt de bovengrens							
Smoltmortaliteit bij de uittrek: 40-80%							

Beoordeling: doelbereik nabij scenario 3 als de adaptatie goed verloopt & de habitats worden verbeterd ook v

Tab. 18d: Theoretische berekening van de natuurlijke eiproductie, smoltproductie en het daaruit voortkomende aantal terugkerende vissen in het Kinzigstelsel die nodig zijn voor het behoud van de populatie, rekening houdend met de verschillende effectiviteit van in- en uittrekvoorzieningen (cumulatief), visserijdruk, habitatkwaliteit en andere factoren (vgl. tekst).

Kinzig (BW)	SCENARIO 1 (geen maatregelen)		SCENARIO 2 (tussendoelen bereikt)		SCENARIO 3 (technisch haalbaar)		Streefwaarden naar opp. [ha]
	Percentage	Aantal smolts	Percentage	Aantal smolts	Percentage	Aantal smolts	
Oppervlak 68 ha							
SMOLTUITTREK naar oppervlak	1,0	68.000	1,0	68.000	1,0	68.000	68.000
Mortaliteit bij de uittrek	(hoog, krachtcentrales en predatie 70%)	Aantal postsmolts	(gemiddeld, krachtcentrales en predatie 40%)	Aantal postsmolts	(laag, krachtcentrales en predatie 30%)	Aantal postsmolts	
Overleving	0,3	20.400	0,6	40.800	0,7	47.600	
OPTREK	(Haringvlietsluizen gedeeltelijk gesloten, visserijdruk zeer hoog, passeerbaarheid Kinzig beperkt, D-F Bovenrijn +10% per sluis)	Aantal terugkeerders	(Beheer Haringvlietsluizen verbeterd, gematigde visserijdruk, passeerbaarheid overwegend goed)	Aantal terugkeerders	(Haringvlietsluizen meestal open, geringe visserijdruk, passeerbaarheid zeer goed)	Aantal terugkeerders	
Terugkeerpercentage \varnothing 17% tot de kust (vgl. IMARES-onderzoek)	0,17	3.468	0,17	6.936	0,17	8.092	
Door het Haringvliet naar de Duitse Rijn	0,30	1.040	0,60	4.162	0,70	5.664	
Door Iffezheim	0,50	520	0,60	2.497	0,70	3.965	
Door Gamsheim in de Kinzig	0,90	468	0,90	2.247	0,95	3.767	
Tot paaijgronden in de Kinzig 1-13 wkc's	0,30	140	0,70	1.573	0,75	2.825	
Aantal terugkeerders		140		1.573		2.825	2.040
Terugkeerpercentage	0,2		2,3		4,2		3,0
BEOOGD AANTAL TERUGKEERDERS van 2.040 bereikt?		nee		bij benadering		ja	
OOGPUNTEITJES uit nat. voortplanting	Middelmatige habitatkwaliteit	Aantal eitjes	Habitatkwaliteit meestal goed	Aantal eitjes	Habitatkwaliteit goed	Aantal eitjes	
Het oogpuntstadium wordt bereikt door:	2400 eitjes per terugkeerder / 2	168.545	2800 eitjes per terugkeerder / 2	2.202.319	3000 eitjes per terugkeerder / 2	4.237.679	3.060.000
NATUURLIJKE SMOLTPRODUCTIE	Middelmatige habitatkwaliteit Begin adaptatieproces	Aantal smolts	Habitatkwaliteit verbeterd Adaptatieproces gestart	Aantal smolts	Habitatkwaliteit goed Adaptatieproces afgerond	Aantal smolts	
a) Nat. smoltproductie naar aantal eitjes	60 eitjes = 1 smolt	2.809	50 eitjes = 1 smolt	44.046	45 eitjes = 1 smolt	94.171	68.000
b) Max. mogelijke smoltproductie naar [ha]		68.000		68.000		68.000	68.000
Max. nat. smoltproductie naar scenario	keuze: a) of b)*	2.809	keuze: a) of b)*	44.046	keuze: a) of b)*	68.000	
BEOOGDE SMOLTPRODUCTIE van 68.000 bereikt?		nee		bij benadering		ja	
Hypothesen							
Uitgangscijfers: oppervlak 68 ha		Pot. aant. terugk.: 2.040		Potentiële smoltproductie: 68.000			
Eiproductie: sex-ratio 1 : 1; voortplantingssucces Allier \varnothing 4.000 eitjes; bereik van het oogpuntstadium naar habitatkwaliteit: 60-75%							
Smoltproductie: naar habitatkwaliteit en adaptatieproces 45-60 eitjes = 1 smolt							
* keuze: a) of b): max. nat. smoltproductie naar scenario: het habitatoppervlak (productiepotentieel) van de rivier vormt de bovengrens							
Smoltmortaliteit bij de uittrek: 30-70%							

Beoordeling: doelbereik tussen scenario 2 en 3 als de adaptatie goed verloopt & de habitats worden verbeterd ook vr

Tab. 18e: Theoretische berekening van de natuurlijke eiproductie, smoltproductie en het daaruit voortkomende aantal terugkerende vissen in het III-systeem die nodig zijn voor het behoud van de populatie, rekening houdend met de verschillende effectiviteit van in- en uittrekvoorzieningen (cumulatief), visserijdruk, habitatkwaliteit en andere factoren (vgl. tekst).

III	SCENARIO 1 (geen maatregelen)		SCENARIO 2 (tussendoelen bereikt)		SCENARIO 3 (technisch haalbaar)		Streefwaard en naar opp. [ha]
	Percentage	Aantal smolts	Percentage	Aantal smolts	Percentage	Aantal smolts	
Oppervlak 72 ha**							
SMOLTUITTREK naar oppervlak	1,0	72.000	1,0	72.000	1,0	72.000	72.000
Mortaliteit bij de uittrek	(hoog, krachtcentrales en predatie 60%)	Aantal postsmolts	(gemiddeld, krachtcentrales en predatie 40%)	Aantal postsmolts	(laag, krachtcentrales en predatie 30%)	Aantal postsmolts	
Overleving	0,4	28.800	0,6	43.200	0,7	50.400	
OPTREK	(Haringvlietsluizen gedeeltelijk gesloten, visserijdruk zeer hoog, passeerbaarheid III beperkt, D-F Bovenrij +10% per sluis)	Aantal terugkeerders	(Beheer Haringvlietsluizen verbeterd, gematigde visserijdruk, passeerbaarheid overwegend goed)	Aantal terugkeerders	(Haringvlietsluizen meestal open, geringe visserijdruk, passeerbaarheid zeer goed)	Aantal terugkeerders	
Terugkeerpercentage ϕ 17% tot de kust (vgl. IMARES-onderzoek)	0,17	4.896	0,17	7.344	0,17	8.568	
Door het Haringvliet naar de Duitse Rijn	0,30	1.469	0,60	4.406	0,70	5.998	
Door Iffezheim	0,50	734	0,60	2.644	0,70	4.198	
Tot de paaigronden in de III 1-5 wkc's	0,60	441	0,70	1.851	0,75	3.149	
Aantal terugkeerders		441		1.851		3.149	2.160
Terugkeerpercentage	0,6		2,6		4,4		3,0
BEOOGD AANTAL TERUGKEERDERS van 2.160 bereikt?		nee		bij benadering		ja	
OOGPUNTEITJES uit nat. voortplanting	Middelmatige habitatkwaliteit	Aantal eitjes	Habitatkwaliteit meestal goed	Aantal eitjes	Habitatkwaliteit goed	Aantal eitjes	
Het oogpuntstadium wordt bereikt door:	2400 eitjes per terugkeerder / 2	528.768	2800 eitjes per terugkeerder / 2	2.590.963	3000 eitjes per terugkeerder / 2	4.723.110	3.240.000
NATUURLIJKE SMOLTPRODUCTIE	Middelmatige habitatkwaliteit Begin adaptatieproces	Aantal smolts	Habitatkwaliteit verbeterd Adaptatieproces gestart	Aantal smolts	Habitatkwaliteit goed Adaptatieproces afgerond	Aantal smolts	
a) Nat. smoltproductie naar aantal eitjes	60 eitjes = 1 smolt	8.813	50 eitjes = 1 smolt	51.819	45 eitjes = 1 smolt	104.958	72.000
b) Max. mogelijke smoltproductie naar [ha]		72.000		72.000		72.000	72.000
Max. nat. smoltproductie naar scenario	keuze: a) of b)*	8.813	keuze: a) of b)*	51.819	keuze: a) of b)*	72.000	
BEOOGDE SMOLTPRODUCTIE van 72.000 bereikt?		nee		bij benadering		ja	
Hypothesen							
Uitgangscijfers: oppervlak 72 ha**	Pot. aant. terugk.: 2.160		Potentiële smoltproductie: 72.000		Beoordeling: doelbereik		
Eiproductie: sex-ratio 1 : 1; voortplantingssucces Allier ϕ 4.000 eitjes; bereik van het oogpuntstadium naar habitatkwaliteit: 60-75%							
Smoltproductie: naar habitatkwaliteit en adaptatieproces 45-60 eitjes = 1 smolt							
* keuze: a) of b): max. nat. smoltproductie naar scenario: het habitatoppervlak (productiepotentieel) van de rivier vormt de bovengrens							
Smoltmortaliteit bij de uittrek: 30-60%							
						als de adaptatie goed verloopt & de habitats worden verbeterd	
						ook vroeger	

** volgens de DIREN Alsace wordt alleen 72 ha ontsloten van het 95 ha geschikte habitatgebied

Tab. 18f: Theoretische berekening van de natuurlijke eiproductie, smoltproductie en het daaruit voortkomende aantal terugkerende vissen in het Sauersysteem (Moezel) die nodig zijn voor het behoud van de populatie, rekening houdend met de verschillende effectiviteit van in- en uittrekvoorzieningen (cumulatief), visserijdruk, habitatkwaliteit en andere factoren (vgl. tekst).

Sauer	SCENARIO 1 (geen maatregelen)		SCENARIO 2 (tussendoelen bereikt)		SCENARIO 3 (technisch haalbaar)		Streefwaarden naar opp. [ha]
	Percentage	Aantal smolts	Percentage	Aantal smolts	Percentage	Aantal smolts	
Oppervlak 70 ha							
SMOLTUITTREK naar oppervlak	1,0	70.000	1,0	70.000	1,0	70.000	70.000
Mortaliteit bij de uittrek	(hoog, krachtcentrales en predatie 90%)	Aantal postsmolts	(gemiddeld, krachtcentrales en predatie 60%)	Aantal postsmolts	(laag, krachtcentrales en predatie 50%)	Aantal postsmolts	
Overleving	0,1	7.000	0,4	28.000	0,5	35.000	
OPTREK	(Haringvlietsluizen gedeeltelijk gesloten, visserijdruk zeer hoog, passeerbaarheid Moezel en Sauer zeer beperkt, Moezel +10% per sluis)	Aantal terugkeerders	(Beheer Haringvlietsluizen verbeterd, gematigde visserijdruk, passeerbaarheid overwegend goed)	Aantal terugkeerders	(Haringvlietsluizen meestal open, geringe visserijdruk, passeerbaarheid zeer goed)	Aantal terugkeerders	
Terugkeerpercentage \varnothing 17% tot de kust (vgl. IMARES-onderzoek)	0,17	1.190	0,17	4.760	0,17	5.950	
Door het Haringvliet naar de Duitse Rijn	0,30	357	0,60	2.856	0,70	4.165	
Door Koblenz / Moezel	0,30	107	0,65	1.856	0,80	3.332	
Door Lehmen / Moezel	0,10	11	0,90	1.671	0,95	3.165	
Door Müden / Moezel	0,10	1	0,90	1.504	0,95	3.007	
Door Fankel / Moezel	0,10	0	0,90	1.353	0,95	2.857	
Door Aldegund / Moezel	0,10	0	0,90	1.218	0,95	2.714	
Door Enkirch / Moezel	0,10	0	0,90	1.096	0,95	2.578	
Door Zeltingen / Moezel	0,10	0	0,90	987	0,95	2.449	
Door Wintrich / Moezel	0,10	0	0,90	888	0,95	2.327	
Door Detzem / Moezel	0,10	0	0,90	799	0,95	2.211	
Door Trier / Moezel	0,10	0	0,90	719	0,95	2.100	
Door Rosport / Sauer	0,05	0	0,90	647	0,97	2.037	
Aantal terugkeerders		0		647		2.037	2.100
Terugkeerpercentage	0,0		0,9		2,9		3,0
BEOOGD AANTAL TERUGKEERDERS van 2.100 bereikt?		nee		nee		bij benadering ja	
OOGPUNTEITJES uit nat. voortplanting	Middelmatige habitatkwaliteit	Aantal eitjes	Habitatkwaliteit meestal goed	Anzahl Eier	Goede habitatkwaliteit	Aantal eitjes	
Het oogpuntstadium wordt bereikt door:	2400 eitjes per terugkeerder / 2	0	2600 eitjes per terugkeerder / 2	841.473	2.900 eitjes per terugkeerder / 2	2.953.637	3.150.000
NATUURLIJKE SMOLTPRODUCTIE	Middelmatige habitatkwaliteit Begin adaptatieproces	Aantal smolts	Habitatkwaliteit verbeterd Adaptatieproces gestart	Aantal smolts	Habitatkwaliteit goed Adaptatieproces afgerond	Aantal smolts	
a) Nat. smoltproductie naar aantal eitjes	60 eitjes = 1 smolt	0	50 eitjes = 1 smolt	16.829	45 eitjes = 1 smolt	65.636	70.000
b) Max. mogelijke smoltproductie naar [ha]		70.000		70.000		70.000	70.000
Max. nat. smoltproductie naar scenario	keuze: a) of b)*	0	keuze: a) of b)*	16.829	keuze: a) of b)*	65.636	
BEOOGDE SMOLTPRODUCTIE van 70.000 bereikt?		nee		nee		bij benadering ja	
Hypothesen							
Uitgangscijfers: oppervlak 70 ha		Pot. aant. terugk.: 2.100		Potentiële smoltproductie: 70.000			
Eiproductie: sex-ratio 1 : 1; voortplantingssucces \bar{A} van 3.800 eitjes; bereik van het oogpuntstadium naar habitatkwaliteit: > 60 - 75%							
Smoltproductie: naar habitatkwaliteit en adaptatieproces 45-60 eitjes = 1 smolt							
* keuze: a) of b): max. nat. smoltproductie naar scenario: het habitatoppervlak (productiepotentieel) van de rivier vormt de bovengrens							
Smoltmortaliteit bij de uittrek: 50-90%							

↑

Beoordeling: doelbereik in scenario 3 alleen als de habitatkwaliteit zeer goed is

Tab. 18g: Theoretische berekening van de natuurlijke eiproductie, smoltproductie en het daaruit voortkomende aantal terugkerende vissen in het Siegsysteem die nodig zijn voor het behoud van de populatie, rekening houdend met de verschillende effectiviteit van in- en uittrekvoorzieningen (cumulatief), visserijdruk, habitatkwaliteit en andere factoren (vgl. tekst).

Sieg	SCENARIO 1 (geen maatregelen)		SCENARIO 2 (tussendoelen bereikt)		Streefwaarden naar opp. [ha]
	Percentage	Aantal smolts	Percentage	Aantal smolts	
Oppervlak 190 ha					
SMOLTUITTREK naar oppervlak	1,0	190.000	1,0	190.000	190.000
Mortaliteit bij de uittrek	(gematigd tot hoog, krachtcentrales en predatie 50%)	Aantal postsmolts	(gematigd, krachtcentrales en predatie 30%)	Aantal postsmolts	
Overleving	0,5	95.000	0,7	133.000	
OPTREK	(Haringvlietsluizen gedeeltelijk gesloten, visserijdruk zeer hoog, passeerbaarheid Sieg slecht tot zeer goed)	Aantal terugkeerders	(Beheer Haringvlietsluizen verbeterd, gematigde visserijdruk, passeerbaarheid goed tot zeer goed)	Aantal terugkeerders	
Terugkeerpercentage ϕ 17% tot de kust (vgl. IMARES-onderzoek)	0,17	16.150	0,17	22.610	
Door het Haringvliet naar de Duitse Rijn	0,30	4.845	0,60	13.566	
Tot de paaigronden in de Sieg 0 - 6 wkc's	0,40	1.938	0,60	8.140	
Aantal terugkeerders		1.938		8.140	5.700
Terugkeerpercentage	1,0		4,3		3,0
AANTAL TERUGKEERDERS van 5.700 bereikt?		nee		ja	
OOGPUNTEITJES uit nat. voortplanting	Middelmatige habitatkwaliteit	Aantal eitjes	Habitatkwaliteit meestal goed	Aantal eitjes	
Het oogpuntstadium wordt bereikt door:	2400 eitjes per terugkeerder / 2	2.325.600	2600 eitjes per terugkeerder / 2	10.581.480	8.550.000
NATUURLIJKE SMOLTPRODUCTIE	Middelmatige habitatkwaliteit Adaptatieproces al gestart (!)	Aantal smolts	Habitatkwaliteit verbeterd Aaptatieproces gevorderd (!)	Aantal smolts	
a) Nat. smoltproductie naar aantal eitjes	55 eitjes = 1 smolt	42.284	50 eitjes = 1 smolt	211.630	190.000
b) Max. mogelijke smoltproductie naar [ha]		190.000		190.000	190.000
Max. nat. smoltproductie naar scenario	keuze: a) of b)*	42.284	keuze: a) of b)*	190.000	
SMOLTPRODUCTIE van 190.000 bereikt?		nee		ja	

Hypothesen		
Uitgangscijfers: oppervlak 190 ha	Pot. aant. terugk.: 5.700	Potentiële smoltproductie: 190.000
Eiproductie: sex-ratio 1 : 1; voortplantingssucces \bar{A} ran ϕ 3.800 eitjes; bereik van het oogpuntstadium naar habitatkwaliteit: > 60 tot ca. 70%		
Smoltproductie: naar habitatkwaliteit en adaptatieproces 55-60 eitjes = 1 smolt		
* selectie: a) of b): max. nat. smoltproductie naar scenario: het habitatoppervlak (voortplantingspotentieel) van de rivier vormt de bovengrens		
Smoltmortaliteit bij de uittrek: 30-50%		

Conclusie m.b.t. de voorgestelde maatregelen:

De uitvoering van de noodzakelijke maatregelen kan naargelang van de prioriteit van de acties worden onderverdeeld in twee fasen (zie hieronder). Het doel van de maatregelen is het herstel van de trekvispopulaties in het Rijnsysteem. De bekeken doelsoorten zalm, zeeforel, elft en zeeprík vervullen daarbij zowel een pilot- als een indicatorfunctie. Op het succes dat wordt geboekt bij de opbouw van *stabiele* (niet op transport aangewezen) populaties van deze vissen in de Rijn zouden echter ook veel andere soorten kunnen meeliften:

- Potamodrome soorten die veel ruimte nodig hebben (bijv. de sneep en de barbeel) zijn op dit moment in de Duits-Franse Bovenrijn, de Moezel en verschillende zijrivieren bedreigd als gevolg van diverse problemen met migratieknelpunten; de anadrome rivierprík wordt (zoals de zeeprík) bij zijn verdere verspreiding door dezelfde problemen gehinderd.
- Veeleisende, reofiele soorten (bijv. de vlagzalm) hebben in de zijrivieren te lijden onder de verdere uitbreiding van waterkrachtcentrales, warmtebelasting, suboptimale water- en habitatkwaliteit, verslibbing en een hoge predatiedruk uitgaande van de aalscholver.
- De populaties van de katadrome aal worden acuut bedreigd door de onopgeloste uittrekproblematiek en waarschijnlijk ook door warmtebelasting, toxische stoffen, hoge predatiedruk en visserij.

De nadruk ligt in dit onderzoek op de herintroductie van de zalm. Voor de prioritering van maatregelen en de latere voortgangscontrole lijkt deze soort bijzonder geschikt te zijn, omdat de populatie – als gevolg van het lage straying percentage – bijna uitsluitend rekruteert uit voortplanting en/of uitzet in het Rijnsysteem (c.q. in de projectwateren) en invloeden van een metapopulatie in de Atlantische Oceaan verwaarloosbaar zijn. De enige beperkende factor voor een herkolonisatie van de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn en de Moezel bleek voor de zeeprík bijvoorbeeld de stroomopwaartse passeerbaarheid te zijn. Zelfs van voortplantingstekorten en een hoge mortaliteit bij de uittrek zou deze herkolonisatie niet al te veel hinder ondervinden, omdat elk jaar “terugkeerders” uit de metapopulatie in de Atlantische Oceaan de Rijn zullen intrekken. Bij de zalm leidt een onderbreking van de levenscyclus daarentegen onvermijdelijk tot een instorting van de populatie (incl. verlies van de specifieke genetische kenmerken die het gevolg zijn van adaptatieprocessen). Hiermee wordt duidelijk dat de voorgestelde maatregelen moeten samenwerken, teneinde een stabiele populatie zalmen te kunnen opbouwen. “Afzonderlijke schroeven aandraaien” (bijv. visintrek) zonder aandacht voor andere beperkende factoren (bijv. visuittrek, visserijdruk, habitatkwaliteit) is niet doeltreffend.

Maatregelen die worden voorgesteld vanuit visecologisch oogpunt:

Fase I (voorgestelde realisatie tot 2015):

Duits-Franse Bovenrijn: Het voornaamste doel in fase I is het herstel van de passeerbaarheid van de Duits-Franse Bovenrijn tot het Elz-Dreisamsysteem. Daarvoor is het absoluut noodzakelijk om vismigratievoorzieningen te bouwen aan de stuwen Straatsburg en Gerstheim (incl. aan de beweegbare stuwen en in de oude meanders; de te ontsluiten habitat beslaat 59 ha). Na de verbouwing kan in het Elz-Dreisamsysteem onmiddellijk worden gerekend op terugkerende zalmen, zeeforellen en zeeprikken; de vergroting van de bereikbare habitat draagt dus direct bij tot de stabilisatie en verspreiding van de populaties Allierzalmen. De uitvoering van de maatregelen dient evenwel ook te worden beschouwd als belangrijke tussenstap op weg naar het herstel van de bereikbaarheid van de oude loop van de Rijn en de zijrivieren in Zwitserland (afronding in fase II). Omdat de passeerbaarheid van migratiebarrières naast stroomopwaartse migratie ook stroomafwaartse migratie van uittrekkende stadia (vooral smolts) omvat en hierover weinig is geweten, moet parallel met de bouwmaatregelen de mortaliteit van uittrekkende vissen (krachtcentrales, predatie) worden gecontroleerd. De resultaten van deze controle kunnen worden gebruikt bij de

uitwerking van oplossingen voor de problematiek van de stroomafwaartse migratie. Om het succes van deze en reeds genomen maatregelen te kunnen kwantificeren en in de planning van nieuwe vispassages rekening te houden met eventueel nieuwe inzichten (aantal, ligging van vispassages; betekenis van scheepvaartsluizen), zou – eveneens parallel met de maatregelen – telemetrisch onderzoek moeten worden verricht naar het gedrag van terugkerende vissen tijdens de stroomopwaartse trek en naar de vindbaarheid van de vispassages. Over de mortaliteit bij de stroomafwaartse migratie en de vindbaarheid van de bestaande vispassages in Iffezheim en Gamsheim is op dit moment nog te weinig bekend om het succes van de maatregelen die tot dusver zijn uitgevoerd te kunnen beoordelen. Het telemetrisch onderzoek naar de vindbaarheid van de twee bestaande vispassages in Iffezheim en Gamsheim zou pas na de aanleg van de vijfde turbine (dus ongeveer in 2011) mogen starten. In fase I zou tevens moeten worden gezorgd voor verbetering van de habitatkwaliteit en herstel van de passeerbaarheid van de meeste zijrivieren van de Duits-Franse Bovenrijn (Alb, Murg, Rench, Ill incl. Bruche, Kinzig en Elz incl. Dreisam) (voor de kosten wordt verwezen naar hfst. 5).

Middenrijn en Duitse Nederrijn: Ook op deze Rijntrajecten zou er ten minste in de zijrivieren met het grootste potentieel (o.a. de Moezel, de Sieg, het Wupper-Dhünnsysteem) vaart moeten worden gezet achter het herstel van de passeerbaarheid (stroomopwaartse en stroomafwaartse vismigratie). Parallel hiermee moet waarschijnlijk de visserijdruk flink worden verminderd. De maatregelen zijn bevorderlijk voor de ontwikkeling van de Ätranpopulatie. In het Siegsysteem kan als alle voorgestelde maatregelen consequent worden uitgevoerd zelfs relatief snel een stabiele populatie worden opgebouwd (vgl. tabel 18g).

Rijndelta: In de Delta zijn het op een kier zetten van de Haringvlietsluizen (kosten: circa € 36 miljoen) en de duidelijke reductie van de visserijdruk urgente maatregelen. Deze acties vervullen een sleutelfunctie voor alle trekvissoorten (inclusief de elft), voor beide basispopulaties van de zalm (Allier en Ätran) en voor alle deelsystemen in het Rijnstroomgebied.

Systeem als geheel: De warmtesituatie in de Rijn verdient in fase I een vinger aan de pols; tevens dienen de mogelijkheden te worden gepeild om de antropogene warmtelozingen op de Rijn en zijn zijrivieren verder te verminderen (vgl. communiqué van de Rijnministersconferentie van 2007, ICBR 2007). Verder kan er met de ontwikkeling van aparte ouderdierhouderijen voor de stammen Ätran en Allier voor worden gezorgd dat er voor geruime tijd gegarandeerd geschikte vissen voor uitzet zijn.

Fase II (voorgestelde realisatie tot 2020/2027):

Duits-Franse Bovenrijn: Het voornaamste doel in fase II is het herstel van de passeerbaarheid tot in de oude loop van de Rijn (incl. aan de beweegbare stuwen en in de oude meanders; de te ontsluiten habitat beslaat nog eens 192 ha) en in de resterende zijrivieren tot Bazel (Birs, Wiese en Ergolz). Daarvoor moeten vispassages worden gebouwd aan de stuwen Rhinau en Marckolsheim en moet er een oplossing worden gevonden voor het probleemgebied Vogelgrün/Breisach. Destijds is als route voor de stroomopwaartse trek richting Zwitserland de voorkeur gegeven aan de oude loop van de Rijn (Stucky-onderzoek); dat betekent dat de vissen van de krachtcentrale Vogelgrün moeten worden overgebracht naar de oude loop. In fase II zou ook het probleem van de stroomafwaartse migratie uit de weg moeten worden geruimd en zou de eventueel noodzakelijke optimalisatie van de stroomopwaartse migratie moeten plaatsvinden (uitgaande van de bevindingen van telemetrisch onderzoek en evt. aanvullende merk-hervangst experimenten).

De verbouwing van de verder stroomopwaarts gelegen krachtcentrales en beweegbare stuwen van Rhinau tot en met Vogelgrün wordt geraamd op nog eens € 62 miljoen. De genoemde kosten omvatten geen maatregelen voor de vispasseerbaarheid van de stuwen in

het Elzaskanaal. De vispassages aan de vier stuwen in het Elzaskanaal zouden elk rond de € 13 miljoen kosten.

Middenrijn en Duitse Nederrijn: Op deze Rijntrajecten kan de zalm de herkolonisatie van de zijwateren Sieg, Wupper-Dhünn, Ahr, Saynbach, Elzbach/Moezel en Wisper in fase II al nagenoeg hebben afgerond, als tenminste in fase I de beperkende factoren visserijdruk en beperkte passeerbaarheid van de Delta (Haringvlietsluizen) fors zijn gereduceerd of weggewerkt. In fase II heeft daarom waarschijnlijk het herstel van de passeerbaarheid van de Moezel tot het watersysteem van de Sauer de hoogste prioriteit.

Rijndelta: In de Delta zou het kierproject aan de Haringvlietsluizen moeten worden afgerond en een geleidelijke zoet-zoutovergang moeten worden gecreëerd in de vorm van een brakwaterzone. De visserij mag nog slechts weinig druk uitoefenen. Zoals hierboven reeds is aangegeven, vervullen de maatregelen in de Rijndelta een sleutelfunctie voor alle trekvisprogramma's in het Rijnsysteem.

Na afloop van fase II (uitvoering van alle noodzakelijke maatregelen) en na succesvolle adaptatie binnen de ingevoerde zalmstammen (terugkeerpercentage rond de 3%) kunnen uitgaande van de omvang van de geschikte habitatgebieden de volgende terugkeercijfers worden bereikt:

Zalm	Duitse Nederrijn	Middenrijn	Moezel-systeem	Main-systeem	Bovenrijn onder Straatsburg	Boven Straatsburg
Wupper-Dhünn	750					
Siegsysteem	5700					
Ahr		2400				
Nette		300				
Saynbach-systeem		300				
Lahnsysteem		570				
Wisper		60				
Zijrivieren van de Moezel			3000			
Sauer			2100			
Mainsysteem				360		
Alb					300	
Murg					1080	
Oos					150	
Rench					330	
Ill					2160	
Kinzig					2040	
Hoofdstroom van de Rijn					1500	
Elz-Dreisam						1770
Oude loop van de Rijn						2640
Wiese						720
Birs						510
Ergolz						90
Hoofdstroom van de Rijn						1800
Σ	6450	3630	5100	360	7560	7530
	Σ ca. 30.000 terugkeerders in het Rijnsysteem					

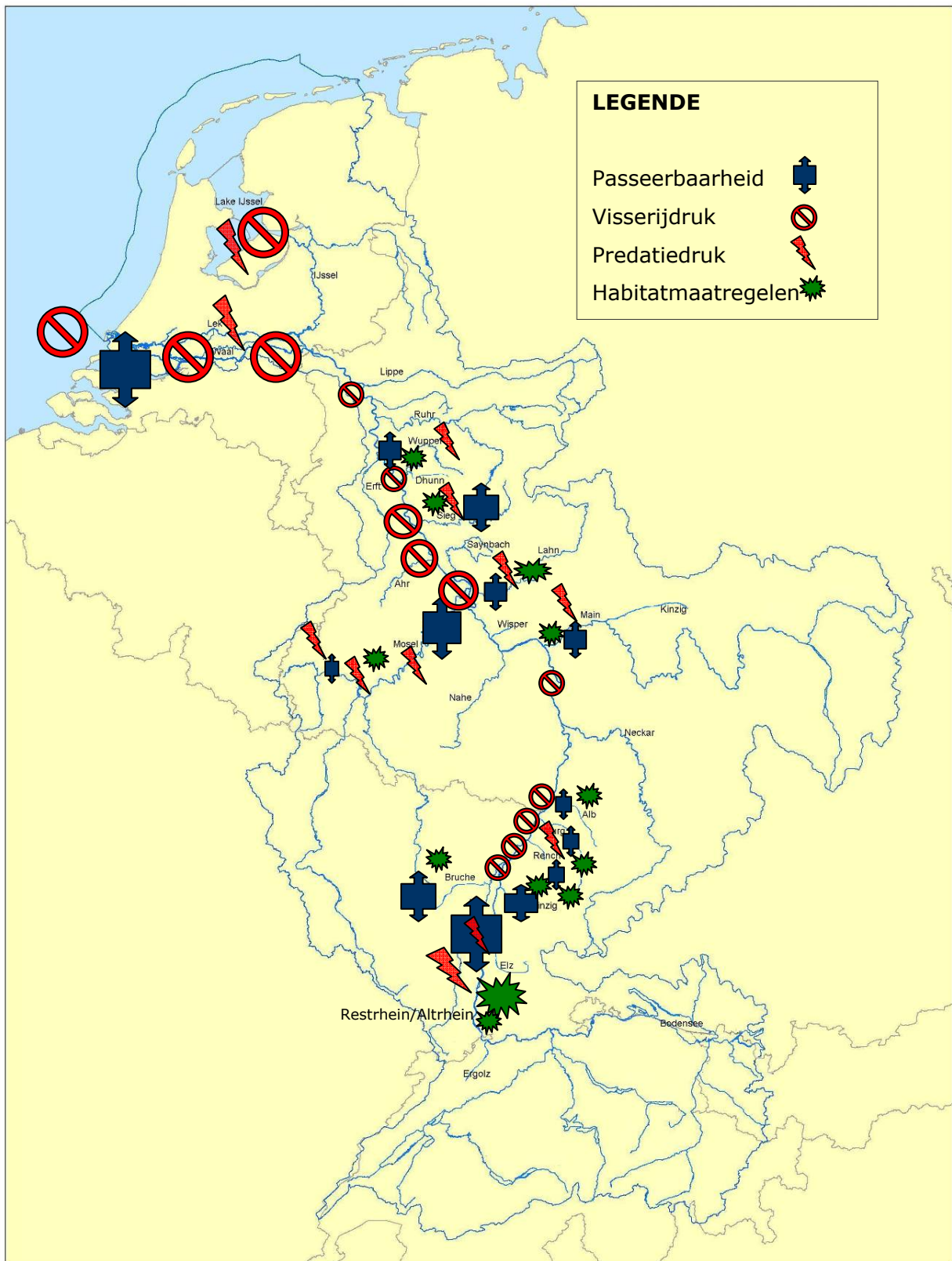


Fig. 40: Overzicht van de voorgestelde maatregelen in het Rijnstroomgebied. De grootte van de symbolen weerspiegelt de prioriteit van de afzonderlijke maatregelen voor de verbetering van de trekvispopulaties in het Rijnsysteem (vgl. ook tabel 15 voor de passeerbaarheid c.q. de opwekking van hydro-elektriciteit in de stroomgebieden).

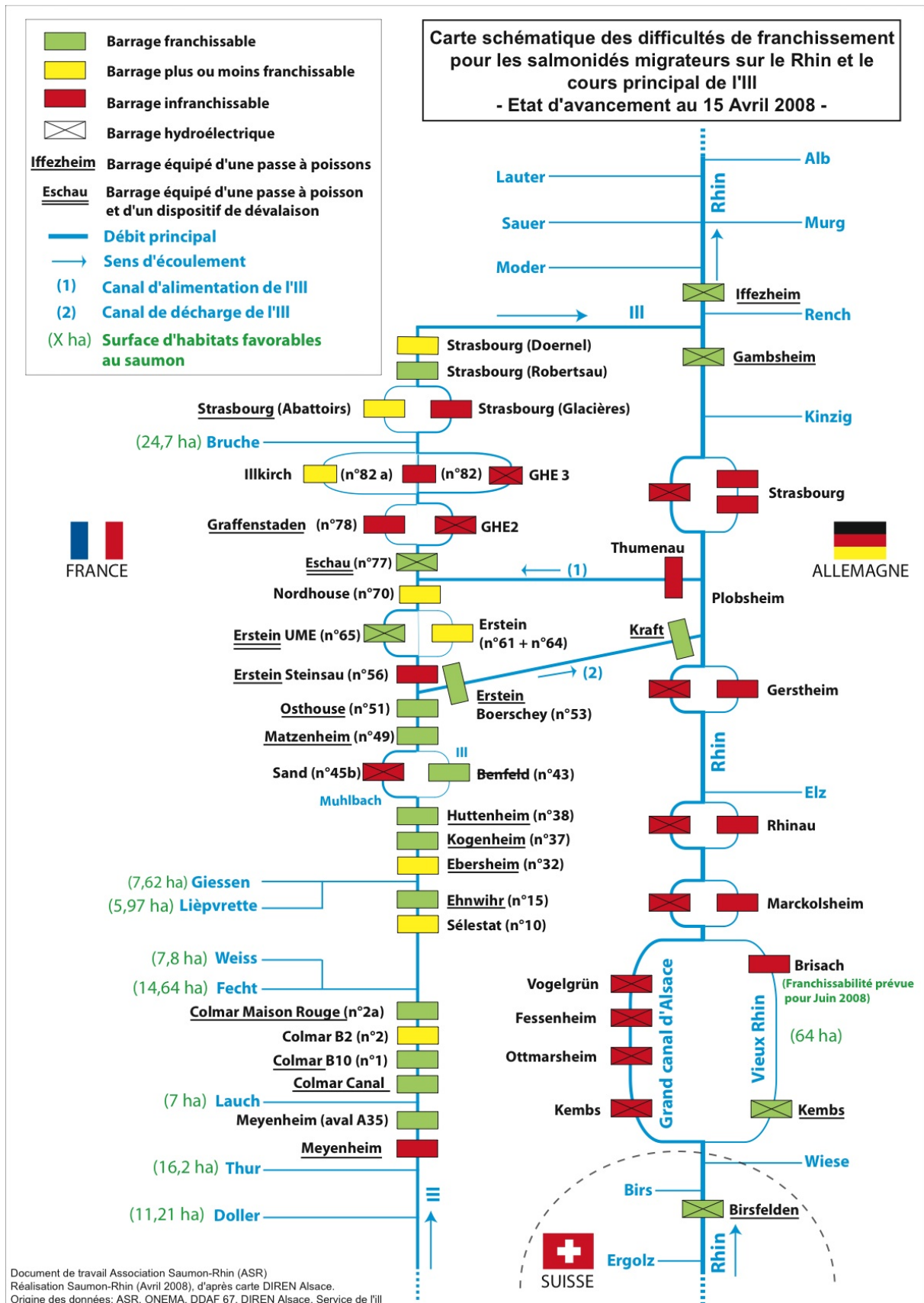


Fig. 41: Schema van de ligging van de krachtcentrales, omleidingskanalen en zijrivieren (incl. oppervlakte van de opgroeihabitats) in de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn en de Hoogrijn (uit: SAUMON-RHIN, 2008b)

4.7 Voorstellen voor aanvullend onderzoek

De kennislacunes waarop in het onderhavige onderzoek wordt gewezen, zouden op korte en middellange termijn moeten worden aangevuld d.m.v. begeleidend onderzoek. De studies die worden voorgesteld mogen niet worden beschouwd als voorwaarde voor de uitvoering van de voorgestelde maatregelen.

In het onderzoek zou de klemtoon moeten liggen op de volgende thema's (in volgorde van prioriteit):

- a) *Werktitel:* Beoordeling van de smoltmortaliteit aan grote waterkrachtcentrales. *Methoden:* Merk-hervangst experimenten, zenderonderzoek, dummyvissen met druksensoren. *Locaties:* Iffezheim, Gamsheim, Straatsburg, Moezel/Koblenz.
- b) *Werktitel:* Analyse van de bijvangst en het vangstsucces van doelgerichte illegale visserijactiviteiten op grote salmoniden. *Methoden:* Enquêtes, evaluaties van controles, kaarten van historische vangstlocaties (in Duitsland zogenaamde "Salmenfänge"), telemetrie. *Locaties:* O.a. mondingen van rivieren, benedenpand van de stuwen Iffezheim en Gamsheim, Rijn.
- c) *Werktitel:* Registratie van de predatiedruk op uittrekkende trekvisen. *Methoden:* Maagonderzoek bij de aalscholver, roofblei, snoekbaars en meerval; telemetrie. *Locaties:* O.a. mondingen van rivieren, boven- en benedenpand van de stuwen Iffezheim en Gamsheim, Rijn.
- d) *Werktitel:* Vergelijking van de terugkeerpercentages van uitgezette, gemerkte smolts en het uittreksucces van gezenderde smolts met de afvoeromstandigheden (incl. periodes waarin de stuwen aan grote krachtcentrales overstromen) in de lente. *Methoden:* Merkexperimenten, controles van de terugkeerders, registratiesystemen met zenders, evaluatie van specifieke afvoergegevens in zijrivieren/uitzetwateren. *Locaties:* Duitse Nederrijn, Middenrijn, noordelijke Duits-Franse Bovenrijn.
- e) *Werktitel:* Vergelijkend onderzoek naar het voortplantingssucces van de zalm in geselecteerde zijrivieren van de Rijn. *Methoden:* Telling van paaibedden, elektrische visserij. *Locaties:* Bereikbare zijrivieren, Rijn onder Iffezheim.
- f) *Werktitel:* Analyse van het gebruik van scheepvaartsluizen door optrekkende trekvisen. *Methoden:* Telemetrie, kruisnetten. *Locaties:* Iffezheim, Gamsheim, Moezel/Koblenz.
- g) *Werktitel:* Beoordeling van de bruikbaarheid van akoestische geleidingssystemen en op lichtbronnen gebaseerde geleidingssystemen voor smolts aan grote waterkrachtcentrales. *Methoden:* Gedragswaarnemingen, tellingen. *Locaties:* Stuwen Iffezheim, Gamsheim, Moezel/Koblenz.

5. Verbouwing van de stuwen / herstel van de stroomopwaartse passeerbaarheid aan de stuwen Straatsburg en Gerstheim (incl. beweegbare stuwen) en verbouwing van de kleine stuwen in de oude loop van de Rijn bij Gerstheim en Rhinau, teneinde het Elz-Dreisamgebied te ontsluiten

Fase I (vgl. hfst. 4.6) die hieronder wordt voorgesteld, gaat over het deel van het *haalbaarheidsonderzoek* waarin de opening van het Elz-Dreisamsysteem wordt behandeld ("Stucky-onderzoek"; vgl. Stucky, 2005; 2006). De belangrijkste migratieroute naar het Elz-Dreisamsysteem loopt via het Leopoldkanaal, dat boven de tweede drempel uitmondt in de meander bij Rhinau (de drempels werden in het Stucky-onderzoek genummerd van 1 (benedenstrooms) tot 3 (bovenstrooms)). Meer informatie over de verbinding tussen het Elz-Dreisamsysteem en de Duits-Franse Bovenrijn is opgenomen in bijlage VII. In tabel 19 worden de varianten van het Stucky-onderzoek met de bijbehorende kostenraming weergegeven.

Voor de **krachtcentrales Straatsburg en Gerstheim** (alsook voor Rhinau, maar dit is niet relevant voor het Elz-Dreisamgebied) werden in het Stucky-onderzoek telkens drie oplossingsrichtingen nagegaan:

- Scenario 1: bekkentrap Δh 30 cm, lokstroom 10-12 m³/s
- Scenario 2: bekkentrap Δh 20 cm, lokstroom 10-12 m³/s
- Scenario 3: bypass met een gemiddelde helling van 1,5%, lokstroom max. 4,5 m³/s.

Opmerkingen: In het onderzoeksrapport wordt voor alle krachtcentrales scenario 2 aanbevolen, maar in de plannen is voor Straatsburg en Gerstheim scenario 3 (bypass) genomen. M.b.t. de scenario's 1 en 2 staat voor de krachtcentrales Straatsburg en Gerstheim in de tekst telkens het volgende: "Daarom kan voor deze 2 scenario's worden uitgegaan van een *gemiddeld* lokeffect en een gemiddelde effectiviteit." M.b.t. scenario 3 wordt het volgende gezegd: "In scenario 3, waarin een bypass wordt aangelegd om het verdeelstation, beschikt de ingang in het benedenpand nabij de uitlaat van de turbines over een *beter* lokeffect. Het debiet door de vispassage is met 4 m³/s echter minder goed. Desondanks kan er worden uitgegaan van een *goed* lokeffect en een *goede* effectiviteit." TRAVADE (schriftelijke mededeling) geeft aan dat de afvoer in scenario 3 (4,5 m³/s, dit is 0,4% van de ontwerpafvoer) ver onder het minimumcriterium van 1% zit en dat de aanbeveling uit het Stucky-onderzoek t.a.v. scenario 2 dient te worden gehandhaafd. Het blijft onduidelijk waarom in de beoordeling van het Stucky-onderzoek voor scenario 3 een beter lokeffect wordt voorspeld dan voor de scenario's 1 en 2.

Aan de **beweegbare stuwen Straatsburg en Gerstheim** wordt telkens een bekkentrap Δh 20 cm aanbevolen; de lokstroom dient te worden gegenereerd via een kleine krachtcentrale (15 m³/s). Aan de beweegbare stuw Rhinau stelt het Stucky-onderzoek een bekkentrap Δh 20 cm voor, zonder aanvullende kleine krachtcentrale. Alle aanbevelingen komen overeen met scenario 2.

Opmerking: Het is niet duidelijk of aan de aanvullende kleine krachtcentrales een geleidingssysteem voor uittrekkende vissen is gepland en welke beschermingssystemen technisch haalbaar zijn.

In de oude loop van de Rijn bij Gerstheim liggen twee kleine stuwen (ook wel drempels genoemd), bij Rhinau drie. De drempel die het verst stroomopwaarts is gelegen (nummer 3) is niet van belang voor de ontsluiting van het Elz-Dreisamsysteem en wordt hier niet behandeld.

Gerstheim: De eerste drempel ligt in het benedenpand (verval 150 cm) en zal volgens scenario 2 een bekkentrap (zeven bekkens; Δh 20 cm) krijgen. De vispassage kan worden ontworpen met V-vormige overlaten of diepe doorlaatopeningen (slots) met verdronken schotten (geen verschil in de kosten).

Opmerking: Een variant die relatief beperkte meerkosten met zich zou meebrengen (€ 0,81 resp. € 0,98 miljoen in plaats van € 0,63 miljoen (scenario 3) werd vanwege de meerkosten verworpen. In het onderzoek wordt echter duidelijk dat het systeem doeltreffender is wanneer de twee oevers beschikken over een vispassage. Gezien de relatief lage kosten en de noodzaak om cumulatieve effecten zo veel mogelijk te reduceren, zou de uitvoering van scenario 2 met *twee vispassages* (linker- en rechteroever) moeten worden overwogen (de totale kosten bedragen dan € 1,26 miljoen).

Voor de tweede drempel in het bovenpand (verval 140 cm; zes bekkens, Δh 20 cm) geldt hetzelfde (totale kosten voor twee bekkenpassages met slots: € 1,06 miljoen). De meerkosten voor de extra vispassage zouden dus voor de twee knelpunten in de oude loop van de Rijn bij Gerstheim in totaal € 1,17 miljoen bedragen.

Rhinau: Ook aan de twee drempels bij Rhinau (verval: 200 en 230 cm) zou het in het Stucky-onderzoek ontworpen scenario 2 moeten worden uitgevoerd.

Opmerking: Net zoals bij Gerstheim zouden per knelpunt twee vertical slot-passages kunnen worden gepland. De totale kosten bedragen dan € 3,68 miljoen (meerkosten: € 2,64 miljoen).

In tabel 19 worden de Stucky-scenario's en de geraamde kosten samengevat.

Tab. 19: Voorgestelde oplossingen volgens Stucky (2006) en raming van de kosten om het Elz-Dreisamsysteem weer bereikbaar te maken.

Locatie	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Opmerking
Krachtcentrale Straatsburg	Bekkentrap Δh 30 cm 39 bekkens Kosten: € 10,9 mln	Bekkentrap Δh 20 cm 58 bekkens Kosten: € 12,1 mln	Bypass 80 treden Kosten: € 16,2 mln	
Straatsburg beweegbare stuw	-	Bekkentrap Δh 20 cm 40 bekkens + kleine wkc Kosten: € 4,5 mln	Bypass 50 treden Kosten: € 6,7 mln	Rekening gehouden met visuittrek?
Krachtcentrale Gerstheim	Bekkentrap Δh 30 cm 35 bekkens Kosten: € 12,6 mln	Bekkentrap Δh 20 cm 52 bekkens Kosten: € 13,7 mln	Bypass 72 treden Kosten: € 16,5 mln	
Gerstheim beweegbare stuw	-	Bekkentrap Δh 20 cm 45 bekkens + kleine wkc Kosten: € 4,7 mln	Bypass 65 treden Kosten: € 8,7 mln	Rekening gehouden met visuittrek?
Gerstheim drempel 1 (benedenpand)	-	1 bekkentrap Δh 20 cm 7 bekkens Kosten: € 0,63 mln	1 bekkentrap Δh 15 cm 9 bekkens Kosten: resp. € 0,98 mln en € 0,81 mln	Met 2 vertical slot-passages = € 1,26 mln
Gerstheim drempel 2 (bovenpand)	-	1 bekkentrap 6 bekkens Δh 20 cm Kosten: resp. € 0,54 mln en € 0,53 mln	1 bekkentrap 8 bekkens Δh 15 cm Kosten: resp. € 0,88 mln en € 0,73 mln	Met 2 vertical slot-passages = € 1,06 mln
Rhinau drempel 1 (benedenpand)	-	1 bekkentrap Δh 20 cm 9 bekkens Kosten: resp. € 0,82 mln en € 0,81 mln	1 bekkentrap Δh 15 cm 12 bekkens Kosten: resp. € 1,33 mln en € 1,11 mln	Met 2 vertical slot-passages = € 1,64 mln
Rhinau drempel 2 (midden)	-	1 bekkentrap Δh 20 cm 11 bekkens Kosten: € 1,02 mln	1 bekkentrap Δh 15 cm 14 bekkens Kosten: resp. € 1,56 mln en € 1,31 mln	Met 2 vertical slot-passages = € 2,04 mln
Totale kosten:		€ 37,99 - 38,01 mln	€ 52,06 – 52,85 mln	

De aanleg van stroomopwaartse vismigratievoorzieningen aan de stuwen Straatsburg en Gerstheim (incl. beweegbare stuwen) en aan de kleine stuwen (drempels) in de oude loop van de Rijn bij Gerstheim en Rhinau voor 2015 zou het mogelijk maken het Elz-Dreisamgebied – goed voor 59 ha paai- en opgroeihabitat, bijna 6% van het totaal in het Rijnsysteem – te ontsluiten. Met de verbouwing van de stuwen in Rhinau (incl. de bovenste drempel (nummer 3) in de meander Rhinau) en in Marckolsheim en met de realisatie van een overgangsooplossing voor Vogelgrün zouden ook nog de habitats bovenstrooms van het Elz-Dreisamsysteem – goed voor 192 ha, 19% van het totale habitatoppervlak in het Rijnsysteem – bereikbaar kunnen worden.

In totaal bedragen de kosten ongeveer € 38 miljoen (incl. € 16,6 miljoen voor de oplossingen in Straatsburg) (scenario 2, Stucky-rapport).

Voor de in totaal vier drempels in de twee meanders van de oude loop van de Rijn bij Gerstheim en Rhinau (tot de monding van het Leopoldkanaal) zouden per knelpunt in principe twee vispassages (linker- en rechteroever) moeten worden gepland om de vindbaarheid te optimaliseren; dit leidt tot meerkosten van in totaal slechts € 3,01 miljoen (gemiddeld € 0,75 miljoen per kunstwerk).

Om de stroomopwaartse en stroomafwaartse vismigratie in het subsysteem Elz-Dreisam zelf te garanderen, zijn er tot 2015 maatregelen gepland voor een bedrag van € 4,7 miljoen.

De verbouwingswerkzaamheden zouden in principe gelijktijdig moeten plaatsvinden aan de krachtcentrales van Straatsburg en Gerstheim *en* aan de bijbehorende stuwen, omdat (o.a. afhankelijk van de afvoer) zowel het gebied rond de krachtcentrales alsook de meanders in aanmerking komen als migratieroute voor diadrome soorten. Aangezien de oude loop van de Rijn bij Straatsburg passeerbaar is en zalmen de drempels in de meander bij Gerstheim tot op zekere hoogte kunnen passeren, moet er bij hogere afvoeren bovendien van worden uitgegaan dat zalmen die via de oude loop (de meanders) optrekken de beweegbare stuwen bereiken en daar uitgebreid (redelijk lang) naar een mogelijkheid zoeken om verder stroomopwaarts te trekken. De vissen worden in dit geval naar een bijzonder lange doodlopende zone geleid, immers de meanders hebben een lengte van 6 à 7 km. Maar, hoe verder een vis zich van de krachtcentrale verwijderd, hoe slechter hij de intrekvoorziening aan de centrale kan vinden. Een deel van de stroomopwaarts trekkende vissen ondervindt daarom zeker negatieve gevolgen (belasting van het tijdsbudget, grotere sterftkans, stopzetting van de optrek). Zoals in tabel 18 (a-c) wordt aangegeven, kan de herintroductie van de zalm in de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn alleen slagen als elke locatie zeer goed passeerbaar is (maximaal 5% verlies per locatie). Een in de tijd gespreide uitvoering (bijv. eerst verbouwing van de krachtcentrales, daarna – indien de noodzaak hiervan is aangetoond – verbouwing in de meanders) lijkt, gelet op de lokale omstandigheden niet zinvol.

In de kostenraming moet eventueel rekening worden gehouden met meerkosten voor visgeleiding bij de stroomafwaartse trek langs de aanvullende kleine krachtcentrales aan de beweegbare stuwen in Straatsburg en Gerstheim.

Bibliografie:

- ARMSTRONG, J.D., KEMP, P.S.; KENNEDY, G.J.A.; LADLE, M. & MILNER, N.J. (2003): Habitat requirements of Atlantic salmon and brown trout in rivers and streams. - Fisheries Research 62, pp. 143-170.
- ATV-DVWK (2004): Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle -. ATV-DVWK Themen, Hennef, 256 p.
- BAFU (2008): Fischaufstieg am Hochrhein. Koordinierte Zählung 2005/06. - Umwelt-Wissen Nr. 8010. Bundesamt für Umwelt (BAFU); Bearbeitung: GUTHRUF J., Bern. 161 p.
- BARTL, G., PAREY, K. & TROSCHER, H.J. (1993): Die historische Entwicklung der Fischerei am Hoch- und Oberrhein in Baden-Württemberg – Materialsammlung, Band I. – Im Auftrag des Landes Baden-Württemberg und des Landesfischereiverbandes Baden-Württemberg e.V.
- BARTL, G. & TROSCHER, H.-J. (1995): Maifische im Rheinsystem – Historische und aktuelle Situation von *Alosa alosa* und *A. fallax* im Rheingebiet. – Studie des Büros f. Gewässerbiologie & Umweltplanung *Limnofisch*, Umkirch und Wittenborn, 56 p. + Annex.
- BLASEL, K. (2004): Einfluss der Kormoran-Prädation auf den Fischbestand im Restrhein. – Studie im Auftrag des Regierungspräsidiums Freiburg, Sölden, 41 p.
- BLASEL, K. (2008): Wiederbesiedlungspotenzial für das Meerneunauge (*Petromyzon marinus*) im Südlichen Oberrheingebiet (Regierungsbezirk Freiburg). – Studie im Auftrag des Regierungspräsidiums Freiburg, Sölden, 17 p.
- BOOTH, R.K., KIEFFER, J.D., DAVIDSON, K., BIELAK, A.T. & TUFTS, B.L. (1995): Effects of late-season catch and release angling on anaerobic metabolism, acid–base status, survival, and gamete viability in wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52 (1995), pp. 283–290.
- BRAUCH, H.-J. (2007): Arzneimittelrückstände und andere Mikroverunreinigungen - Quellen, Eintragspfade und Vorkommen im Rhein: Prof. Dr. Heinz-Jürgen Brauch, DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW), Karlsruhe (D); Vortrag Workshop IKSr 2007: www.iksr.org.
- BROBBEL, M.A., WILKIE, M.P., DAVIDSON, K., KIEFFER, J.D., BIELAK, A.T. & TUFTS, B.L. (1996): Physiological effects of catch and release angling in Atlantic salmon (*Salmo salar*) at different stages of freshwater migration. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53 (1996), pp. 2036-2043.
- BÜRGER, F. (1926): Die Fischereiverhältnisse im Rhein im Bereich der preußischen Rheinprovinz. - Zeitschrift für Fischerei 24: pp. 217-398.
- BUWAL (2005): Rückkehr der Lachse in Wiese, Birs und Ergolz – Statusbericht 2004. - Mitteilungen zur Fischerei Nr. 79; Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 47 p.
- BRUIJS, M.C.M (2007): Cost-effectiveness of fish protection systems at the hydropower stations Alphen and Linne in the river Meuse. - www.fiskeriverket.se/download/18.64db7e331133fb433ef8000262/SS_Bruijs2.pdf.
- CALDERWOOD, W. L. (1945): Passage of smolts through turbines: effect of high pressures. – Salmon Trout Mag. 115,2 1422 1.
- CLAIR, B., SCHAEFFER, F. & EDEL, G. (2005): Suivi de la reproduction des migrateurs amphihalins en Alsace – Lamproie marine (*Petromyzon marinus*) & Saumon atlantique (*Salmo salar*), Campagne 2004. - Association Saumon-Rhin, 22 pp.
- CONSUEGRA, S. & NIELSEN, E.E. (2007): Population size reductions. – in: VERSPOOR, E., STRADMEYER, L. & NIELSEN, J.L. (2007): The Atlantic salmon – Genetics, conservation and management. Blackwell Publishing, 2007; p 239-269.
- CROSS, T.F., MCGINNITY, P., COUGHLAN, J., DILLANE, E., FERGUSON, A., KOLJONEN, M.-L., MILNER, N., O'REILLY, P. & VASEMÄGI, A. (2007): Stocking and ranching. - In: Verspoor, E., Stradmeyer, L. &

- Nielsen, J.L.: The Atlantic salmon – Genetics, conservation and management, p. 325–356. Blackwell Publishing, 2007.
- DAVIES, J.K. (1988): A review of information relating to fish passage through turbines: implications to tidal power schemes. - J. Fish Biol. (1988) 33 (Supplement A), 11 1-126.
- DEMPSON, J.B., SCHWARZ, C.J., REDDIN, D.G., O'CONNELL, M.F., MULLINS, C.C. & BOURGEOIS, C.E. (2001): Estimation of marine exploitation rates on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) stocks in Newfoundland, Canada. - ICES Journal of Marine Science 58: 331-341.
- DIRKSMEYER, J. (2008): Untersuchungen zur Ökomorphologie der Laichhabitats von Lachsen und Meerforellen in Deutschland. – Bibliothek Natur & Wissenschaft Bd. 18, Solingen, 227 pp.
- GROOT, S.J. de (1989): Literature survey into the possibility of restocking the river Rhine and its tributaries with Atlantic salmon (*Salmo salar*). - RIVO report: MO 88-205/89.2, IJmuiden, The Netherlands, 56 pp.
- HASSINGER, R. (2007): Steigerung der Energieumwandlung in Schlitzpässen mit Borstenelementen. – Bericht über Laborversuche im Maßstab 1 : 1; im Auftrag der SW-Umwelttechnik, Klagfurt; Universität Kassel, 11 pp. + Annex
- HÖFER, R. & RIEDMÜLLER, U. (1996): Fischschäden bei Salmoniden durch Turbinen von Wasserkraftanlagen. - Gutachten, Kirchzarten; 86 P.
- HOLZNER, M. (1999): Untersuchung zur Vermeidung von Fischschäden im Kraftwerksbereich, dargestellt am Kraftwerk Dettelbach am Main / Unterfranken. Schriftenreihe des Landesfischereiverbandes Bayern, Heft 1, 224 pp.
- HUTCHINGS, J.A. & JONES, M.E.B. (1998): Life history variation and growth rate thresholds for maturity in Atlantic salmon, *Salmo salar*. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55(S1), p. 22–47
- IBBOTSON, A. T., BEAUMONT, W. R. C., PINDER, A., WELTON, S., LADLE, M. (2006): Diel migration patterns of Atlantic salmon smolts with particular reference to the absence of crepuscular migration. *Ecology of Freshwater Fish*, 15; p. 544-551
- ICBR (2004): Rijn & zalm 2020 - Programma voor trekvis in het Rijnsysteem. - Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ed.), Koblenz, 31p.
- ICBR (2007): Zalm 2020 – Actualisering van het programma voor de bescherming en de herintroductie van trekvis. - Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ed.), kaart van 2007.
- INGENDAHL, D. (1999): Der Reproduktionserfolg von Meerforelle (*Salmo trutta* L.) und Lachs (*Salmo salar* L.) in Korrelation zu den Milieubedingungen des hyporheischen Interstitials. - Dissertation, Hundt Druck, Köln, 157 pp.
- INGENDAHL, D. (2007): Downstream migration of Atlantic salmon smolts in the Rhine delta: results of a transponder study 2006/2007. – Vortrag
- INGENIEURBÜRO FLOECKSMÜHLE (2005a): Handbuch Querbauwerke. - Ministerium f. Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW [Hrsg.]; Düsseldorf, 212 pp.
- INGENIEURBÜRO FLOECKSMÜHLE (2005b): Studie zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit der Sieg. – Abschlussbericht; im Auftrag der Landesanstalt f. Ökologie, Bodenordnung u. Forsten (LÖBF) NRW; Aachen 2005, 231 pp.
- JANSEN, H.M., WINTER, H.V., TULP, I.Y.M., BULT, T.P., HAL, R. VAN, BOSVELD, J. & VONK, R. (2008): Bijvangst van salmoniden en overige trekvis vanuit een populatieperspectief. - IJmuiden : IMARES, 2008 (Rapport / IMARES C039/08), 120 p.
- JEPSEN, N., AARESTRUP, K., ØKLAND, F., RASMUSSEN, G. (1998): Survival of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migration. *Hydrobiologia* 371/372: pp. 347-353.

- JURJENS, H. (2006): The migration of salmonids through the Rhine delta. – Thesis Aquatic Ecology and Water Quality Management, AEW-80439, Report number 007/2006, Wageningen University; 63 p. + Annex
- KIECKBUSCH, J. & KNIEF, W. (2007): Brutbestandsentwicklung des Kormorans (*Phalacrocorax carbo sinensis*) in Deutschland und Europa. BfN Skripte (Kormoranfachtagung Stralsund) (104), pp. 28-47.
- KNUDSEN, F.R., ENGER, P.S. & SAND, O. (1993): Avoidance responses to low frequency sound in downstream migrating Atlantic salmon smolt, *Salmo salar*.- J. Fish Biol. 45, pp. 227-233.
- LARINIER, M. & DARTIGUELONGUE, J. (1989): La Circulation des Poissons Migrateurs: Le Transit à Travers les Turbines des Installations Hydroélectriques. - Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture; 312 – 313; p. 1-90
- LARINIER, M. & TRAVADE, F. (2002a): Design of fishways for shad. – In: Fishways: biological basis, design criteria and monitoring" Bull. Fr. Pêche Piscic. (2002) 364 suppl., p. 135-146.
- LARINIER, M. & TRAVADE, F. (2002b): Downstream Migration: Problems and facilities. – In: Fishways: biological basis, design criteria and monitoring" Bull. Fr. Pêche Piscic. (2002) 364 suppl., p. 181-207.
- LARINIER, M. & TRAVADE, F. (2008): Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit in Höhe des Kraftwerks Vogelgrün im Rhein. – Gutachten, Bericht GHAPPE EX08.02 & EDF R&D CR-P76/08/020, 7 pp.
- LAUTERBORN, R. (2009): 50 Jahre Rheinforschung. – RegioWasser e.V. [Hrsg.], Lavori Verlag Freiburg, 815 pp.
- LUWG (2008): Durchgängigkeit und Wasserkraftnutzung in Rheinland-Pfalz. – LUWG-Bericht 2/2008; Landesamt f. Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht, Mainz; 132 p. + Annex.
- MUNLV (2006): Leitfaden zur wasserwirtschaftlichökologischen Sanierung von Salmonidenlaichgewässern in NRW; Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW [Hrsg.], Düsseldorf, 168 pp.
- NEMITZ, A. & MOLLS, F. (1999): Anleitung zur Kartierung von Fießstrecken im Hinblick auf ihre Eignung als Besatzorte für 0+-Lachse (*Salmo salar* L.). – LÖBF, Beiträge aus den Fischereidezernaten, Heft 4, S. 50.
- NIEPAGENKEMPER, O. & MEYER, E. (2003): Messungen der Sauerstoffkonzentration in Flusssedimenten zur Beurteilung von potentiellen Laichplätzen von Lachs und Meerforelle. - Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V. (Hrsg.); Münster, 87 pp.
- Peñailillo, R., Icke, J. & Jeucken, A. (2008): Effects of the meteorological conditions and cooling water discharges on the water temperature of Rhine River. – 12th International Conference on Integrated Diffuse Pollution Management (IWA DIPCON 2008); 8 pp.
- ROCHE, P. (1991): Le saumon du Rhin: Habitats et stocks potentiels en partie française. – Metz, CSP, 36 pp.
- SAUMON-RHIN (2005): Suivi par radiopistage de truites de mer sur le Haut Rhin dans la région de Bâle (CH) - Campagne 2005/2005. – Rapport final, Avril 2005.
- SAUMON-RHIN (2008a): Repeuplement et suivi annuel des juvéniles de saumon atlantique en Alsace – Resultats 2006. – Association Saumon-Rhin & Office National de l'Eau et des Mieux Aquatiques; 22 pp. + Annexes
- SAUMON-RHIN (2008b): Carte schématique des difficultés de franchissement pour les salmonidés migrateurs sur le Rhin et le cours principal de l'Ill - Etat d'avancement au 15 Avril 2008. - Document de travail Association Saumon-Rhin (ASR)

- SCHNEIDER, J. (1998): Zeitliche und räumliche Einnischung juveniler Lachse (*Salmo salar* Linnaeus, 1758) allochthoner Herkunft in ausgewählten Habitaten. - Verlag Natur und Wissenschaft, Solingen; 218 pp.
- SCHNEIDER, J. (2001): Restocking the Rhine - which non-native salmon stocks could be the better source? Biological considerations and first experiences. - in: El Salmón, Joya de Nuestros Rios. - GARCIA DE LEANIZ, C; SERDIO, A. & CONSUEGRA, S. (eds.); Gobierno de Cantabria, Santander, p. 125-134.
- SCHNEIDER, J. (2002): Zur ursprünglichen Laichzeit des Sieglachses und Stammauswahl bei der Wiedereinbürgerung. - Fischer & Teichwirt 8/2002, p. 304-307.
- SCHNEIDER, J. (2005): Letale Vergrämung von Kormoranen im Einzugsgebiet der rheinland-pfälzischen Sieg und Nister. - Studie im Auftrag der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord, Koblenz; BFS, Frankfurt a. M., 52 pp.
- SCHNEIDER, J. (2007a): Erfolgskontrolle von Besatzmaßnahmen mit Atlantischen Lachsen (*Salmo salar* L.) in den Gewässersystemen Kyll, Prüm und Elzbach sowie Monitoring der spontanen Wiederbesiedlung der Nette - Lachs 2020 in Rheinland-Pfalz. - Studie im Auftrag der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord, Obere Fischereibehörde; BFS, Frankfurt a. M., 34 pp.
- SCHNEIDER, J. (2007b): Erfolgskontrolle der Wiedereinbürgerung von Lachs (*Salmo salar* L.) und Meerforelle (*Salmo trutta* L.) in Sieg, Saynbach, Ahr und Lahn (Rheinland-Pfalz). - Projektphase IV, 2. Zwischenbericht. Im Auftrag des Landes Rheinland-Pfalz; BFS, Frankfurt a. M., 66 pp.
- SCHNEIDER, J. (2008): Erfolgskontrolle von Besatzmaßnahmen mit Atlantischen Lachsen (*Salmo salar* L.) in den Gewässersystemen Kyll, Prüm und Elzbach sowie Monitoring der spontanen Wiederbesiedlung der Nette - Lachs 2020 in Rheinland-Pfalz – Endbericht 2007. - Studie im Auftrag der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord, Obere Fischereibehörde; BFS, Frankfurt a. M., 67 pp.
- SCHNEIDER, J. JÖRGENSEN, L. MOLLS, F. NEMITZ, A. KÖHLER, C. & BLASEL, K. (2004): Notwendigkeit und konzeptionelle Ausrichtung eines effektiven Monitorings bei der Lachswiederansiedlung im Rhein - das Monitoring-Einheiten-Konzept. - Fischer & Teichwirt, 2/2004.
- SCHNEIDER, M. & JORDE, K. (2004): Mindestwasseruntersuchungen im Restrhein auf der Basis von ökohydraulischen Simulationen. – Teilbericht einer Umweltverträglichkeitsstudie für die Neukonzessionierung des Kraftwerkes Kembs der Electricité de France; Studie im Auftrag der EdF; Stuttgart, 75 p.
- SCHULTZ, S. (2006): Le retour du saumon dans les cours d'eau alsaciens. Approche coût / efficacité des travaux nécessaires. – Mémoire de fin d'études, Enesad, 44 pp. + Annex Le retour du saumon dans les cours d'eau alsaciens.
- SEILER, H. (1999): Zur Geschichte der Lachsfischerei im Bezirk Trier insbesondere zu deren Niedergang und Ende. – Bezirksregierung Trier (Hrsg.), 30 pp.
- SKALSKI, J.R., MATHUR, D. & HEISEY, P.G. (2002): Effects of Turbine Operating Efficiency on Smolt Passage Survival. - North Am. J. Fisheries Manage. 22 (4) (2002), pp. 1193–1200.
- STUCKY (2005): Machbarkeitsstudie für die Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit des Oberrheins für die Fischfauna – Phase 2, Lösungsvorschläge. – Pläne; im Auftrag der IKSR
- STUCKY (2006): Machbarkeitsstudie für die Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit des Oberrheins für die Fischfauna – Phase 2, Lösungsvorschläge. – Bericht im Auftrag der IKSR, 109 pp
- TAYLOR, R.E. & KYNARD, B. (1985): Mortality of juvenile american shad and blueback herring passed through a low-head Kaplan hydroelectric turbine. - Transactions of the American Fisheries Society; 114; 3; p. 430 – 435
- TRAVADE, F. & LARINIER, M. (2002): Fish locks and fish lifts. – In: Fishways: biological basis, design criteria and monitoring" Bull. Fr. Pêche Piscic. (2002) 364 suppl., pp. 102-118.

TRAVADE, F. & LARINIER, M. (2006): French experience in downstream migration devices. – In: Durchgängigkeit von Gewässern für die aquatische Fauna. – Int. DWA-Symposium zur Wasserwirtschaft, pp. 91-99.

TREFETHEN, P.S. (1968): Fish - Passage Research, Review of Progress, 1961 – 1966. - Washington D.C.; United States Department of the Interior, no. 254.; 25 pp.

BIJLAGE

Aanbevelingen van de ICBR aan de Rijnsoeverstaten voor het reduceren van de bijvangst en de ongeoorloofde vangst van zalm, zeeforel en meerforel (hierna genoemd "salmoniden") (Stand: juli 2009)

1. Aanvullend en verbeterd onderzoek

Door aanvullend onderzoek naar het gebruik van andere methodes en vistuigen in de beroepsvisserij ontstaat beter inzicht in de werkelijke oorzaken van het verdwijnen van salmoniden in het algemeen en kan de sterfte worden verminderd.

2. Adequate regelgeving

- a. Verbodsbepalingen voor het vangen en verhandelen van salmoniden en verplichtingen tot het terugzetten zijn goed in de wet verankerd.
- b. De sancties bij overtredingen van de verbodsbepalingen (bijv. in de vorm van boetes) dienen in overeenstemming te zijn met het (economische) voordeel dat verbonden is aan het vangen en verhandelen van salmoniden, zodat hier voldoende "afschrikkende" werking van uitgaat. Bij beroepsvissers kunnen overtredingen gekoppeld worden aan het niet verlengen of zelfs intrekken van hun vergunning.
- c. De verbodsbepalingen dienen in de praktijk handhaafbaar te zijn (vgl. voorbeeld onder punt 4c)

3. Voorlichting

- a. Actieve voorlichting op maat voor verschillende doelgroepen
 - Sportvissers (hengelaars en recreatievissers)
 - Beroepsvissers
 - Politie en visserijopzieners
 - Medewerkers van visafslagen en vishandelaars

In de voorlichting wordt uitgelegd

- waarom het zo belangrijk is dat er geen salmoniden worden onttrokken;
 - hoe de onbedoelde schade voor salmoniden als gevolg van visserijactiviteiten op andere soorten kan worden geminimaliseerd;
 - welke verboden er gelden voor het onttrekken en verhandelen van salmoniden, waarbij ook de boetes en eventueel andere straffen vermeld worden.
- b. Voorlichting aan het publiek (ook via de pers) over de terugkeer van de zalm en de zeeforel in de Rijn en de Maas, over de successen die hiermee zijn geboekt en over hoe belangrijk het is voor de opbouw van de populatie dat er zo min mogelijk salmoniden worden onttrokken. Uitzonderingen zijn alleen mogelijk ter ondersteuning van de programma's voor de herintroductie van de zalm en de zeeforel (bijv. onttrekking van ouderdieren voor de visteelt).

4. Goede vispasseerbaarheid van kunstwerken en andere obstakels

- a. Een goede vispasseerbaarheid van kunstwerken op basis van de allernieuwste technieken leidt er niet alleen toe dat er meer salmoniden (en ook andere vissen) stroomopwaarts kunnen trekken en zich kunnen voortplanten, het reduceert ook de verblijftijd van salmoniden voor stuwen en hun concentraties op plaatsen waar ze de route stroomopwaarts moeilijk kunnen vinden. Juist in deze concentraties zijn salmoniden kwetsbaar om gevangen te worden (roofvissen en visserij).
- b. Het verdient aanbeveling om bij het verbeteren van de passeerbaarheid optimale synergie te realiseren met maatregelen die voortkomen uit de Aalverordening.
- c. Aanbevolen wordt om een visvrije zone in te stellen, d.w.z. een volledig visverbod (stroomopwaarts en stroomafwaarts) in een straal van 300 m bij kleinere en 500 m bij grotere kunstwerken (stuwen, sluizen, vispassages) en natuurlijke drempels waar zich bij de trek veel

salmoniden kunnen verzamelen. Een volledig visverbod in deze zones rond kunstwerken is veel eenvoudiger te handhaven dan een specifiek verbod op het vangen en niet terugzetten van bepaalde soorten salmoniden.

5. Handhaving

- a. Volgens de Rijnsoeverstaten zijn er tot nu toe slechts enkele illegale vangsten van zalm, zeeforel en meerforel geregistreerd. Desalniettemin zijn er verschillende aanwijzingen – uit onderzoek maar ook uit persoonlijke mededelingen van hengelaars en visserijdeskundigen – dat er op verschillende Rijntrajecten herhaaldelijk illegaal vis is onttrokken. De verboden om zalm, zeeforel en meerforel te onttrekken en te verhandelen en de terugzetverplichting dienen dus consequent te worden gehandhaafd om de verboden ook in de praktijk effectief te laten zijn. Bij een zeer geringe “pakkans” zullen de verboden – vooral in het geval mensen (economisch) belang hebben bij het vangen van salmoniden – weinig effectief zijn.
- b. De diensten die zijn belast met ordehandhaving en controle zouden “zalmwachters” (visserijopziensers) met kennis van de lokale omstandigheden moeten aanstellen om in afzonderlijke visvrije zones of op bekende “hotspots” voor illegale vangst met ondersteuning van de lokale hengelaars informatie te verzamelen over de locatie, het tijdstip en de precieze omstandigheden van de illegale bijvangst. Daarbij moet worden gestreefd naar een nauwe samenwerking met de waterpolitie.
- c. Daarnaast wordt aanbevolen om samenwerking te zoeken met de beheerders van de kunstwerken, teneinde het visverbod in de visvrije zones rondom kunstwerken te handhaven. Veel kunstwerken hebben voor bediening en beheer een gesloten videosysteem met camerabewaking. Met een beperkte uitbreiding en rekening houdend met de wet op de bescherming van de privacy kan dit systeem ook worden ingezet voor de handhaving van het visverbod.
- d. De keuringsdiensten van levensmiddelen worden verzocht om de herkomst van de zalmen die worden aangeboden in de handel en de gastronomie te controleren.

6. Internationale rapportage

Op ICBR-expertniveau dient er voortaan een keer per jaar een informatie-uitwisseling plaats te vinden over de handhaving van deze aanbevelingen in de staten van het Rijnstroomgebied en over de effectiviteit van de aanbevelingen in de praktijk. Hierover moet worden gerapporteerd aan de PLEN-CC12.

Bijlage II

Gespreksverslag “bijvangst en illegale visserij” van 14 november 2007

Jörg Schneider, BFS

Gesprekspartner: GUIDO HAUBRICH uit Bendorf aan de Rijn

De heer Haubrich geeft aan het Rijntraject van Linz tot de monding van de Lahn te kennen als zijn broekzak. Hij hengelt al van kindsbeen af in de Rijn en verschillende zijrivieren (o.a. de Saynbach, de Nette).

De heer Haubrich heeft in 2008 een zalm gevangen (een afgepaaide kuitvis van 85 cm op 18 november 2008) en was tevens getuige van de vangst van een zeeforel (een kuitvis van ca. 75 cm op 24 september 2008) (hier werd een foto van genomen). Beide vissen werden gevangen in de Rijn bij St. Sebastian. De afgelopen tien jaar heeft hij persoonlijk in totaal ongeveer tien zalmen en twintig zeeforellen gevangen en teruggezet (bijvangst bij het hengelen naar roofvissen met typisch roofvisaas).

De heer Haubrich weet dat er in 2008 tussen Linz en de monding van de Lahn nog acht andere grote salmoniden zijn gevangen; hij neemt aan dat de helft ervan is onttrokken. Hij vermoedt dat er in de Rijn “per ervaren roofvishengelaar en jaar” circa twee tot drie grote salmoniden worden bijgevangen. Een groot deel van de vissen wordt volgens hem niet teruggezet. Hij kent praktijken waarbij 's nachts vanaf onverlichte (speed)boten intensief wordt gehengeld op locaties tussen Koblenz en Andernach die druk worden bezocht door grote salmoniden. Telefoontjes naar de waterpolitie hebben niets opgeleverd. In gebieden die zijn aangewezen als visserijvrije zone (in Rijnland-Palts o.a. de mondingsgebieden van de Saynbach, de Nette, de Ahr) wordt sinds de inwerkingtreding van de verboden overwegend na het vallen van de duisternis, vooral rond middernacht, blijkbaar gericht op salmoniden gehengeld.

Op een paar Rijntrajecten (o.a. de rivierarm bij Vallendar) kan je in gunstige omstandigheden grote salmoniden zien “tuimelen” (ter informatie: tuimelen en springen zijn typische gedragingen voor de zalm; bij het tuimelen steekt de rug duidelijk boven het wateroppervlak uit).

De grootste kans om grote salmoniden te vangen heeft een visser aan de rand van de stroming, in geulen, aan kribhoofden, in kribvakken en in havengebieden.

“Bekende” vangstlocaties met bijzonder grote concentraties salmoniden zijn volgens de heer Haubrich:

- De monding van de Lahn
- De rivierarm bij Vallendar
- De oeverzone in Vallendar
- Het havengebied in Bendorf (bij de monding van de Saynbach)
- Het eiland Urmitzer Werth (natuureservaat)
- Namedy
- Het eiland Hammersteiner Werth
- De haven van Andernach
- Benedenstreams van de haven in Brohl

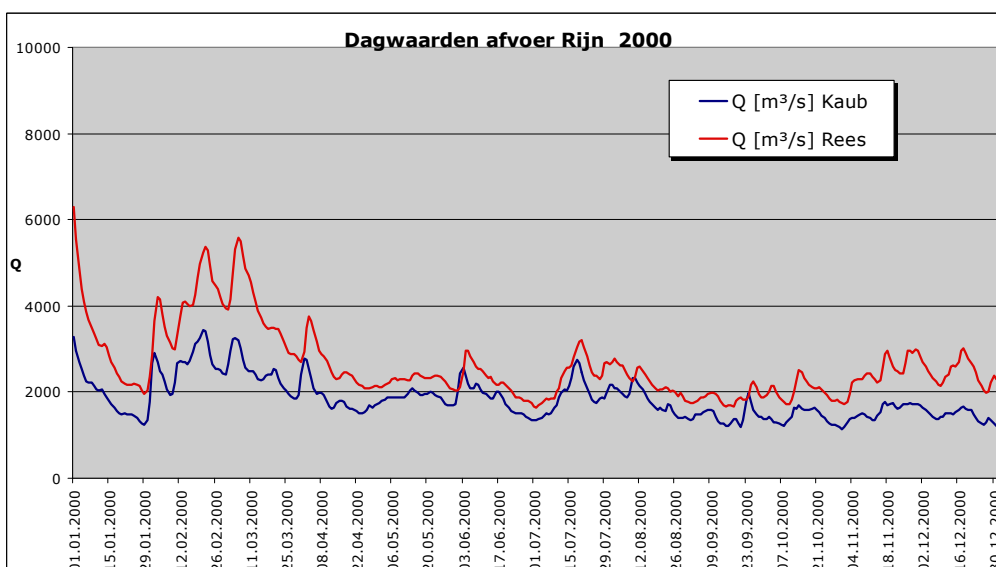
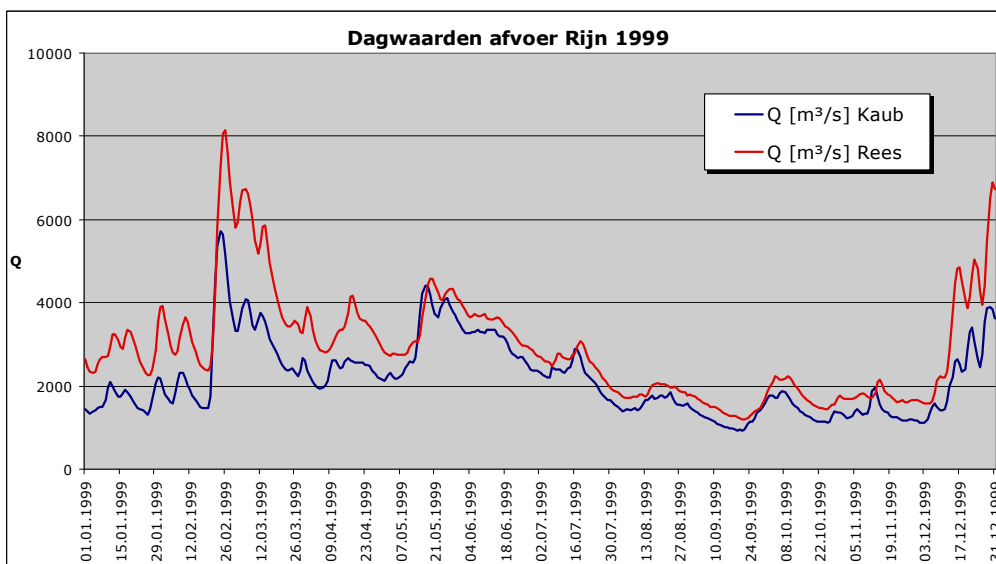
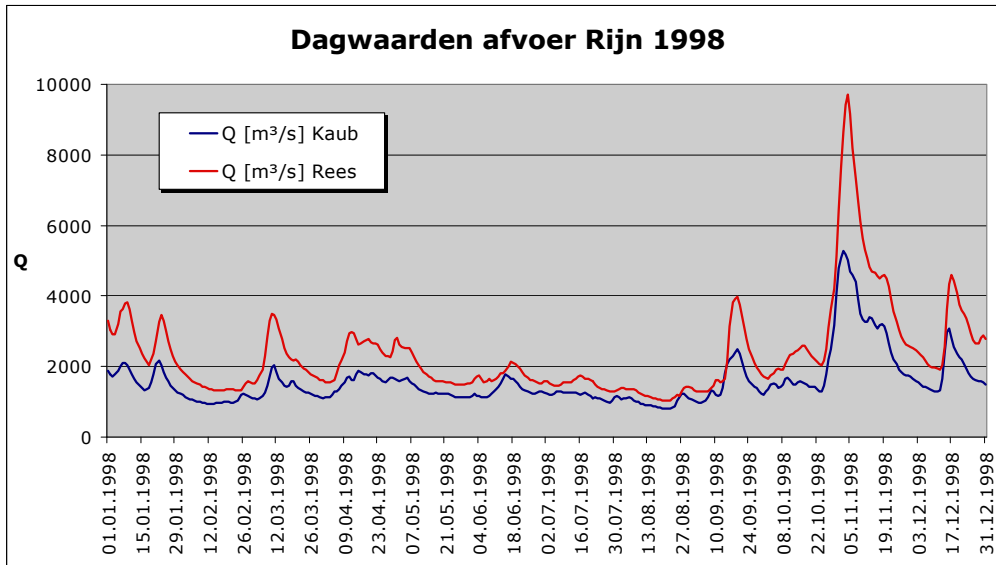
Paaibedden:

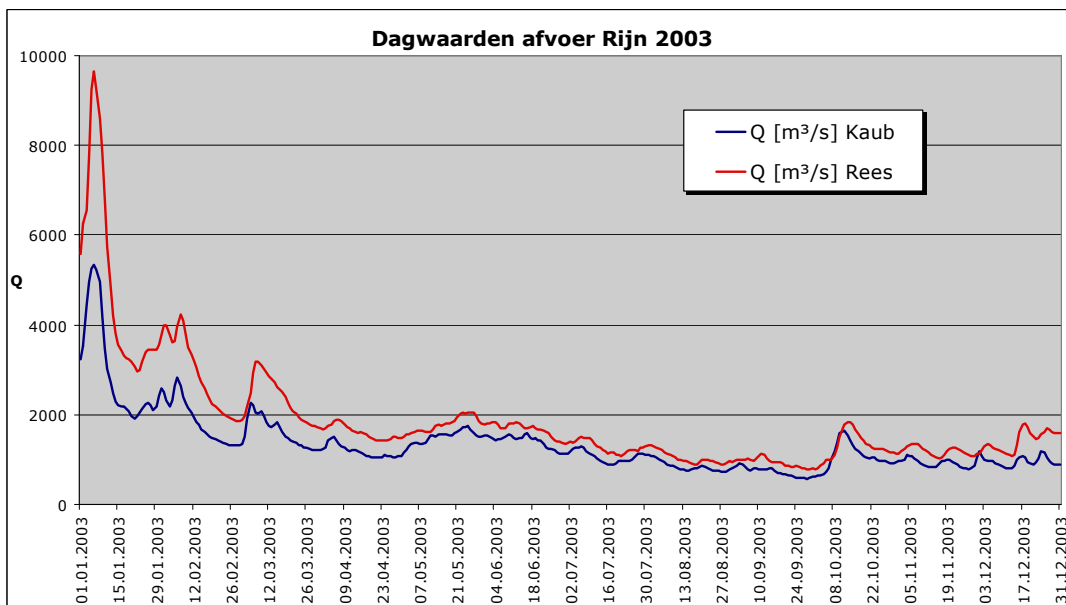
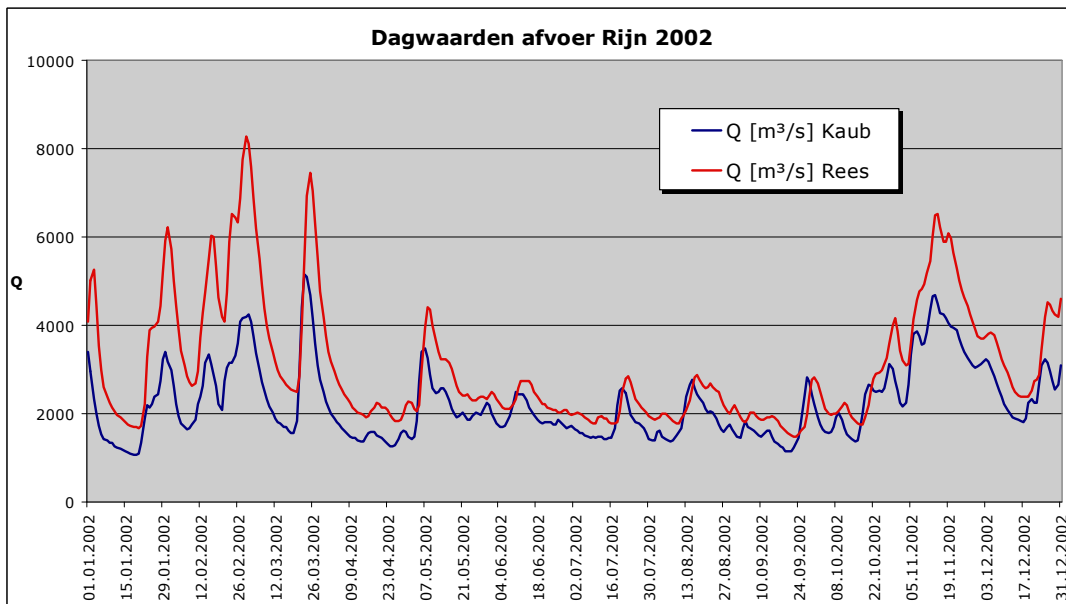
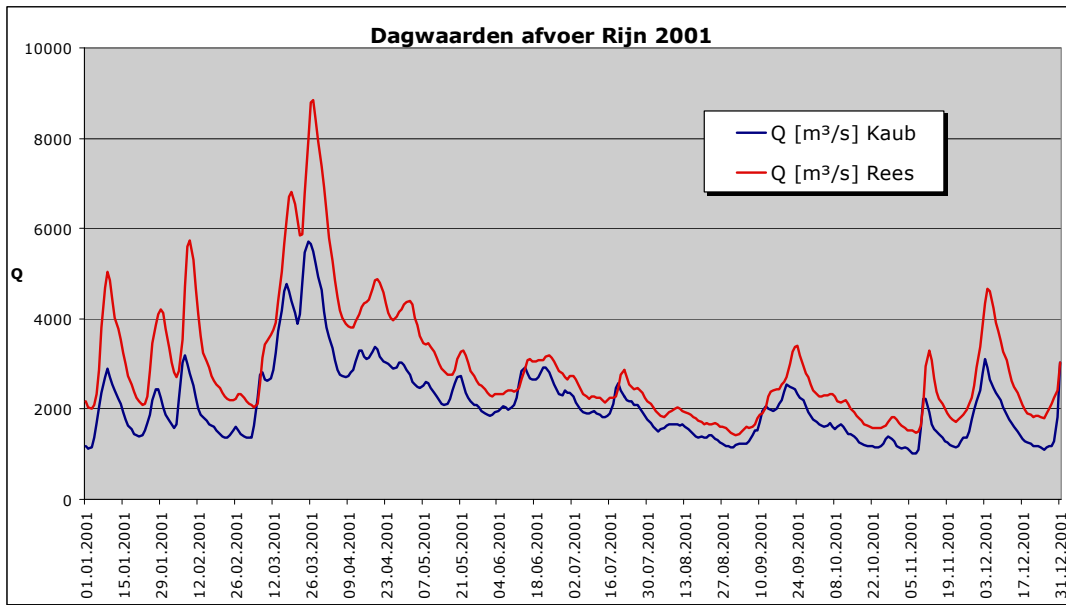
De heer Haubrich heeft in de herfst meerdere malen grote paaibedden gezien in de Rijn, vooral in de rivierarm bij Vallendar (benedenstreams van de grindbank, hier werden ook tuimelende grote salmoniden gespot) en in de Urmitzer Werth (benedenstreams van de grindbank).

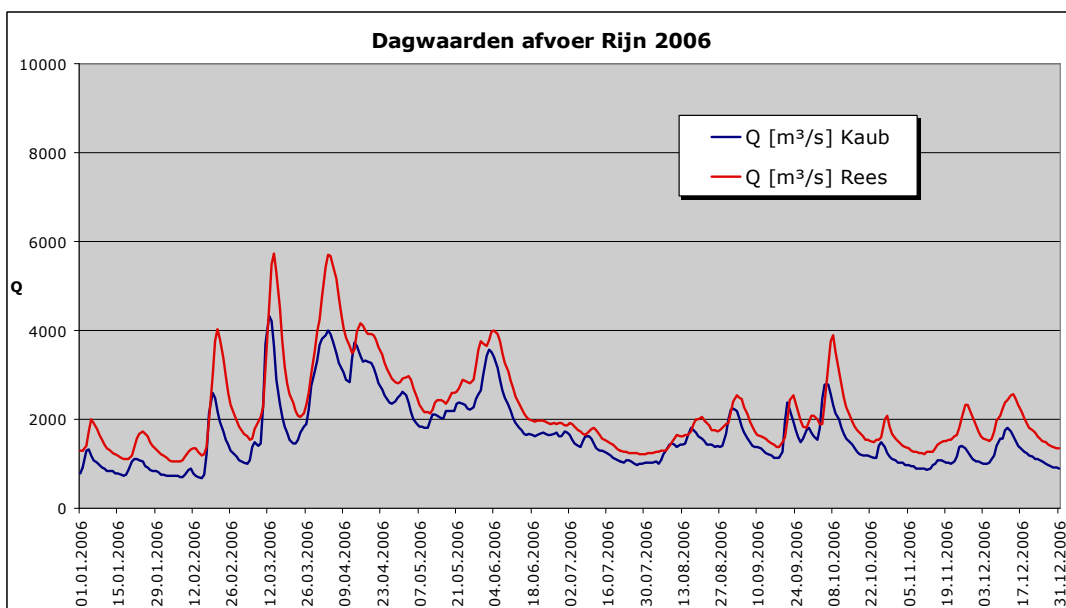
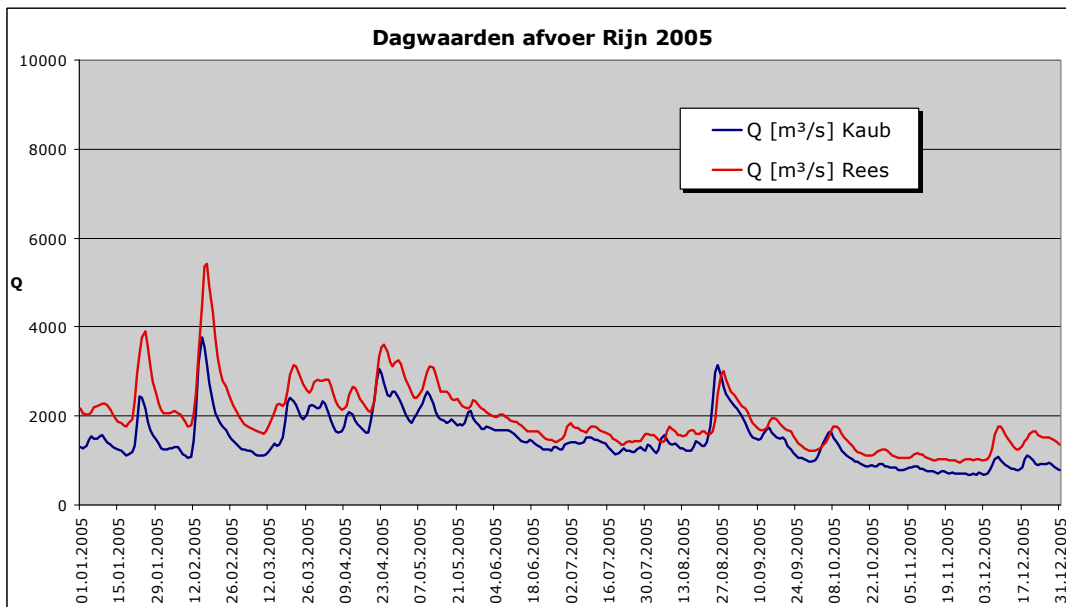
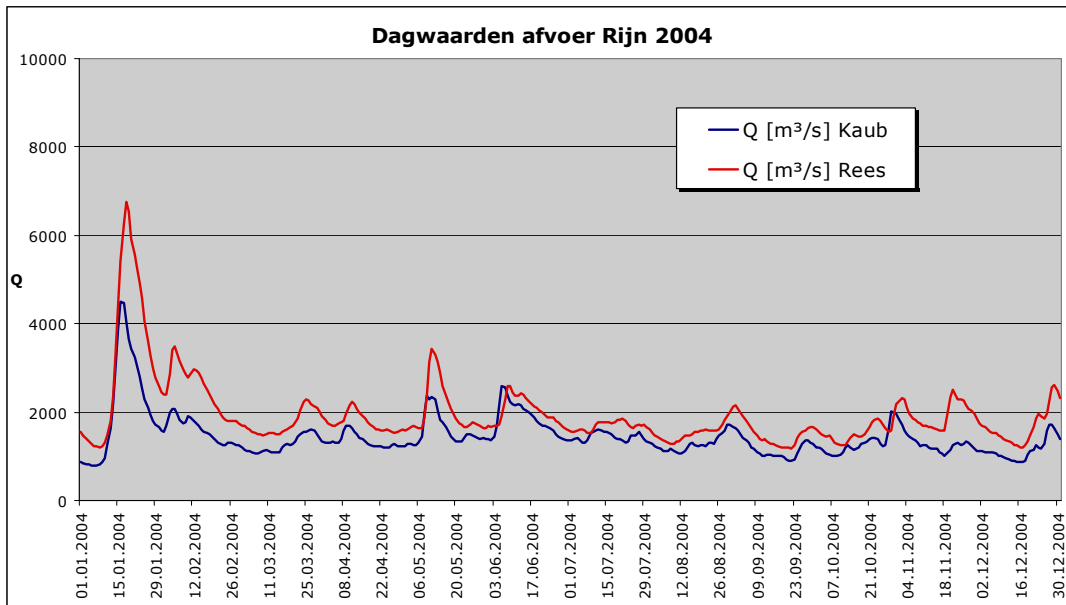
De heer Haubrich is van mening dat grote salmoniden alleen doeltreffender kunnen worden beschermd als de controles worden opgevoerd. Er wordt vaak geen rekening gehouden met het visverbod en vooral nachthengelen zorgt voor druk in gesloten gebieden. Hij stelt voor dat er een “zalmwachter” wordt aangesteld die contact houdt met de hengelaars (betrekken van hengelaars, verzameling van informatie) en vaak controleert, o.a. vanaf een boot (afschrikkende werking).

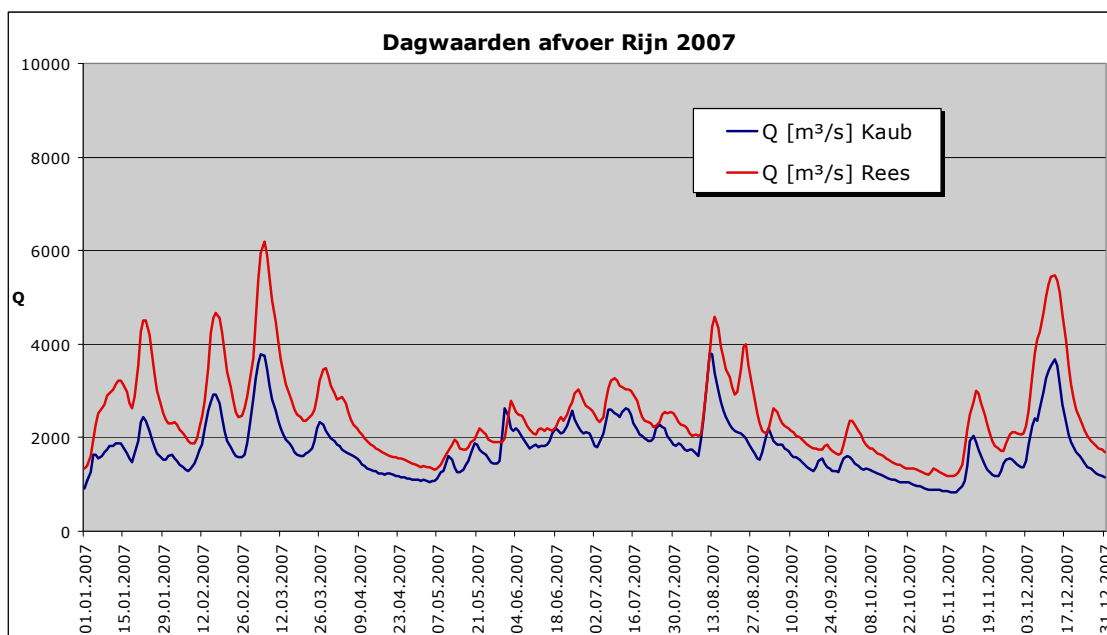
Afvoeren in de Rijn in de periode 1998 – 2007 op de meetpunten Kaub en Rees

Bijlage III









Gemiddelde afvoer in de Rijn (m^3/s) op de meetpunten Kaub en Rees tijdens de migratieperiode van zalmsmolts (april, mei, juni)

Kaub	April	Mei	Juni	Rees	April	Mei	Juni
1998	1584	1316	1353	1998	2391	1871	1736
1999	2357	3244	3028	1999	3334	3570	3425
2000	1836	1884	1873	2000	2584	2273	2247
2001	3081	2356	2416	2001	4424	3180	2733
2002	1545	2243	1943	2002	2244	2824	2296
2003	1185	1503	1402	2003	1608	1783	1673
2004	1343	1580	1842	2004	1763	2043	2032
2005	2135	1996	1469	2005	2702	2522	1739
2006	3139	2220	2124	2006	3987	2697	2564
2007	1355	1464	2084	2007	1918	1756	2457

Controlestations aan de Duits-Franse Bovenrijn:

Resultaat van de vistelling aan de vispassage van Iffezheim in de jaren 2000 – 2008

Resultaat van de vistelling aan de vispassage van Gambsheim in de jaren 2006 – 2008

Resultaat van de vistelling aan de vispassage Iffezheim in de jaren 2000 - 2008

	2000 13/06 - 31/12	2001 01/01 - 31/12	2002 04/03 - 31/12	2003 01/01 - 31/12	2004 01/01 - 31/12	2005 01/01 - 31/12	2006 01/01 - 31/12	2007 01/01 - 31/12	2008 01/01 - 31/12	Totaal
LANGEAFASTANDSTREKVISSSEN										
zalm	75	61	103	90	72	49	47	62	86	645
zeeforel	383	226	309	88	92	59	53	115	101	1.426
elft	2	4	3	3	9	7	2	2	2	34
aal**	230	339	255	433	238	1.431	276	1.418	12.886	17.506
rivierprik					1					1
zeeprik		205	57	80	137	103	192	208	145	1.127
KORTE - EN MIDDELLANGEAFSTANDSTREKVISSSEN										
vlagzalm		3	1	1	2					7
beeforel	12	41	28	28	9	24	18	20	13	193
bronforel		4		1						5
barbeel	3.586	6.593	4.088	9.727	7.480	7.231	7.341	4.633	2.064	52.743
baars	13	2		6	4	17	6	6	3	57
brasem	1.123	2.341	2.778	5.867	12.144	4.122	4.889	6.212	2.941	42.417
kleine brasemachtige*			39	44	240	145	176	78	30	752
coregonus										0
kopvoorn	36	245	187	156	220	198	162	281	145	1.630
graskarper			1	3	2	3	5		1	15
rivierdonderpad		6	2					1		9
riviergrondel		5	1		1	3	6	2		18
kolblei	2	81	23	29	32	13		2		182
serpeling	29	7	4	48	47			3	3	141
snoek			1		1					2
kroeskarper	1			2	1	1			2	7
karper		4	3	3	15	3	7	10	4	49
pos		1	2							3
sneep	558	2.592	2.135	2.081	2.685	1.461	1.220	4.964	720	18.416
kwabaal			1							1
roofblei	386	1.228	2.646	2.634	2.807	1.871	2.548	5.639	2.122	21.881
regenboogforel	4	9		5	2	3	2	4	2	31
blankvoorn	169	246	199	997	586	333	254	262	84	3.130
ruisvoorn				6	2		5		2	15
kleine zalmachtige*		30	21	22				2		75
zeelt		3	6	1	4	3	7	5	9	38
alver**	152	59	38	68	117	16	178	37	726	1.391
meerval		1	7	7	32	27	22	24	16	136
blauwneus	1	1		2		2				6
snoekbaars	10	1	5	4		3	5		2	30
donaubrasem	34	41	201	126	302	142	59	41	123	1.069
Totaal	6.806	14.379	13.144	22.562	27.284	17.270	17.480	24.031	22.232	165.188

* : Met de videomonitoring kunnen brasemachtigen kleiner dan ongeveer 30 cm en zalmachtigen kleiner dan 25 cm niet duidelijk van elkaar worden onderscheiden.

** : De video's in Iffezheim registreren niet alle optrekkende alen en alvers. Uit directe observaties is gebleken dat het daadwerkelijke aantal stroomopwaarts trekkende alen veel groter is.

Totaal zonder aal	6.576	14.040	12.889	22.129	27.046	15.839	17.204	22.613	9.346	147.682
-------------------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------	---------

Resultaat van de vistelling aan de vispassage Gamsheim in de jaren 2006 - 2008

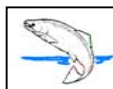
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006 12/04 - 31/12	2007 01/01 - 31/12	2008 01/01 - 31/12	Totaal
LANGEAFSTANDSTREKVISSSEN										
zalm							18	27	70	115
zeeforel							31	89	78	198
elft							6	6		12
aal							27.930	14.135	22.893	64.958
rivierprik										0
zeeprik							31	110	47	188
KORTE- EN MIDDELLANGEAFSTANDSTREKVISSSEN										
vlagzalm										0
beekforel							23	39	44	106
bronforel										0
barbeel							8.606	6.839	3.870	19.315
baars							29	68	38	135
brasem							20.075	14.367	6.438	40.880
kleine brasemachtige*							527	211	585	1.323
coregonus									1	1
kopvoorn							188	208	75	471
graskarper							7	6	2	15
rivierdonderpad										0
riviergrondel									13	13
kolblei									1	1
serpeling										0
snoek								2	1	3
kroeskarper								2	5	7
karper							22	16	20	58
pos										0
sneep							2.501	9.210	1.875	13.586
kwabaal										0
roofblei							1.908	5.283	1.751	8.942
regenboogforel										0
blankvoorn							428	431	202	1.061
ruisvoorn										0
kleine zalmachtige*								8		8
zeelt							28	34	11	73
alver							2.134	3.786	368	6.288
meerval							54	32	20	106
blauwneus										0
snoekbaars										0
donaubrasem										0
Totaal							64.546	54.909	38.408	157.863

* : Met de videomonitoring kunnen brasemachtigen kleiner dan ongeveer 30 cm en zalmachtigen kleiner dan 25 cm niet duidelijk van elkaar worden onderscheiden.

Totaal zonder aal							36.616	40.774	15.515	92.905
-------------------	--	--	--	--	--	--	--------	--------	--------	--------

ICBR-statistiek “getelde zalmen in het Rijnsysteem” in de periode 1990-2008

Bijlage V



Getelde volwassen zalmen in het Rijnsysteem sinds 1990

(ICBR-statistiek van terugkeerders)

CH/F/D		F + CH						Baden-Württemberg								Hessen en Rijnland-Palts						Noordrijn-Westfalen					Nederland			Rijn
Jaar	Gamb.	Iffezh.	Rijn/III	Murg	Kinzig	Rench	Alb	Overige	Wisper	Nette	Lahn	Saynb	Moezel	Ahr	Sieg	Rijn	Sieg	Wupper	Ruhr	Lippe	Waal	Lek	IJssel	Totaal						
1990																	1							1						
1991																	2							2						
1992																	10							10						
1993																2	16							18						
1994													0				9				16	7	x	32						
1995		9											1			1	6				7	4	x	28						
1996		23										4	0			1	15				2	15	x	60						
1997		5									1	8	3				13				5	8	2	45						
1998		7									0	1	4	0	2		42	7		1	2	3	0	69						
1999		3									8	21	7	12	7		53	15		1	12	85	0	224						
2000		75				1					5	35	14	2	8		335	21		1	28	194	3	722						
2001		59	2								4	12	4	10	0		84	12			23	110	1	321						
2002		94				1					3						213	17	3		28	72	3	485						
2003		90		1				2	1		15	23	3	2	7		160	20	1	2	44	50	3	424						
2004		72			1					2	8	17	4	11	3		93	37			33	28	4	313						
2005		49								2		5	1	5	9		195	39			38	12	6	361						
2006	18	47		2	1	1			4		5	13	4	0	11	1	287	43			28	18	4	487						
2007	27	62		3				1	4	1	12	26	2	1	24		463	69			79	27	4	805						
2008	70	86	1				2	2	1	1	3	19	10	3	9	4	339	32	1		43	33	4	663						
Totaal	115	681	3	6	2	3	2	5	13	6	64	204	68	54	89	9	2336	312	5	5	388	666	34	5070						

Volwassen zalmen vanaf 50 cm (eerste vangsten)

Informatie gebaseerd op gegevens van lokale werkgroepen

*Sinds 2000 intrekvoorziening met controle- en vangststation aan de Rijn bij Iffezheim, vangsten sinds 2000

** Gecorrigeerde waarde op basis van nieuwe gegevens van 12 januari 2004

De genoemde zijrivieren van de Rijn zijn incl. de bijbehorende subsystemen (bijv. Wupper met Dhünn)

NRW: getelde vissen in fuiken en in het kader van elektrische visserij, vanaf 2000 worden de vissen in het Siegsysteem vooral geteld door het controlestation aan de onderste stuw in de Sieg

Volgens de huidige inzichten telt het controlestation bij Buisdorf (Sieg) 50-70% van de stroomopwaarts trekkende zalmen

Saynbach: (2003) plus veertien visuele controles; (2008) plus twee visuele controles

HE/RLP: in de kolom "Overige" staan meldingen uit de Rijn en andere zijrivieren (bijv. de Wieslauter in 2003)

Sieg (Rijnland-Palts (2003 + 2004): plus een c.q. twee visuele controles

Lahn 2008: plus vijf visuele controles

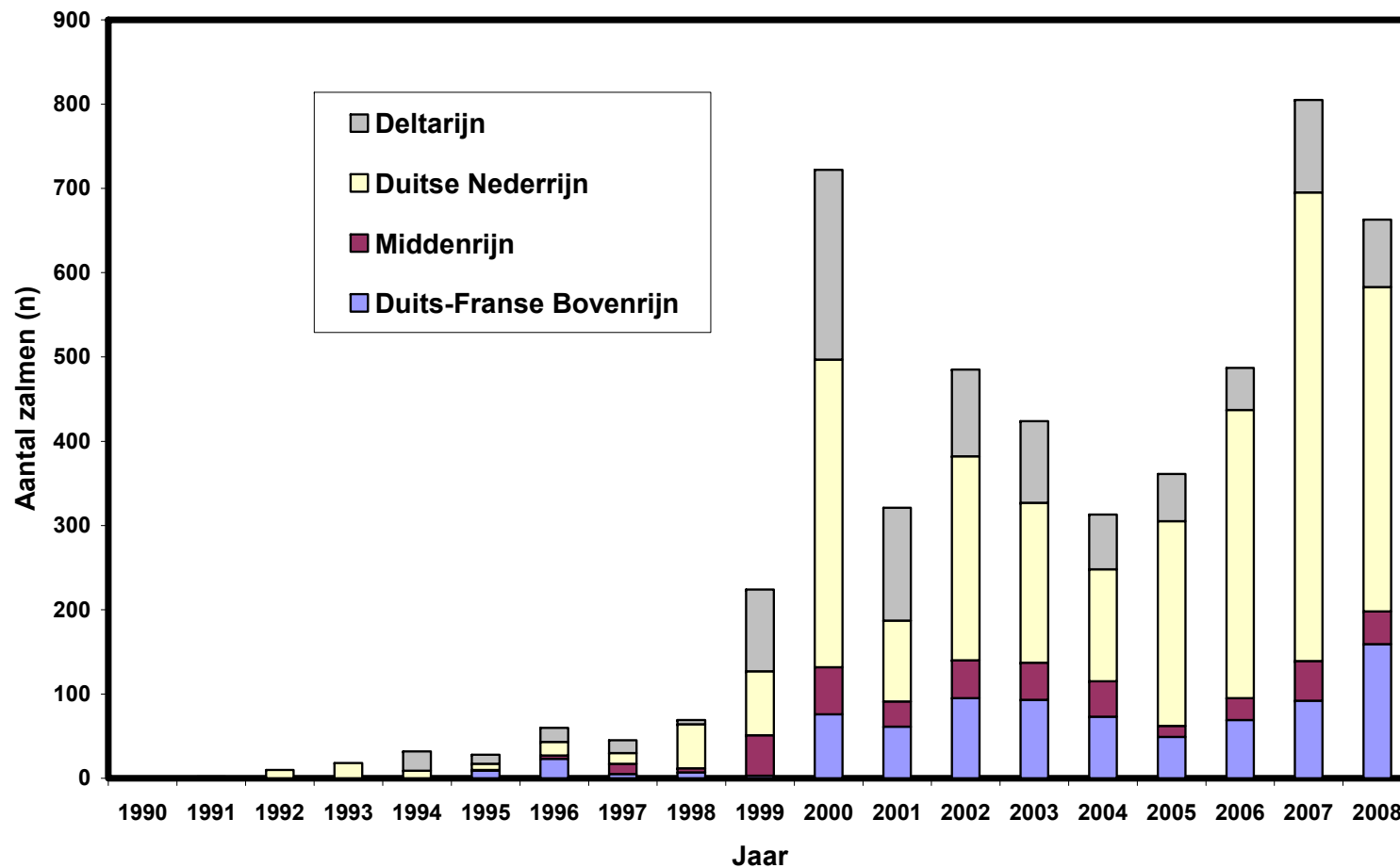
BW: in de Murg, de Rench en de Kinzig zijn er op dit moment alleen toevallige tellingen mogelijk

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, opgesteld door D. Ingendahl

Stand: 6 februari 2009

5.070 getelde zalmen in de Rijn sinds 1990

(opgesteld door D. Ingendahl, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW)

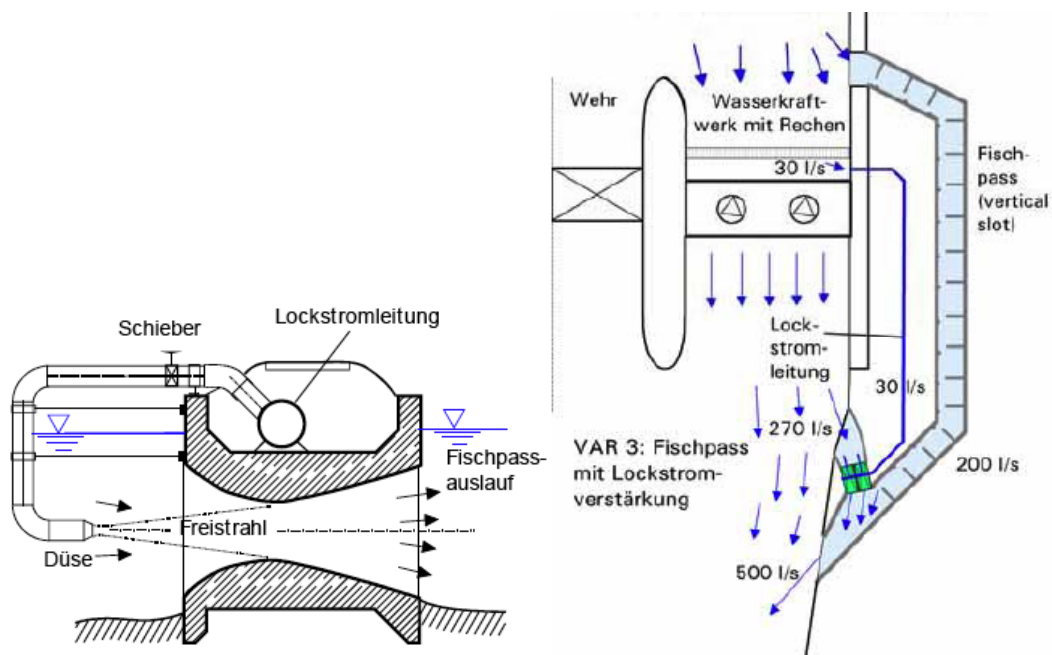


Onderzoekresultaten van de “Versuchsanstalt und Prüfstelle für Umwelttechnik und Wasserbau” van de Universiteit Kassel

I. Energie-efficiënte, waterbesparende versterking van de lokstroom aan stroomopwaartse vismigratievoorzieningen

Om de werking van de lokstroom economisch te optimaliseren heeft HASSINGER (www.uni-kassel.de/fb14/vpuw/Download/Lockstrompumpe_de.pdf) een nieuwe oplossingsrichting uitgewerkt waarvan de effectiviteit wordt getest in een pilotproject aan de krachtcentrale in de Drau bij Villach. Deze oplossing kan blijkbaar ook worden toegepast aan de krachtcentrales in de Duits-Franse Bovenrijn (volgens HASSINGER, schriftelijke mededeling, zijn er wat het gebruik van de techniek aan grote waterkrachtcentrales en stuwen betreft geen beperkingen t.a.v. het verval en de dimensies van de rivier en vergt het systeem geen externe energietoevoer). Het werkingsprincipe wordt als volgt beschreven:

“Het basisidee van de lokstroomversterking die hier wordt gepresenteerd, bestaat erin het hydraulische vermogen van de lokstroom te gebruiken om de doorstroming in de uitlaat van de installatie, en alleen daar, te verhogen tot het noodzakelijke niveau. Dat betekent dat met een kleine, maar energierijke deelstroom uit het bovenpand een grote waterstroom in beweging moet worden gezet die uit het benedenpand wordt genomen en slechts een matige, ecologisch noodzakelijke snelheid dient te bereiken. Het hydraulische basisprincipe is [...] de pulstransmissie aan een vrije straal, waardoor er kan worden gesproken over een waterstraal-waterpomp. Deze lokstroompompe bestaat uit een lokstroomleiding met sproeikop, waarbij de kop axiaal is opgesteld voor de eigenlijke pomp van het venturi-type. De straal komt uit de sproeikop en trekt het omgevende water mee, wat ervoor zorgt dat hij langzamer wordt. De straal stroomt met het meegesleurde water door de vernauwing van de venturi-doorlaat en wordt dan door de geleidelijke verbreding over een korte afstand vertraagd tot aanvaardbare snelheden.” [...] “De zuinigheid van dit concept resulteert uit de lage kosten voor de visoptrek zelf, de duidelijk kleinere lokstroomleiding, de vermeden energieomzetting voor de extra stroom en de voortdurende waterbesparing, omdat de lokstroom grotendeels (75%) niet uit het bovenpand, maar wel uit het benedenpand wordt onttrokken.”



Werkingsprincipe van de lokstroompompe volgens HASSINGER
 (uit: HASSINGER: www.uni-kassel.de/fb14/vpuw/Download/Lockstrompumpe_de.pdf)

II. Verhoging van de energieomzetting in vertical slot-passages m.b.v. borstels, rapport over laboratoriumproeven op schaal 1 : 1 (HASSINGER 2007)

Uittreksels

De borstels die worden ingebouwd in vertical slot-passages zijn verdeeld over 4 + 1 elementen. Bij de plaatsing van de borstels wordt rekening gehouden met de volgende punten:

Een groot element (nr. 1) wordt in de straal geplaatst, waardoor die breekt. Het grote element heeft de vorm van een halve cirkel die de aankomende straal opvangt, het merendeel van de energie onttrekt en het water vervolgens min of meer radiaal naar drie kanten traag laat wegstromen. Dit element wordt op de as van de straal gezet. De afstand tot de slot bedraagt ca. 80 cm. De neiging van gladde wanden om stralen relatief weinig af te remmen en zo door te geven, wat bijdraagt tot het ontstaan van grote kolken in het bekken, wordt tegengegaan door in het midden van de wanden kleine driehoekige elementen aan te brengen (nr. 2 - 4) die de stralen langs de wand, die stromingsenergie zouden kunnen transporteren, onderbreken. Een ander klein element met korte borstels (nr. 0) wordt bovenstrooms direct voor de slot geplaatst en heeft tot doel de snelheden in het onderste deel van de slot te verminderen. Dit borstelement levert evenwel slechts een minimale bijdrage tot de energieomzetting. Desalniettemin verlaagt het de snelheden en het debiet en vergemakkelijkt het de optrek van dicht bij de bodem zwemmende kleine vissen.

De onderzoeken met borstelementen in een vertical slot-passage met realistische afmetingen hebben aangetoond dat hun vermogen om stromingsenergie effectief om te zetten ook in deze omstandigheden werkt. Door de toepassing van borstels kan het snelheidsniveau worden teruggebracht tot 2/3 van het oorspronkelijke niveau. De borstels zetten ongeveer de helft van de energie om.

Om de hydraulische kwaliteit van de borstels te beoordelen, werd een nieuwe parameter gebruikt, namelijk de stroomsnelheid die van vissen een gemiddelde zwemprestatie vergt. Voor deze parameter werd de beoordeling [...] gebaseerd op de verdeling over de ruimte. Uit de vergelijking van de curves blijkt dat slechte tot middelmatige zwemmers in de vispassage met borstels duidelijk meer volume aantreffen dan in passages zonder borstels.

De energie-absorberende borstels zijn goedkoop en kunnen steeds worden ingebouwd in oudere installaties om de hydraulische condities in de bekkens van vispassages te verbeteren. Als het aantal borstelementen hoog genoeg is, kan ervan worden uitgegaan dat de elementen ongeveer de helft van de energie omzetten. Het resterende volume slikt nog slechts het halve specifieke vermogen. Dat betekent dat het volume van de bekkens potentieel kan worden verkleind. Daarbij moet er wel op worden gelet dat er nog genoeg lichte gedeelten zijn voor grote vissen (zalm, donauzalm).

In het algemeen kunnen de borstels in de toekomst worden voorzien van uitsparingen waar kleinere vissen dekking kunnen zoeken en schuilen. Bovendien valt te verwachten dat macroinvertebraten, een bron van voedsel voor vissen, zich zullen vestigen in de borstelementen. Het is zeer waarschijnlijk dat verschillende vissoorten zich als gevolg van de gediversifieerde morfologie en het voedselaanbod en vanwege de lagere stroomsnelheden permanent zullen ophouden in de bekkens van de vispassage.

Kassel, 25 mei 2007 Opgesteld door: R. Hassinger

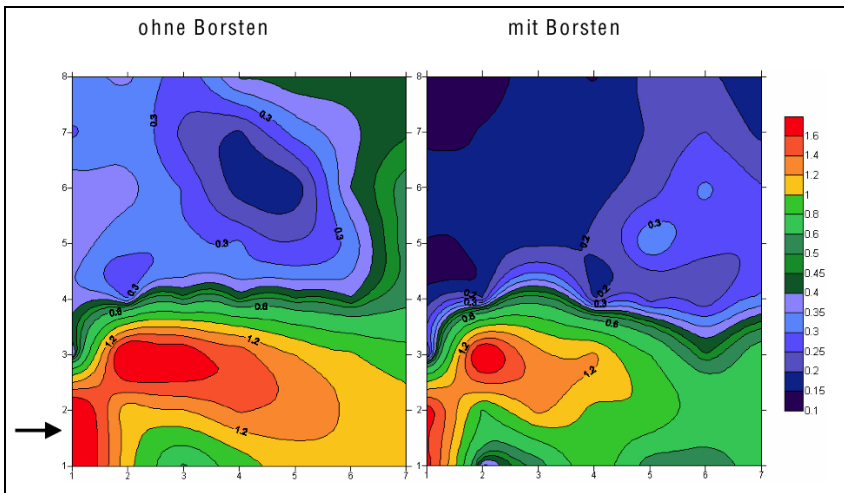
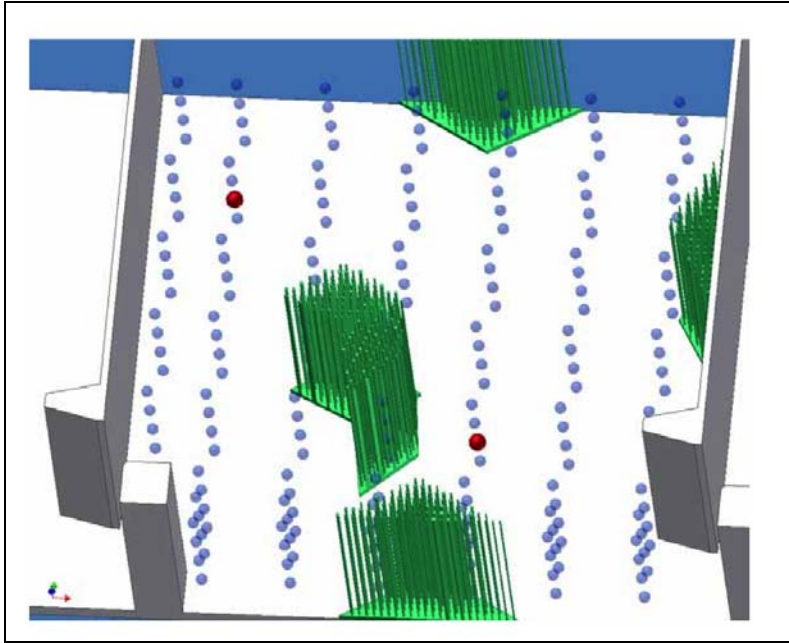


Bild 9: Geschwindigkeitsverteilung in der Ebene 2 (Zahlen-Angaben in m/s)

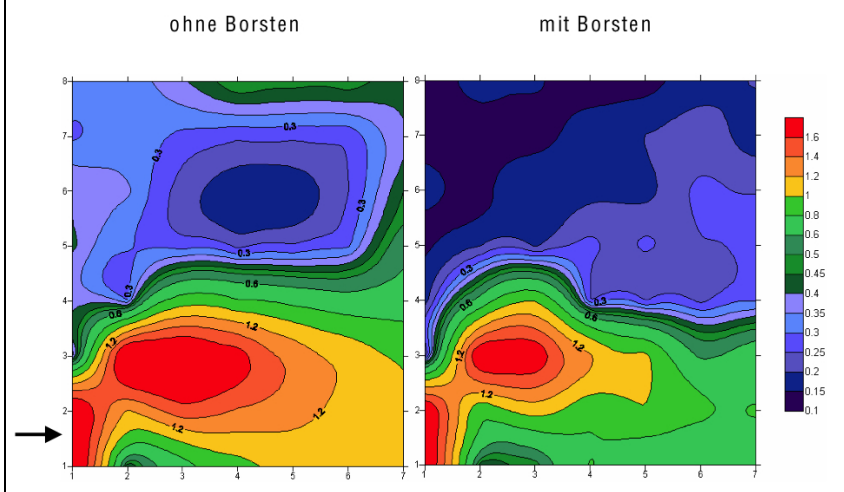


Bild 10: Geschwindigkeitsverteilung in der Ebene 3 (Zahlen-Angaben in m/s)

Verbinding van het Elz-Dreisamsysteem met de Duits-Franse Bovenrijn

- Antwoord van het Regeringspresidium Freiburg, afdeling milieu van 16 april 2009 op de vraag van de Franse delegatie: *Rijnministersconferentie Bonn, BFS-onderzoek en toegang tot Elz-Dreisam: overwegingen van EDF UP EST, 16 maart 2009*
- Vier kaarten
- Een tabel (excel-bestand)

**SG-K(2)09-05-03-
ad hfst.5**



Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
ADELING MILIEU


Regierungspräsidium Freiburg, afdeling 5 · 79083 Freiburg i. Br.

ICBR
t.a.v. mevrouw A. Schulte-Wülwer-Leidig

Koblenz

Freiburg i. Br. 16-04-2009
Naam Ulrike Pfarr
Doorkiesnummer 0761 208-2311
Dossiernummer 53.3 8903.02-1
(bij antwoord vermelden)

per mail

 Verzoek van de Franse delegatie: Rijnministersconferentie Bonn, BFS-onderzoek en toegang tot Elz-Dreisam: overwegingen van EdF UP EST, 16 maart 2009

Bijlagen:

Kaarten (pdf)

Tabel (excel-bestand)

Geachte mevrouw Schulte-Wülwer-Leidig,

Zoals afgesproken tijdens de afgelopen vergadering van de WG B ontvangt u bij dezen commentaar op het bovengenoemde document van EdF. Voor de duidelijkheid zijn de gevraagde verbindingen met de Rijn genummerd (zie pdf-bestand) en opgesomd in de bijgevoegde tabel.

Verbinding van het Elz-Dreisamsysteem met de Duits-Franse Bovenrijn

De aanleg van het Leopoldkanaal in de negentiende eeuw zorgde voor een tweede verbinding tussen het Elz-Dreisamsysteem en de Duits-Franse Bovenrijn. De gemiddelde afvoer (MQ) in de oorspronkelijke waterloop, de zogenaamde Alte Elz, bedraagt sindsdien 7 m³/s, terwijl er in het Leopoldkanaal sprake is van een gemiddelde afvoer van 14,6 m³/s. Bij de bouw van de krachtcentrale Gerstheim werd de natuurlijke monding van de Alte Elz gedempt. Het water van de Alte Elz wordt sedertdien naar het wijd vertakte systeem van de Mühlbach en de Ottenheimer Altrheim geleid.

Door de afsluiting van de monding van de Alte Elz werd het Leopoldkanaal nog belangrijker als route voor de stroomopwaartse trek naar het Elz-Dreisamsysteem. Daarbij komt nog dat er in de Mühlbach en de Alte Elz in totaal acht waterkrachtcentrales zijn aangelegd die de stroomopwaartse migratie belemmeren, terwijl er in het Leopoldkanaal slechts één migratiebarrière te vinden is die in de loop van de komende jaren zal worden verbouwd en ook nu al passeerbaar is voor grote salmoniden.

Het Leopoldkanaal is voor de visecologie en de visserij altijd al een belangrijke waterloop geweest. Tot het midden van de twintigste eeuw was het kanaal de belangrijkste migratieroute voor zalmen die stroomopwaarts naar het Elz-Dreisamsysteem trokken. Aan het begin van de twintigste eeuw was er ook nog sprake van elften die het kanaal opzochten om er te paaien. Volgens een rapport van de toenmalige officiële visserijopziener gebruikten zalmen het Leopoldkanaal zelfs tot 1950 als paaigebied.

Ook nu nog speelt deze waterloop een veel grotere rol in de visecologie dan de omvang van de waterbouwkundige ingrepen doet vermoeden. In het kader van recente controles werden 21 vissoorten aangetroffen, waaronder veeleisende soorten, zoals de vlagzalm en de beekprik. Volgens een actueel expertiserapport over het herintroductiepotentieel van de zeebek in het gebied rond de zuidelijke Duits-Franse Bovenrijn bevat het Leopoldkanaal 3 ha geschikte opgroei-habitat voor deze anadrome soort.

De waterstroming aan de monding die het gevolg is van de opstuwning van water in de meander bij Rhinau vermindert weliswaar de lokstroom voor optrekkende vissen, maar is voor zalmen die terugkeren naar het Elz-Dreisamsysteem van ondergeschikt belang, omdat deze soort haar wateren van herkomst ook herkent op basis van specifieke stoffen in het water (zo niet konden de vissen geen van de zijrivieren van de Rijn met een ongunstige lokstroom aan de monding vinden).

Samengevat kan worden gesteld dat het Leopoldkanaal niet alleen in het verleden, maar ook nu nog veruit de belangrijkste migratieweg naar het Elz-Dreisamsysteem is. De bereikbaarheid van het kanaal is daarom essentieel voor het welslagen van de herintroductie van de zalm in dit gebied. De vispassages die aan de stuwen in de Rijn bij Straatsburg en Gerstheim moeten worden aangelegd om het Leopoldkanaal te

ontsluiten, zijn tevens noodzakelijk om de verder bovenstrooms gelegen Rijntrajecten en de aldaar uitmondende programmawateren te kunnen bereiken.

De afgelopen jaren zijn in het kader van het programma voor de herintroductie van de zalm in het Elz-Dreisamsysteem in totaal zestien vispassages gebouwd. Voor de autoriteiten in de deelstaat Baden-Württemberg heeft het herstel van de passeerbaarheid van deze programmawateren de hoogste prioriteit. De “gemiddelde prioriteit” waarvan sprake is in het trekvisonderzoek dat werd uitgevoerd in opdracht van de ICBR (“SALM-rapport”) is een inschatting van de auteur van dit rapport.

Implementatie van de KRW in het Elz-Dreisamgebied

Het ontwerp van het maatregelenprogramma voor het deel van het werkgebied Bovenrijn in Baden-Württemberg dat op 22 december 2008 is gepubliceerd, voorziet voor het deelwerkgebied Elz-Dreisam in “programmatrajecten” ter verbetering van de hydromorfologie. Op deze trajecten worden maatregelen uitgevoerd om de passeerbaarheid te herstellen, waterecologisch verantwoorde minimumafvoeren te garanderen en de hydromorfologie en de habitateigenschappen te verbeteren. De totale investeringskosten worden geraamd op circa € 25,8 miljoen.

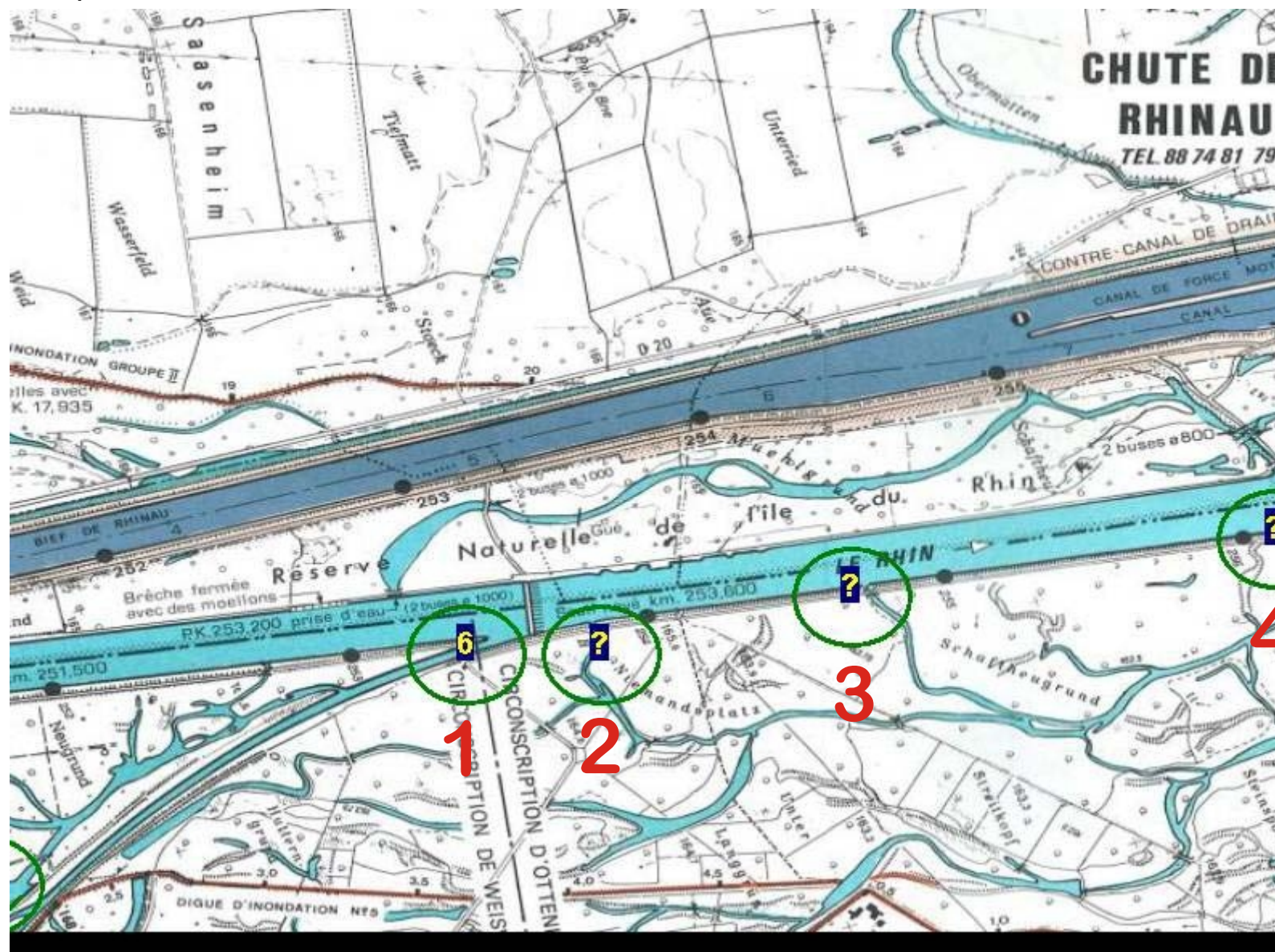
Omdat de bereikbaarheid van het Elz-Dreisamsysteem vanuit de Rijn nog niet is gewaarborgd, is 2021 voorspeld als het jaar waarin de doelstelling wordt gehaald.

Met vriendelijke groeten,

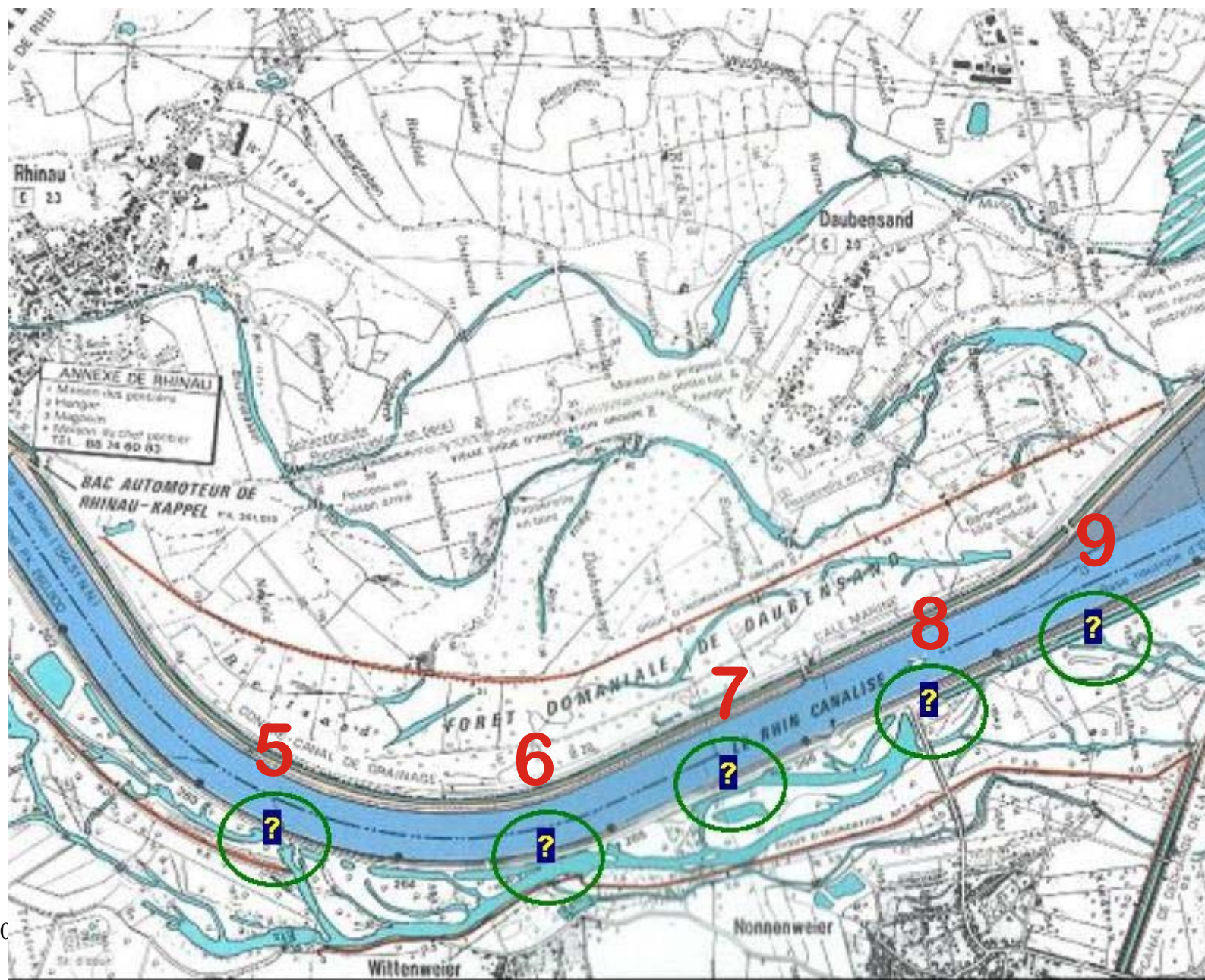


Ulrike Pfarr

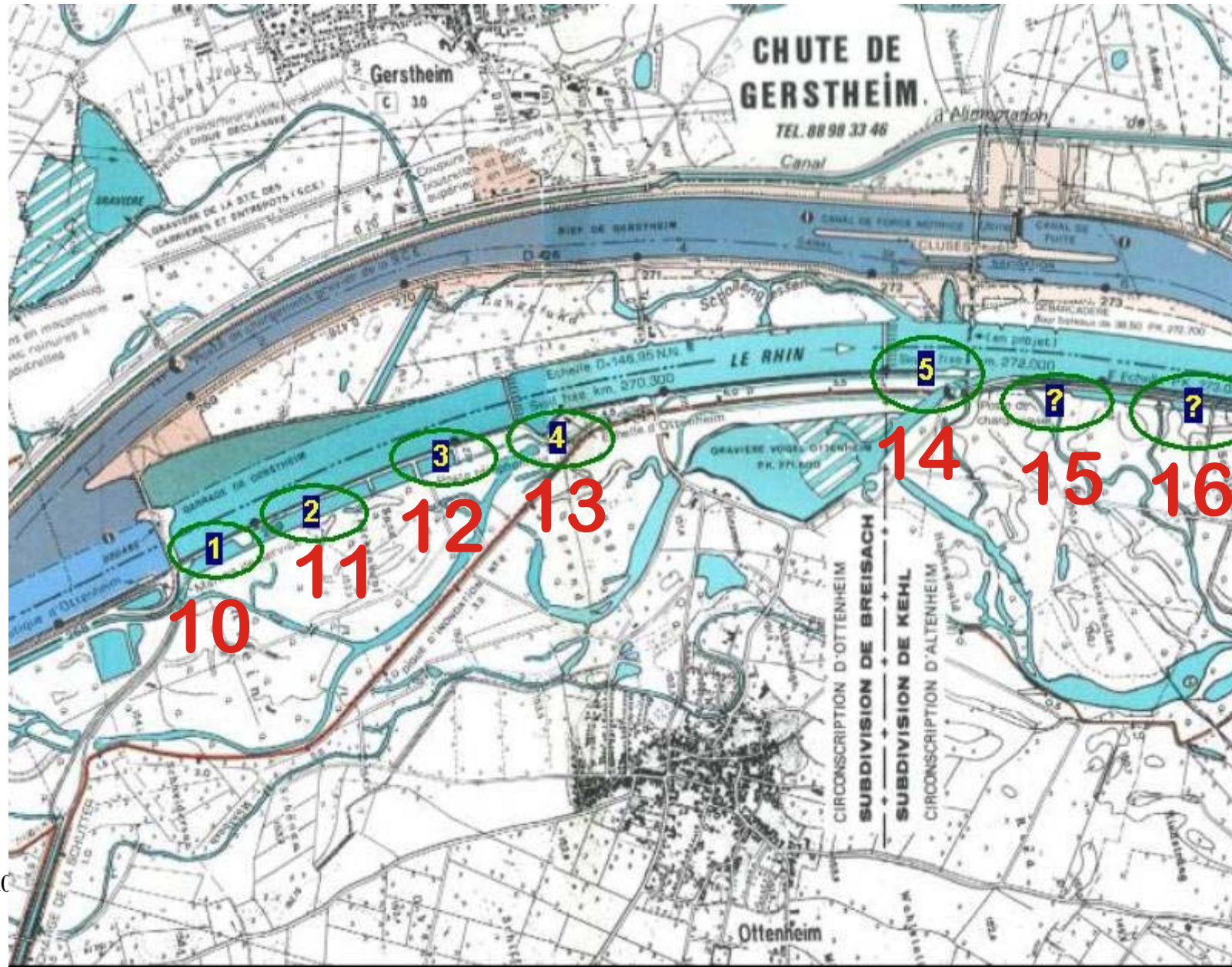
4 : Connexions possibles entre l'Elz et le Rhin : zoom confluence Canal Léopold / Vieux-Rhin (tronçon court-circuité de Rhinau)



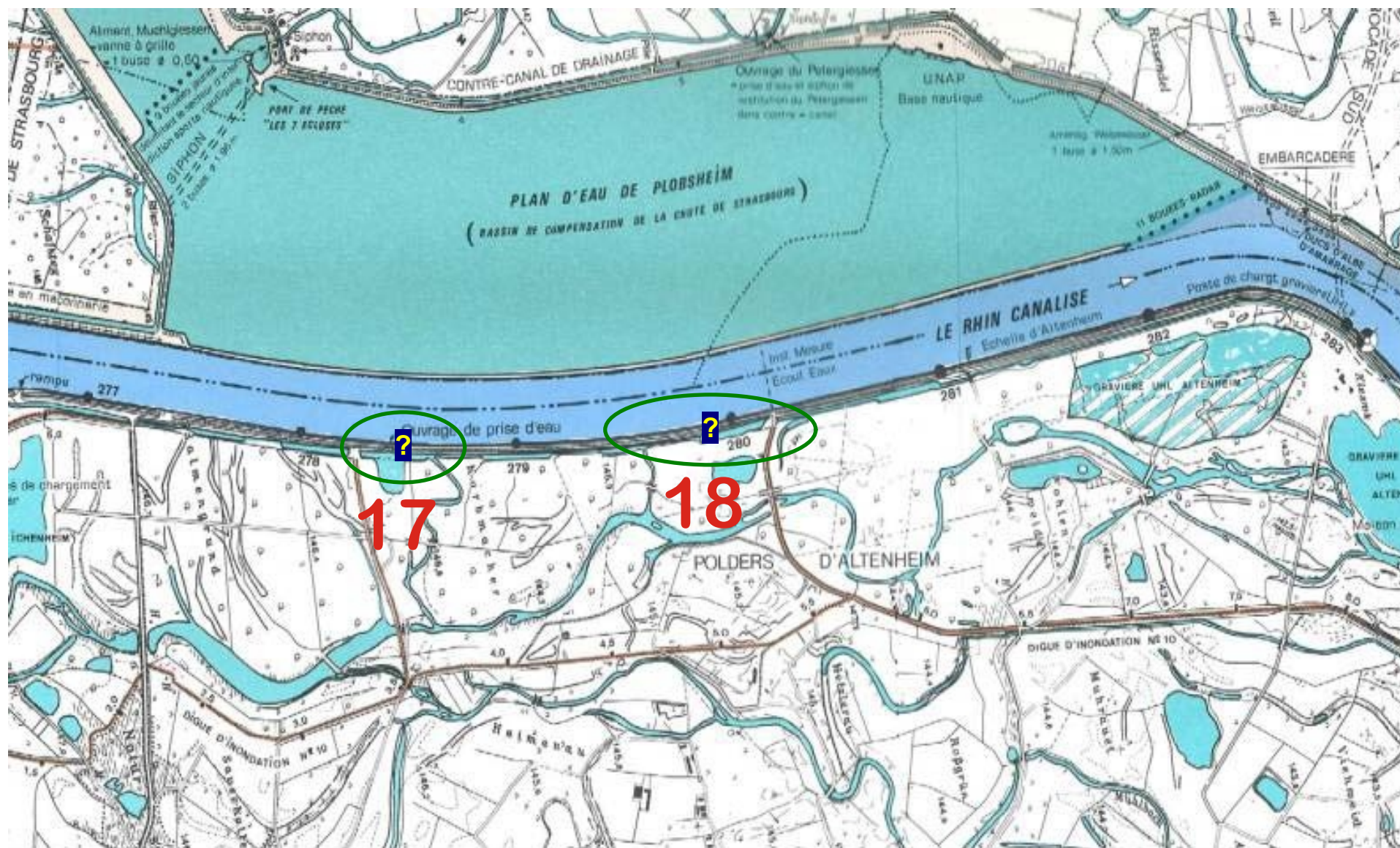
3 : Connexions possibles entre l'Elz et le Rhin : secteur amont barrage de Gerstheim



2 : Connexions possibles entre l'Elz et le Rhin : secteur aménagement de Gerstheim



1 : Connexions possibles entre l'Elz et le Rhin : secteur aval barrage de Gerstheim



N° rouge	N° EDF	Ouvrages					Période			Débit moyen		
		Désignation	N° officiel de l'ouvrage	Type			toujours ouvert	ouvert		m³/s	du	au
				Pas d'ouvrage	Ouvrage de prise	Ouvrage de vidange		du	au			
1	6	Débouché du canal Leopold		X			X			14,60		
2	?		Ouvrage 6.51			X	Ouvrage toujours fermé					
3	?		Ouvrage 0.69	X			Afflux Entenhot en cas de crue du Rhin ; transformation en gué ; redynamisation du Taubergießen 2007					
4	?		Ouvrage 6.62		X		X					
5	?		Pas de connexion avec le Rhin	X								
6	?		Pas de connexion avec le Rhin	X								
7	?		Pas de connexion avec le Rhin	X								
8	?		Pas de connexion avec le Rhin	X								
9	?		Pas de connexion avec le Rhin	X								
10	1	Dispositif de franchissement piscicole	Ouvrage 7,34 - photo page 9			X	X			0,05		
11	2	Débouché CDS - Rhin	Ouvrage 7,15 - photo page 10			X	X			2,00		
12	3	Débouché CDS - Rhin	Ouvrage 7,16 - photo page 11			X	X			4,00		
13	4	Débouché vieux bras - Rhin	Ouvrage 7,31			X	X	Rétention de l'écoulement		3,00		
14	5		Pas de connexion avec le Rhin	X								
14a		Débouché du prolongement CDS dans le Rhin, seuil en béton	L'ouvrage n'a pas de numéro									
15	?		Pas de connexion avec le Rhin	X								
16	?		Pas de connexion avec le Rhin	X								
17	?	Ouvrage de prise du polder Altenheim	8,44		X				en cas de rétention des crues jusqu'à 120 m³/s si Q est > 150 m³/s au barrage agricole de Breisach jusqu'à 57 jours par an voir réglementation dossier vert point 3.6.2.1 apport jusqu'à 80 m³/s			
18	?		Pas de connexion avec le Rhin	X								

CDS = canal de décharge de la Schutter