



Toetsingskader voor waterkrachtcentrales in Nederlandse Rijkswateren¹

Datum 11 november 2014
Status definitief

¹ Dit toetsingskader is gebaseerd op het rapport 'Voorstel voor een toetsingskader voor waterkrachtcentrales (WKC's) in Nederlandse Rijkswateren' (rapportnummer 20130475/03, 20 september 2013), opgesteld in opdracht van Rijkswaterstaat WVL door adviesbureau ATKB. Auteurs: F.T. Vriese, A.D. Buijse, D. Bijstra, H. Bakker, M. van den Berg & A.W. Breukelaar.

Colofon

Uitgegeven door	RWS Water, Verkeer en Leefomgeving
Informatie	M.S. van den Berg
Telefoon	0320-298411
Fax	0320-234300
Uitgevoerd door	M.S. van den Berg, H. Bakker & J. van Kempen
Opmaak	
Datum	11 november 2014
Status	Definitief na verwerking inspraak
Versienummer	1.1

Inhoud

1	Inleiding—10
1.1	Algemeen—10
1.2	Doelstelling van het toetsingskader—10
1.3	Toepassingsbereik—10
2	Beleid, wetten en regelgeving—12
2.1	De Waterwet—12
2.2	Toetsingskader op grond van KRW / BPRW—13
2.3	EU-Aalverordening / Nederlands Aalbeheerplan—15
2.4	Beneluxbeschikking inzake vrije vismigratie—16
2.5	Natuurbeschermingswet—17
2.6	Masterplan Trekvis Maas: buitenlands beleid—18
3	Onderzoek naar schade aan vis door WKC's—19
4	BBT en mogelijkheden voor visbescherming—22
4.1	Algemeen—22
4.2	WKC's in gebruik—22
4.2.1	Stroomafwaartse migratie—22
4.2.2	Stroomopwaartse migratie—25
4.3	Nieuwe installaties—25
4.3.1	Algemeen—25
4.3.2	Stroomafwaartse vismigratie—26
4.3.3	Stroomopwaartse vismigratie—28
5	Migratie en visschadenormen—29
5.1	Algemeen—29
5.2	Zalm—30
5.2.1	Migratie van smolts (deels uit: Vriese, 2012)—30
5.2.2	Visschadenorm voor zalmsmolts—33
5.3	Aal—35
5.3.1	Migratie van schieraal (deels uit Vriese, 2012)—35
5.3.2	Visschadenorm voor schieraal—37
5.4	Overige vissoorten van belang—39
5.4.1	Kenmerken van migratie van overige prioritaire vissoorten—39
5.4.2	Visschadenorm voor overige vissoorten—40
5.5	Toetscriteria en toetsingskader—41
5.6	Uitzonderingssituatie voor experimenteren met nieuwe technieken bij reeds bestaande en in werking zijnde waterkrachtcentrales—42
5.6.1	De noodzaak van experimenten—42
5.6.2	Uitzonderingssituatie—42
6	Toetsingskader WKC'S—44
6.1	BBT beoordeling—44
6.2	Beoordeling van de consequenties voor het aquatisch milieu—44
6.3	Toetsingskader voor zalm (smolts)—48
6.4	Toetsingskader voor schieraal—49
7	Literatuur—50

Bijlage 1. Relatie turbinedebiet en aalsterfte en aangepast turbineregime.

Bijlage 2. Rijkswateren uit het Waterbesluit waar het toetsingskader van toepassing is.

Bijlage 3. Technische aspecten van WKC's in Nederland.

SAMENVATTING

Dit toetsingskader voor waterkrachtcentrales is een voortzetting van het huidige beleid van Rijkswaterstaat. Het toetsingskader stelt dat in gestuwde trajecten van de grote rivieren cumulatief niet meer dan 10% vissterfte (aal en zalm als toetssoorten) op mag treden door waterkrachtcentrales. Indien deze vissterftenorm reeds overschreden wordt door bestaande centrales, kunnen maximaal vijf initiatieven met 'nihil' sterfte ($\leq 0,1\%$) worden toegestaan in de gestuwde trajecten. Voor de overige ecologisch belangrijke waterlopen, zoals bijvoorbeeld de vrijstromende trajecten van de grote rivieren en de waterlichamen nabij de Afsluitdijk en het Haringvliet, geldt een compensatieplicht op de effecten van de genomen maatregelen die vismigratie negatief beïnvloeden. Dit komt overeen met 'nihil' sterfte ofwel $\leq 0,1\%$ sterfte per waterlichaam. Voor de kanalen en andere ecologisch minder belangrijke waterlopen geldt alleen toetsing aan de Beste Beschikbare Technieken, en geldt geen specifieke vissterftenorm.

Voor aal beschrijft het toetsingskader een maximaal toelaatbare schade van 10% bij de waterkrachtcentrales in de riviertrajecten met stuwen. Voor de Maas is dit het traject van Eijsden tot en met Lith en voor de Rijn is dit het gestuwde deel in de Nederrijn-Lek. In deze trajecten wordt niet gecorrigeerd voor populatieverdeling, omdat te veel onzekerheden over de natuurlijke populatieverdeling bestaan. Indien er meerdere waterkrachtcentrales zijn, mogen de sterftepercentages van deze centrales bij elkaar opgeteld niet meer dan 10% bedragen. Bij de berekening of schatting van de sterfte mag worden gecorrigeerd voor het rivierdebiet dat niet door de waterkrachtcentrale gaat. Het kan zijn dat het sterftepercentage afhankelijk is van het debiet door de afzonderlijke turbines van de centrale. Bij de berekening of schatting van de vissterfte wordt daar rekening mee gehouden. Grotere aal is gevoeliger voor sterfte door waterkrachtcentrales dan kleinere aal. Het is van belang om in de berekening of schatting van de aalsterfte uit te gaan van de gemiddelde lengte van de natuurlijk migrerende schieraal op die locatie, die daadwerkelijk door de centrale passeert. Op dit moment is zowel voor de Maas als de Nederrijn-Lek de aalsterfte hoger dan 10% en is de beoogde reductie van het Aalbeheerplan (35% reductie per waterkrachtcentrale) nog niet bereikt.

Voor zalm beschrijft het kader een maximaal toelaatbare schade van 10% bij de centrales in dezelfde riviertrajecten als voor aal. Voor zalm wordt rekening gehouden met de populatieverdeling over de verschillende riviertakken. Voor de Rijn geldt dat de zalm grotendeels via de vrij afstromende Waal naar zee trekt. Sterfte in het traject Nederrijn-Lek mag daarom gecorrigeerd worden met de debietverdeling over de Rijntakken. In de Maas trekt alle zalm door de hoofdstroom en kan dus geen correctie plaatsvinden met de debietverdeling. De berekende of geschatte sterfte mag daarbovenop gecorrigeerd worden voor het rivierdebiet dat niet door de waterkrachtcentrale gaat maar vrij afstroomt of via een stuw gaat. Op dit moment is in de Nederrijn-Lek de zalmsterfte acceptabel ($\leq 10\%$) en zal een nieuwe centrale moeten voldoen aan BBT en aan de cumulatieve norm van 10% vissterfte. In de Maas wordt de sterftenorm voor zalmsmolts nog overschreden en zijn alleen nieuwe waterkrachtcentrales mogelijk met $\leq 0,1\%$ sterfte.

Het toetsingskader wordt niet vooraf toegepast op overige prioritaire vissoorten, tenzij er aanleiding is om te veronderstellen dat dit wel nodig is. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn als voor zalm of aal gedragsgebaseerde visgeleidingssystemen ontworpen zijn, die niet of minder goed werken voor andere vissoorten. Het toetsingskader biedt daarmee voldoende bescherming voor de andere vissoorten. In de vergunning zal worden aangegeven dat de overige vissoorten achteraf getoetst die-

nen te worden aan een norm van 10% per waterkrachtcentrale via een monitoringsplicht. Deze overige prioritaire vissoorten betreffen stroomminnende vissoorten van een gedefinieerde grootte en trekken vooral lokaal. Deze toets is nodig om te voorkomen dat waterlichamen verslechteren of de gewenste ecologische toestand niet bereiken, omdat met name stroomminnende vissoorten bepalend zijn bij het bereiken van de ecologische doelen voor vis.

In het toetsingskader vindt ook een toets plaats aan de beste beschikbare technieken. Op dit moment zijn nog geen visveilige en betaalbare technieken voor grootschalige waterkrachtcentrales beschikbaar. Momenteel vindt succesvolle innovatie plaats en de verwachting is dat hierdoor de definitie van beste beschikbare technieken op korte termijn zal veranderen en verbeteren, ook voor grotere centrales. In het toetsingskader wordt tevens aangegeven welke de randvoorwaarden zijn om nieuwe technieken en installaties te testen.

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Waterkrachtcentrales (hierna: WKC's) veroorzaken in meerdere of mindere mate schade aan vis. Naarmate een groter deel van het rivierdebiet door de WKC gaat, worden meer vissen blootgesteld aan gevaar. Vissoorten, die vanwege hun levenscyclus van zee naar de bovenlopen van de rivieren moeten trekken en vice versa, zijn het meest kwetsbaar omdat deze vaak meerdere WKC's moeten passeren en er dus kans is op cumulatie van schade. Sterfte van vis kan ervoor zorgen dat gestelde doelen binnen de implementatie van de Europese Kaderrichtlijn Water (hierna: KRW) of het Aalbeheerplan niet worden gehaald. Geruime tijd is door Rijkswaterstaat Limburg gewerkt aan een toetsingskader voor WKC's op de Maas. In 2006 is het rapport "Afwegings- en toetsingskader WKC's in de Maas en daaraan verbonden kanalen" (Wijnker et al., 2006) verschenen en tot op heden door Rijkswaterstaat als toetsingskader gehanteerd bij de vergunningverlening. Mede door de toegenomen aandacht voor waterkracht en mogelijk nieuwe initiatieven op dit gebied heeft Rijkswaterstaat (hierna: RWS) het onderhavige landelijke toetsingskader voor WKC's in Nederland in concept vastgesteld. Dit toetsingskader is gebaseerd op het rapport 'Voorstel voor een toetsingskader voor waterkrachtcentrales (WKC's) in Nederlandse Rijkswateren' (rapportnummer 20130475/03, 20 september 2013), opgesteld in opdracht van RWS WV door Adviesbureau ATKB. Auteurs: F.T. Vriese, A.D. Buijse, D. Bijstra, H. Bakker, M. van den Berg & A.W. Breukelaar.

1.2 Doelstelling van het toetsingskader

Dit document geeft een kader voor de beoordeling van de invloed van WKC's op het watersysteem. Dit toetsingskader wordt door het bevoegd gezag gebruikt bij de beslissing op vergunningaanvragen voor deze centrales. Bij de beoordeling van de invloed van de activiteit op het watersysteem, moet eerst een oordeel worden gegeven over de technische invulling van de activiteit (een toets aan de Beste Beschikbare Technieken (BBT)) gevolgd door een oordeel over de effecten van de activiteit op het aquatisch milieu (een toets aan het Beheer- en Ontwikkelplan voor de Rijkswateren (BPRW) ofwel een toets aan de KRW-doelen). Dit toetsingskader geeft de wijze aan waarop dit dient te gebeuren.

1.3 Toepassingsbereik

In dit toetsingskader wordt ingegaan op de beoordeling van de effecten van WKC's in hoofdwaterlopen in beheer bij het Rijk (zie bijlage II op grond van het Waterbesluit) waarvoor een watervergunning noodzakelijk is. Het gaat in het bijzonder om de riviertrajecten waarin zich stuwen bevinden, omdat hier de meeste potentie is voor waterkracht, te weten de Maas van de grens bij Eijsden tot en met de stuw te Lith en de Nederrijn/Lek. Voor deze twee riviertrajecten zijn schema's opgesteld om de toetsing te vereenvoudigen. Het betreft hier ecologisch belangrijke hoofdwaterlopen, zoals vastgesteld in diverse nationale en internationale beleidsstukken (zoals de Beneluxbeschikking inzake vrije vismigratie). Het toetsingskader geeft ook kader aan WKC's in andere rijkswaterlichamen. Deze worden op grond van de Beneluxbeschikking ook gezien als ecologisch belangrijke hoofdwaterlopen of verbindingswaterlopen. De meeste kanalen zijn ecologisch minder belangrijk qua omvang van migratie en qua soorten.

Daarmee is dit toetsingskader voor WKC's van toepassing op vergunningaanvragen voor WKC's in alle rijkswateren, met uitzondering van de wateren als zodanig aan-

geduid in bijlage II bij dit kader. Het ecologische toetskader in het Beheerplan Rijkswateren en BBT wordt bij kanalen overigens wel toegepast.

Het toetsingskader richt zich specifiek op de schade- en sterfteproblematiek van migrerende vis bij passage door WKC's. Andere effecten van nieuwe WKC's op het milieu, zoals peil- en debietfluctuaties, effecten op het zuurstofgehalte, hoogwaterveiligheid etc. komen niet in dit toetsingskader aan de orde, maar in het ecologische toetsingskader in het BPRW. Het toetsingskader is geschikt om voorwaarden te beschrijven in een watervergunning of om de zorgplicht nader te omschrijven, zoals bedoeld in de Waterwet.

2 Beleid, wetten en regelgeving

2.1 De Waterwet

Op 22 december 2009 is de Waterwet in werking getreden. De Waterwet is gericht op alle aspecten van het watersysteem in zijn onderlinge samenhang. Hierbij heeft het watersysteem een brede betekenis, het geheel van oppervlaktewater én grondwater en de bijbehorende waterbodems, oevers, flora en fauna, waterkeringen en technische infrastructuur. Daarmee zijn een aantal wetten vervangen. Voor deze wetten is nu één vergunning noodzakelijk. Deze vergunning wordt op alle kaders en doelstellingen van de Waterwet getoetst.

Van belang voor WKC's is met name artikel 6.5 van de Waterwet waarin is bepaald dat bij algemene maatregel van bestuur bepaald kan worden dat het verboden is zonder vergunning water te onttrekken aan of te brengen in een oppervlaktewaterlichaam.

In een uitspraak van 8 februari 2012 over WKC Borgharen heeft de Raad van State bepaald dat WKC's onder deze vergunningplicht vallen. Bij een WKC wordt een buis/toeleidingskanaal aangelegd waarmee water uit de rivier naar de WKC wordt geleid. Daarmee wordt er water aan de rivier onttrokken. Dat het water, nadat het door de turbines van de WKC is geleid, weer wordt afgevoerd naar de rivier maakt daarbij niet uit, omdat dit er niet aan afdoet dat het enige tijd niet in de rivier beschikbaar is.

Deze vergunningplicht is voor rijkswateren ingevuld in het Waterbesluit en de Waterregeling. Volgens paragraaf 6.7 van het Waterbesluit is het in bij ministeriële regeling te bepalen gevallen verboden om zonder vergunning water te onttrekken aan of te brengen in rijkswateren. De gevallen zijn genoemd in paragraaf 6.5 van de Waterregeling.

Het brengen van water in de rijkswateren is vergunningplichtig indien er meer dan 5.000 m³ water per uur in het rijkswater wordt gebracht en dit samenhangt met een vergunningplichtige lozing op grond van artikel 6.2 van de Waterwet. Indien er meer dan 5.000 m³ water in het oppervlaktewaterlichaam wordt gebracht maar dit niet samenhangt met een vergunningplichtige lozing (bijvoorbeeld omdat die lozing onder het Activiteitenbesluit milieubeheer valt), moet een melding worden gedaan op grond van artikel 6.17 van de Waterregeling.

Het onttrekken van water uit de rijkswateren is vergunningplichtig als er meer dan 100 m³ water per uur wordt onttrokken met een instroomsnelheid van meer dan 0,3 m/s, of als er meer dan 100 m³ per uur wordt onttrokken en het onttrekken samenhangt met een vergunningplichtige lozing. Het onttrekken van meer dan 100 m³ water per uur uit de rijkswateren dat niet samenhangt met een vergunningplichtige lozing en waarvan de instroomsnelheid minder is dan 0,3 m/s, moet gemeld worden.

Het brengen van minder dan 5.000 m³ water per uur in de rijkswateren en het onttrekken van minder dan 100 m³ water uit de rijkswateren is niet vergunningplichtig en hoeft ook niet gemeld te worden. Als er voor het brengen en onttrekken van water geen vergunning is vereist, gelden wel de zorgplicht van artikel 6.18 van het Waterbesluit en de algemene regels van hoofdstuk 6 van de Waterregeling. De zorgplicht houdt in dat bij het onttrekken en brengen van water nadelige gevolgen

voor de ecologische toestand van oppervlaktewaterlichamen en voor het peilbeheer zo veel mogelijk moeten worden voorkomen. Er zijn nog geen algemene regels ter uitwerking van deze zorgplicht vastgesteld.

Zoals gezegd, wordt een vergunning op grond van de Waterwet getoetst op alle doelstellingen van de Waterwet. Deze doelstellingen omvatten mede de eventuele vissterfte veroorzaakt door een WKC.

De Waterwet volgt immers de Wet op de waterhuishouding op en reeds onder deze wet waren ecologische belangen beschermd. Artikel 24 lid 1 van die wet bepaalde dat een vergunning vereist is voor lozingen/onttrekkingen aan het oppervlaktewater. Ingevolge lid 4 konden aan deze vergunning voorschriften worden verbonden ter bescherming van het belang van de waterhuishouding. Naast primair op het menselijk gebruik gerichte belangen als drinkwater, visserij, natuur en landschap, werden in dit verband in de memorie van toelichting ook ecologische belangen genoemd als bij de waterhuishouding betrokken belangen.

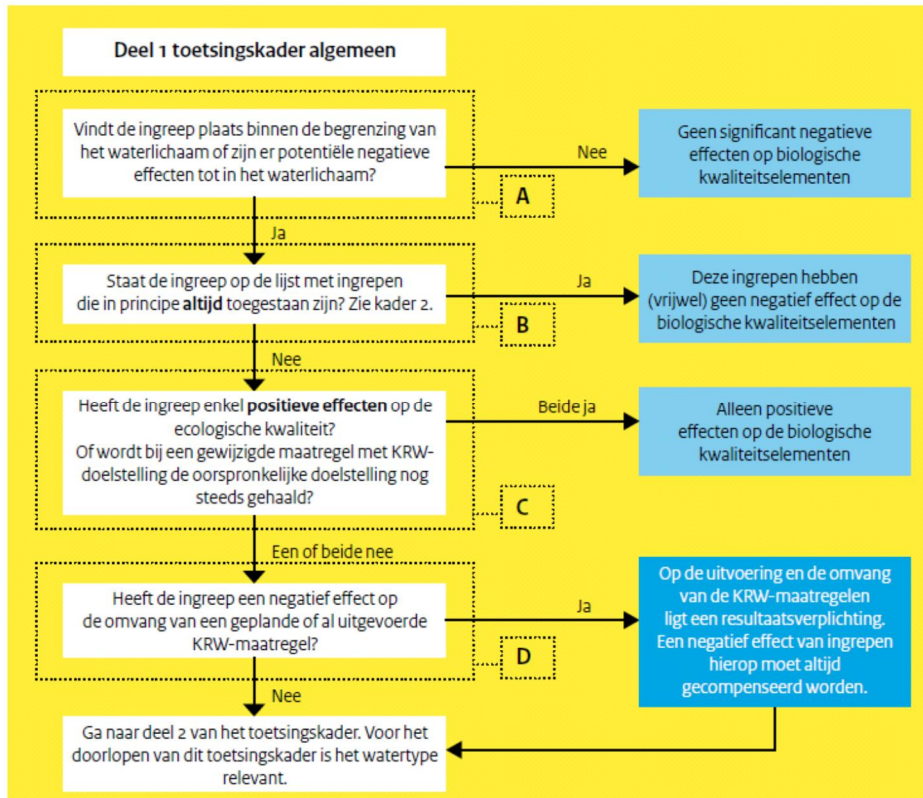
Blijkens artikel 2.1 lid 1 sub b van de Waterwet is ook de Waterwet gericht op de bescherming en verbetering van de chemische en ecologische kwaliteit van watersystemen. Ingevolge de memorie van toelichting bij de Waterwet maakt bescherming van de ecologische kwaliteit dan ook deel uit van het primaire belangenkader voor hoofdstuk 6. Op deze doelstellingen moet de toepassing van de Waterwet dan ook zijn gericht. De memorie van toelichting stelt verder dat hoofdstuk 6 van de Waterwet er op is gericht om de toetsingskaders van de oude wetten te integreren in één reguleringstelsel. Daarmee zou het toetsingskader van de Wet op de waterhuishouding dus ook overgaan in de Waterwet en zijn deze doelstellingen richtinggevend bij de toepassing van de bevoegdheden van de Waterwet.

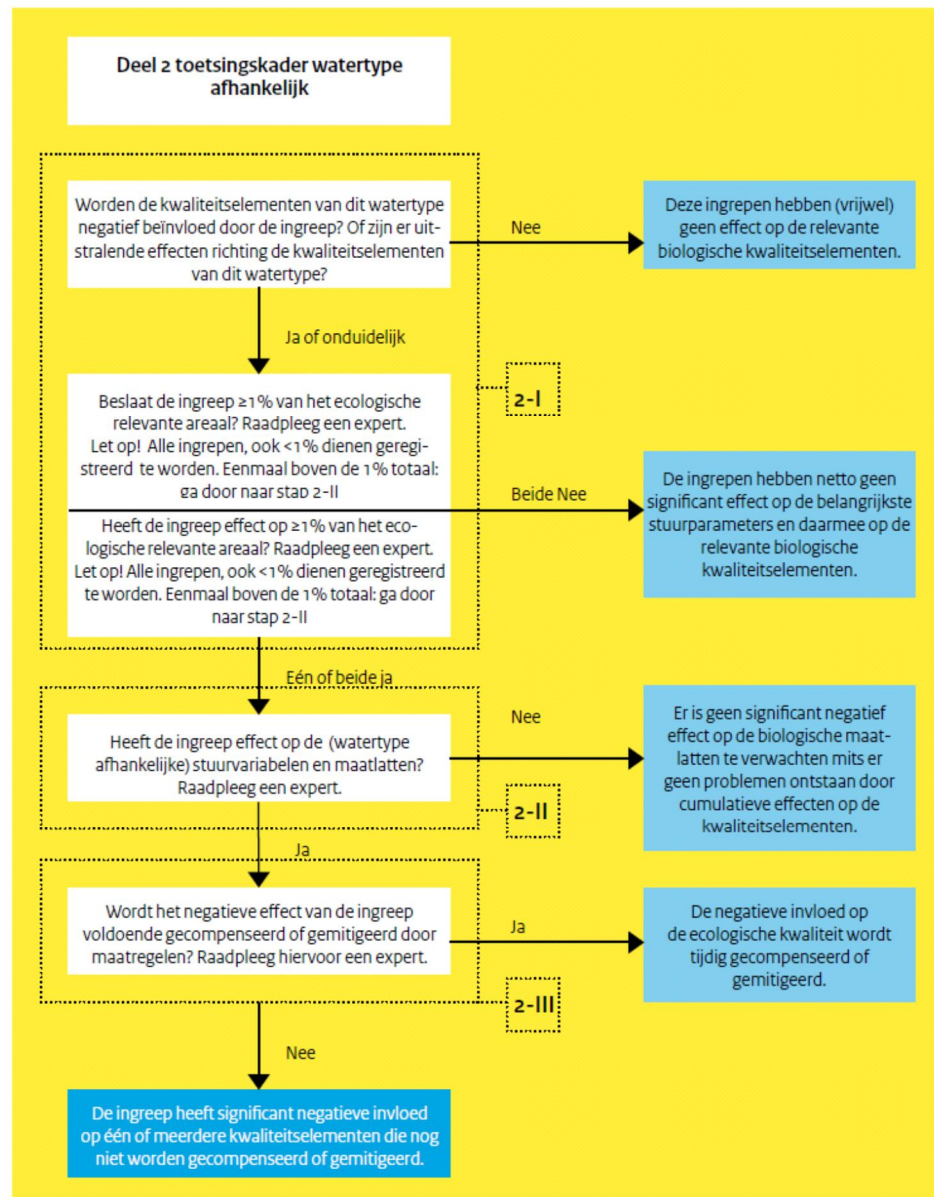
2.2 Toetsingskader op grond van KRW / BPRW

Naast het in dit document beschreven toetsingskader, bestaat er een toetsingskader op basis van de KRW dat is vastgelegd in het BPRW. De milieudoelstellingen van de KRW zijn samen te vatten als: goede toestand van oppervlaktewater en grondwater in het jaar 2015. Deze doelstellingen en de bijbehorende uitzonderingsbepalingen zijn vastgelegd in diverse onderdelen van de KRW en geïmplementeerd in het Nederlands recht. Meer concreet wordt dit gemaakt in het BPRW 2010 – 2015. In de KRW-beoordeling is de (huidige) ecologische toestand van de Bovenmaas als matig beoordeeld, de Grensmaas en de Zandmaas als ontoereikend en de Bedijkte Maas als matig. In alle gevallen is migratie van vis als knelpunt aangemerkt. Dit betekent dat, om de KRW-doelstellingen te realiseren, er hier stappen moeten worden gemaakt om te komen tot een betere ecologische toestand. De ecologische toestand van de Nederrijn/Lek is beoordeeld als matig, waarbij eveneens is aangemerkt dat vismigratie een knelpunt is. Ook hier moet de ecologische toestand worden verbeterd. Er ligt een substantieel maatregelprogramma in het BPRW gericht op verbetering en herstel. Geplande maatregelen onder de term 'verbindingen' betreffen onder meer het aanleggen van vispassages, het herstel van beekmondingen, het verbinden van rijks- en regionaal water, visgeleiding bij bestaande WKC's en het tot stand brengen van de Kier in het Haringvliet. Deze maatregelen moeten er toe leiden dat de ecologische doelstellingen in 2015, en waar nodig met uitstel tot uiterlijk 2027, worden behaald.

Om te voorkomen dat nieuwe lozingen en fysieke ingrepen (zoals het realiseren van WKC's) dit traject belemmeren, is aan het BPRW een 'toetsingskader waterkwaliteit' toegevoegd, waar nieuwe initiatieven aan getoetst worden. De filosofie hierin is dat er basisfuncties en gebruiksfuncties zijn. De functie "Schoon en ecologisch gezond

water” (de ecologische waterkwaliteit) is een basisfunctie. Het opwekken van waterkracht is een gebruiksfunctie, die alleen kan worden toegestaan binnen de randvoorwaarden van de basisfuncties (“ja, mits”). Dit toetsingskader uit het BPRW bestaat uit een algemeen deel (deel 1) en een watertype-afhankelijk deel (deel 2). Hieronder worden beide delen weergegeven (figuren afkomstig uit het BPRW, herziene versie, december 2012).





Het onderhavige toetsingskader voor WKC's borduurt hierop voort en werkt randvoorwaarden uit aangaande vismigratie en de hierbij optredende vissterfte. In enigszins gewijzigde vorm (afhankelijk van de kwantitatieve schadedoelstellingen) zijn beide beslisschema's geïncorporeerd in het onderhavige toetsingskader voor WKC's.

2.3 EU-Aalverordening / Nederlands Aalbeheerplan

Als gevolg van de EU-Aalverordening is het Nederlandse Aalbeheerplan geschreven met daarin de maatregelen die moeten worden genomen om uiteindelijk een uittrek van schieraal te bewerkstelligen die overeen komt met 40% van de oorspronkelijke populatie. Het aalbeheerplan heeft qua vissterfte effect op zowel bestaande als nieuwe WKC's.

Het Aalbeheerplan bevat een aantal maatregelen die getroffen moeten worden om deze doelstelling te bereiken. Daarbij wordt specifiek aandacht geschonken aan sterfte van stroomafwaarts migrerende schieraal bij bestaande WKC's. Deze sterfte moet met ten minste 35% (per WKC) gereduceerd worden (oorspronkelijk per 2009) bij de reeds bestaande centrales te Lith en Amerongen. Tijdens het schrijven van het Aalbeheerplan werd er nog van uitgegaan dat de experimentele voorziening voor stroomafwaartse migratie bij de centrale te Linne een voldoende werking zou hebben en is de 35% reductie in schieraalsterfte alhier niet expliciet benoemd. Er mag echter worden aangenomen dat deze eis ook geldt voor Linne. Berekend is dat hiervan al 25% gerealiseerd is vanaf 2011 en dat nog een opgave van 10% resteert. De reductie in sterfte is bereikt door het implementeren van een visvriendelijk turbineregime (andere verdeling van water over de turbines: meer water per turbine, schoepen wijder open, minder botsingskans) gedurende de periode van schieraalmigratie. De berekeningen zijn verricht door Deltares (Buijse, 2009) op basis van eerder onderzoek naar de relatie tussen turbinedebiet en de omvang van de aalsterfte gerapporteerd in Winter & Jansen (2006). Zowel de relatie tussen turbinedebiet en aalsterfte als ook de effecten van een ander turbineregime zijn weergegeven in bijlage 1.

Als nadere uitwerking van ondermeer de EU-Aalverordening zijn de 30 belangrijkste migratieknelpunten voor aal geïnventariseerd en zijn de belangrijkste migratieroutes van deze soort in beeld gebracht (Buijse *et al.*, 2009). Recent is een nieuwe ranglijst van knelpunten opgesteld voor de stroomafwaartse migratie van schieraal; hierbij staat WKC Lith op plaats 1, WKC Linne op plaats 2 en WKC Amerongen/Maurik op plaats 12 (Winter *et al.*, 2013).

Voor nieuwe WKC's vereist het Aalbeheerplan dat ten minste een migratievoorziening geïnstalleerd wordt. Bovendien moet de realisatie van nieuwe WKC's beoordeeld worden in het licht van de in het Aalbeheerplan opgenomen mortaliteitsreductie. Bij de inschatting van de effecten van de maatregelen bij WKC's is geen rekening gehouden met nieuwe WKC's. Ook gaan deze maatregelen uit van visgeleidingssystemen bij bestaande grote (>10 MW) WKC's. Daarbij geldt dat wanneer blijkt dat niet aan de aannames van het Aalbeheerplan is voldaan, mogelijk strengere maatregelen nodig zijn ter bewerkstelling van de uiteindelijke doelstelling van 40% van de oorspronkelijke uittrek.

2.4 Beneluxbeschikking inzake vrije vismigratie

In de herziene Benelux-beschikking M(2009)¹ zijn de Rijn en Maas benoemd als ecologisch belangrijke waterlopen, waarvoor de migratiemogelijkheden niet mogen verslechteren. Een (nieuwe) WKC kan de mogelijkheden verslechteren en moet dus visveilig zijn of voorzien worden van een goed functionerend visgeleidingssysteem. De beschikking pleit feitelijk voor een oplossing ter plekke van het knelpunt (art. 2 (lid 6)) door niet meer toe te staan dat nieuwe hindernissen zoals stuwen, waterkracht turbines, pompen en gemalen worden opgeworpen zonder dat een oplossing wordt voorzien voor de vrije migratie in zowel stroomopwaartse als stroomafwaartse richting.

Ingevolge de gemeenschappelijke memorie van toelichting bij de beschikking is het niet de bedoeling van deze bepaling te verhinderen dat er in waterlopen nuttige projecten worden gerealiseerd, maar dat er meteen bij het begin van het project voor gezorgd wordt dat er geen nieuwe hindernissen meer worden opgeworpen. Naderhand hoeft dan geen apart kostbaar project meer te worden opgezet om de vrije migratie te herstellen.

Daarnaast heeft de beschikking de lidstaten de verplichting opgelegd om te komen tot een lijst met prioritaire migratieknelpunten die als eerste opgelost moeten worden.

In de Beneluxbeschikking wordt gesteld dat de betrokken overheden een strategische prioriteitenkaart moeten maken waarop de knelpunten zijn weergegeven. De planning om deze knelpunten op te lossen zou als volgt moeten zijn:

- 90 % van de hindernissen van eerste prioriteit voor 31 december 2015, en de rest van deze hindernissen voor 31 december 2021,
- 50 % van de hindernissen van tweede prioriteit voor 31 december 2015, en de rest van deze hindernissen in twee delen van telkens 25%, het eerste deel voor 31 december 2021 en het tweede deel voor 31 december 2027.

Op www.vismigratie.nl is een kaart met migratieknelpunten en oplossingen te vinden. Recent is de achterliggende database nog geactualiseerd (Wanningen et al., 2012). In de uitwerking van de strategische prioriteitenkaart uit de Beneluxbeschikking binnen de KRW is aan rivieren de eerste prioriteit toegekend en aan kanalen een tweede prioriteit (met uitzondering van de verbindingslopen). Hierbinnen zijn een groot aantal knelpunten geprioriteerd, waarvan een aanzienlijk deel al reeds is opgelost (tot en met 2011 in totaal 644). Tot 2027 worden de resterende prioritaire knelpunten voorzien van een oplossing.

2.5 Natuurbeschermingswet

RWS toetst de effecten van de ingreep op het aquatisch milieu (BPRW-toets ofwel toets aan de KRW-doelen), maar is niet het bevoegd gezag voor het verlenen van vergunningen op grond van de Natuurbeschermingswet (Nb-wet). Dat laatste gebeurt door de provincie. De doelstellingen die in beide kaders gelden, zijn dan ook niet hetzelfde. Gesteld kan worden dat een toets aan KRW-doelen algemener is en het doel zich richt op het herstel van visgemeenschappen en migratie van o.a. vissen. De toetsing in het kader van de Nb-wet is voor vissen vooral gericht op bescherming en herstel van individuele soorten (migrerende) vissen.

In het regime van de Nb-wet staan de zogenaamde 'instandhoudingsdoelstellingen' centraal. Deze worden per gebied vastgelegd in het Aanwijzingsbesluit op het moment van de aanwijzing van het gebied. De basis voor de instandhoudingsdoelstellingen vormen landelijke doelen (behoud of verbetering) voor de instandhouding van de betreffende habitattypen en soorten, die zijn geformuleerd in de zogenaamde profieldocumenten. Op grond van artikel 19a van de Nb-wet kunnen in een Natura 2000-gebied maatregelen worden getroffen die noodzakelijk zijn om het natuurschoon of de natuurwetenschappelijke betekenis te herstellen of te behouden. Artikel 19d (vergunningplicht) bevat een verbod om zonder vergunning, of in strijd met aan die vergunning verbonden voorschriften of beperkingen, projecten te realiseren of andere handelingen te verrichten die, gelet op de instandhoudingsdoelstellingen, de kwaliteit van de natuurlijke habitats en de habitats van soorten in een aangewezen Natura 2000-gebied kunnen verslechteren of een verstorend effect kunnen hebben op de soorten waarvoor het gebied is aangewezen (significante gevolgen). In wezen kan gesteld worden dat van geval tot geval vastgesteld moet worden wat significante gevolgen zijn voor de instandhoudingsdoelstelling voor betreffende soorten (Deerenberg *et al.*, 2012). Een heel klein effect kan al geduid worden als significant.

Hoewel de vergunningenregimes voor Waterwet en Nb-wet los van elkaar staan, is er wel een inhoudelijk verband tussen de toetsing aan de KRW-doelen en die aan N2000. De KRW kent namelijk een voorrangsprincipe voor strengere N2000-doelen:

waar voor een bepaalde parameter op grond van N2000 strengere doelen gelden dan op grond van de KRW, gaan deze strengere doelen bij de toetsing op grond van de KRW voor, en nemen ze als het ware de plaats in van de soepeler KRW-doelstellingen. RWS heeft in het ecologische toetsingskader in het BPRW 2009-2015 een nadere uitwerking van dit principe opgenomen. Op hoofdlijnen komt dit neer op het volgende. Bij de toetsing van watervergunningen aan het ecologisch toetsingskader worden strengere N2000-doelen onder de volgende voorwaarden meegenomen:

- Het gaat om doelen voor dezelfde soort of parameter, die dus onderling vergelijkbaar zijn (wel: een lagere vissterftenorm voor zalm; niet: een doel voor zalm en een doel voor aal met elkaar vergelijken);
- Het gaat om doelen die officieel zijn vastgelegd voor de desbetreffende soort of parameter, met andere woorden: ze hebben een juridische basis in een N2000-aanwijzingsbesluit of een natuurbeheerplan voor het desbetreffende gebied.

Op dit moment zijn voor de meeste natuurgebieden nog geen beheerplannen vastgesteld. Voor gebieden waar dit nog niet is gebeurd, moet dus in principe alleen gekeken worden naar het aanwijzingsbesluit om vast te stellen of daar al of niet strengere N2000-doelstellingen in zijn opgenomen die voorrang zouden moeten krijgen op de KRW-doelstelling bij de toetsing van watervergunningen. Na vaststelling van het beheerplan moet ook dat worden meegenomen bij deze stap.

2.6 Masterplan Trekvis Maas: buitenlands beleid

Ook in het buitenland bestaat beleid op het gebied van de bestrijding van vissterfte bij WKC's. Dit beleid heeft geen directe consequenties voor het toetsingskader in Nederland, maar kent wel hetzelfde doel en dezelfde aanpak. Ter illustratie wordt hieronder gewezen op het beleid in Wallonië.

De Waalse overheid heeft voor de Maas, de Ourthe en de Sambre eisen gesteld aan de hoeveelheid water die ongestoord (dus niet via een WKC) kan passeren. Het betreft respectievelijk 10 m³/s, 3-15 m³/s en 3 m³/s. Daarnaast zijn er eisen gesteld aan de toelaatbare sterfte voor aal en andere vissoorten. Per rivier zijn de eisen als volgt. Voor de Maas geldt een maximaal toelaatbare cumulatieve sterfte van 20% voor aal en 10% voor andere vissoorten, voor in totaal 9 nieuwe WKC's in de bovenloop van de Maas (boven Namen). Voor de Ourthe geldt een maximaal toelaatbare sterfte van 2% bij alle WKC's voor alle vissoorten. Voor de Sambre geldt een maximaal toelaatbare cumulatieve sterfte van 20% voor aal en 10% voor andere vissoorten, voor in totaal 6 WKC's. Om hieraan te kunnen voldoen, dienen de beheerders van deze centrales speciale nieuwe technologieën toe te passen, zoals zogeheten "visvriendelijke" turbines en vishellingen (vispassages/bypasses) voor trekvisen.

3 Onderzoek naar schade aan vis door WKC's

Eind jaren '80 zijn de grotere WKC's in Nederland geïnstalleerd op de Maas (Linne en Lith) en op de Nederrijn-Lek (Maurik). Niet lang daarna werd de aandacht voor vismigratie groter en ontstond het besef dat vis beschermd moest worden tegen de effecten van WKC's. Als gevolg hiervan werd de optredende vis schade bij een kleine WKC De Haandrik (100 kW, verticale Kaplan turbine) in de rivier de Overijsselse Vecht onderzocht in 1988 (Hadderingh, 1989). Het bleek dat speciaal schieraal erg gevoelig was; 24% van gepasseerde dieren was zwaar beschadigd of dood.

Vanaf dat moment verschoof de focus naar de grotere installaties op de Maas en dan speciaal de WKC te Linne (die overigens nagenoeg gelijk is aan die bij Lith). In 1990 werd de WKC te Linne voor het eerst bemonsterd door middel van een groot fuiknet dat aan de uitstroomopening werd bevestigd, gedurende 30 bemonsteringsnachten, bij verschillende debieten (30, 50 en 100 m³/s) (Bakker & Gerritsen, 1992a; 1992b). Het bleek dat de schade aan aal afhankelijk was van het debiet door de turbine (meeste schade bij lage debieten) en van de lengte van de aal (hoe groter de aal, hoe kwetsbaarder) met een gemiddelde schade van 13% (range 6 – 23%). De uitgestelde sterfte bleek nog eens 15%. In de jaren daarna is dit onderzoek nog verschillende keren herhaald met enigszins verschillende resultaten. In 1999 bleek de letale schade aan aal 16% (Hadderingh & van Aerssen, 2000), 24% in 2002 (Bruijs *et al.*, 2003), 36 % in 2009 (Kessel & Jeuken, 2010) and 33% in 2011 (in het laatste jaar was de vangst aan aal echter gering en het resultaat minder betrouwbaar) (Kemper & de Bruijn, 2012). In 2002 werd de uitgestelde sterfte ingeschat op 40% van de directe mortaliteit. Overigens lijkt het er op dat de aal-mortaliteit over de jaren heen enigszins toeneemt, mogelijk door de toenemende lengte van de schieraal (bij een teruglopende populatie worden meer en grotere vrouwelijke dieren geproduceerd).

In de eerder genoemde studies is ook gekeken naar het effect op andere vissoorten dan aal. In 1990 was de schade aan vis >10 cm minder dan 10%, waarbij de directe mortaliteit lager dan 5% was. Schade aan (geïntroduceerde) zeeforel smolts was 6% (Hadderingh & Bakker, 1997). Uit de onderzoeken bleek dat mortaliteit soortafhankelijk is, afhankelijk van de lengte van de vis en waarschijnlijk ook afhankelijk van het turbinedebiet (maar dat was door lage schadepercentages niet aantoonbaar). In 2002 was de schade die werd vastgesteld aan de overige vissoorten zelfs nog minder, maar dit werd waarschijnlijk veroorzaakt doordat kleine vis het grootste deel van de vangst uitmaakte (74% van de vangst was kleiner dan 10 cm). Schade aan grotere vis (>10 cm) lag in de range van 0,9-5,1% (soms aanzienlijk hoger, als slechts enkele grote exemplaren van een soort werden gevangen) (Bruijs, 2003a). In later onderzoek werden deze resultaten min of meer bevestigd.

De meeste onderzoeken naar het effect van WKC's op aal richten zich op de omvang van mortaliteit en de aard van de verwondingen bij aal die door de turbines is gepasseerd. Het gehele effect van de opwekking van waterkracht is echter mede afhankelijk van de hoeveelheid aal (en water) die via de stuwen c.q. de vispassages in stroomafwaartse richting passeert. Vanaf 2002 zijn een aanzienlijk aantal onderzoeken gedaan met behulp van NEDAP telemetrie (Breukelaar *et al.*, 1998) aan schieraal en smolts op de Maas. Deze methode werkt met transponders die operatief in de dieren worden aangebracht (in de buikholte) en detectiestations op de rivieren op belangrijke locaties (splittingsen, maar ook bij vistrappen, WKC's etc.). Groepen schieralen en smolts (150 - 200 dieren) zijn uitgezet op verschillende locaties maar

meestal op de grens tussen Nederland en België. De detecties op het systeem worden bijeengebracht en geanalyseerd om de migratieroutes van de vissen vast te stellen evenals het verdwijnen van dieren tussen stations.

Onderzoeken gedaan in 2002 en 2004 (Bruijs *et al.*, 2003; Winter *et al.*, 2007) lieten zien dat van de gemerkte schieralen (2002: N = 121; 2004: N = 105) 31-37% succesvol naar zee weet te migreren. Ongeveer 19-25% werden gevangen door beroepsvisserij, 1-3% door hengelaars en 16-34% stierf als gevolg van passage door de turbines van de WKC's te Linne en Lith. Van ongeveer 10-25% van de dieren kon niet vastgesteld worden waardoor deze uit het experiment verdwenen (waarschijnlijk natuurlijke mortaliteit, verlies van transponders of effecten van 'handling' binnen het experiment). In navolgende studies (Spierts *et al.*, 2009; Vis & Spierts, 2010; Vis *et al.*, 2011; Vis *et al.*, 2012) was het percentage schieraal dat de zee bereikte zelfs nog lager, tussen 0-8,8%. De mortaliteit onder aal die via de turbines passeerde, was altijd aanzienlijk hoger dan de mortaliteit van aal die via de stuwen passeerde (grofweg 2 keer zo hoog). Het lijkt er op dat er een aanzienlijke uitgestelde sterfte onder de aal is als gevolg van turbinepassage. Een en ander wordt duidelijk in de stroomafwaarts gelegen delen van de rivier, waar telkens veel aal verdwijnen. Duidelijk is dat een sleutelfactor bij het ontsnappen naar zee de verdeling van het debiet (en de aal) via de stuwen en de WKC is, met als gevolg aanzienlijk verschillen in optredende mortaliteit.

Onderzoek naar de smoltmigratie met NEDAP telemetrie is gedaan in 2009 en 2010 (ook in 2011 en 2012 maar toen waren de resultaten te onbetrouwbaar door te lage aantallen) (Vis & Vriese, 2009; Vis & Spierts, 2010; Kemper *et al.*, 2010). Ontsnapping naar zee van smolts was 13% in 2009 en 5% in 2010 van de gemerkte individuen (2009: 163 smolts; 2010: 200 smolts). Hoewel de directe mortaliteit als gevolg van het passeren van de WKC's bij Linne en Lith niet zo hoog is (grofweg 2-15%), lijkt er een aanzienlijke uitgestelde mortaliteit te zijn (24% vergeleken met vissen die via de stuw passeren) als gevolg van het passeren van de turbines (Kemper *et al.*, 2010). De smolts die via de stuw passeren, laten een mortaliteit van 8% zien over een afstand van 30 km. Waarschijnlijk is dit het gevolg van toegenomen natuurlijke mortaliteit/predatie veroorzaakt doordat de vis gedesorienteerd is na passage via de stuw.

In 2012 is ook een onderzoek gedaan waarbij smolts direct werden losgelaten voor de WKC Linne en met een vangstconstructie werden opgevangen wanneer deze door de turbines waren gepasseerd (Kemper & De Bruijn, 2012, concept). Van de in totaal 1000 uitgezette smolts zijn 452 individuen teruggevangen achter de WKC en het visgeleidingssysteem. De directe mortaliteit als gevolg van de passage door de turbines is: 6% voor turbine 4 (N=423, aantal gepasseerd door turbine 4); 0% voor turbine 3 (N=11). Daarnaast is de directe schade als gevolg van de passage door de turbines: 2% voor turbine 4 (N=423); 9% voor turbine 3 (N=11). Deze sterftepercentages komen overeen met ander onderzoek in twee Franse rivieren (Larinier, 2008). In dit onderzoek naar sterfte bij 15 Kaplan turbines varieerde de mortaliteit tussen 8% en 20%, afhankelijk van de grootte en het aantal rotaties per minuut.

Vanwege mogelijke plannen om de WKC bij Hagstein (Nederrijn-Lek) weer in gebruik te nemen, is er meer aandacht voor deze rivier gekomen en dan specifiek voor de effecten van de WKC te Maurik op smolts en schieraal. In de periode 2012-2013 is er onderzoek gedaan naar regenboogforellen (voor het onderzoek naar mortaliteit vergelijkbaar met smolts) en schieraal die vlak voor de centrale werden losgelaten en vervolgens achter de turbine werden opgevangen middels een fuikconstructie (Rutjes, 2013). Onderzocht zijn de effecten van de turbine op vis met 2 verschillen-

de debieten (50 en 100 m³/s). Van de 450 regenboogforellen die bij een debiet van 50 m³/s zijn doorgevoerd, zijn 407 individuen teruggevangen. De mortaliteit voor deze groep bedroeg 9,8% (directe mortaliteit en sterfte na 144 uur). Van de 450 doorgevoerde forellen bij een debiet van 100 m³/s, zijn 424 individuen teruggevangen. De mortaliteit voor deze groep bedroeg 4,2% (directe mortaliteit en sterfte na 144 uur). Het verschil tussen de mortaliteitscijfers bij verschillende debieten bleek significant; er is dus meer sterfte onder de gepasseerde vis bij lagere debieten. Ook de effecten op schieraal zijn onderzocht bij debieten van 50 en 100 m³/s. Bij elk debiet werden 100 schieralen uitgezet. Van de 100 doorgevoerde schieralen bij een debiet van 50 m³/s zijn 68 individuen teruggevangen. De overige 32 vissen zijn vrijwel zeker ontsnapt aan de stroming (ca. 0,5 m/s). De mortaliteit voor deze groep bedroeg 22% (directe mortaliteit en sterfte na 144 uur). Van de 100 doorgevoerde schieralen bij een debiet van 100 m³/s zijn 92 individuen teruggevangen (ca. 1 m/s). De mortaliteit voor deze groep bedroeg 7% (directe mortaliteit en sterfte na 144 uur). Ook hier bleek het verschil in mortaliteit tussen beide groepen (debieten) significant.

Bij de WKC Maurik is ook telemetrisch onderzoek (middels het NEDAP systeem) aan smolts en schieraal uitgevoerd. Het smoltonderzoek liet het volgende beeld zien. Tussen de uitzetlocatie (5 km stroomopwaarts van Maurik) en zee zijn de gezenderde smolts op 5 detectiestations geregistreerd. Van de in totaal 168 gemerkte en in de Nederrijn-Lek uitgezette smolts zijn er 41 (24%) geregistreerd na het passeren van de WKC. Op basis van de registraties op station 3 en 4 kon worden afgeleid dat twee vissen via de schutsluizen zijn gegaan. In de migratieperiode was de stuw gesloten en zijn er geen vissen via de vispassage gepasseerd. Van de gezenderde smolts heeft geen enkele vis de Noordzee bereikt. Voor schieraal leverde het onderzoek de volgende resultaten. Van de in totaal 200 gemerkte en uitgezette schieralen passeerden 88 individuen het stuwcomplex van Maurik. Eén procent (1 vis) van de vissen passeerde via de vispassage, 63% (55) door de WKC en minimaal 36% door de stuw of schutsluis. Slechts 3 schieralen wisten de Noordzee te bereiken (Rutjes, 2013).

De verkregen schadepercentages in bovengenoemd onderzoek zijn gebruikt om de schade aan smolts en aal af te leiden op populatieniveau. Hierbij is gekeken naar de debietverdeling over de kunstwerken (stuwen, vispassage, WKC) in de migratieperiode en aangenomen dat de verdeling van de stroomafwaarts migrerende vis navenant is (een deel van de vis wordt dus niet blootgesteld aan de negatieve effecten van de WKC, wat het schadepercentage op populatieniveau vermindert). Andere factoren die van invloed zijn op de optredende schade zijn het debiet dat door de turbine gaat (voor smolts en aal) en de lengte van de vis (vooralsnog alleen aangetoond voor aal). De verkregen schadepercentages bij de verschillende debieten in het onderzoek zijn middels een logaritmische vergelijking geëxtrapoleerd naar andere lagere debieten. Voor een complete weergave van de methodiek en de gehanteerde uitgangspunten wordt hier verwezen naar Rutjes (2013). Op deze wijze komt een minimum- en een maximumschatting van de mortaliteit op populatieniveau tot stand voor beide soorten. Voor zalmsmolts zijn deze respectievelijk 4,3% en 5,3% voor de Nederrijn-Lek. Wanneer deze gecorrigeerd worden voor de debietverdeling over de verschillende Rijntakken levert dit een mortaliteit op van 0,9% (5,3% x 0,17). Voor schieraal zijn deze respectievelijk 12% en 15%. Aan de hand hiervan wordt geconcludeerd dat de aalsterfte op de Nederrijn-Lek de norm op dit moment reeds overschrijdt.

4 BBT en mogelijkheden voor visbescherming

4.1 Algemeen

Voor WKC's dient een BBT-beoordeling te worden uitgevoerd (een toets aan de Beste Beschikbare Technieken), waar het gaat om het vermijden van negatieve effecten op het milieu. Artikel 1.1 lid 1 Wet algemene bepalingen omgevingsrecht geeft een definitie voor BBT (zie kader hieronder).

"Beste Beschikbare Technieken: voor het bereiken van een hoog niveau van bescherming van het milieu meest doeltreffende technieken om de emissies en andere nadelige gevolgen voor het milieu, die een inrichting kan veroorzaken, te voorkomen of, indien dat niet mogelijk is, zoveel mogelijk te beperken, die - kosten en baten in aanmerking genomen - economisch en technisch haalbaar in de bedrijfstak waartoe de inrichting behoort, kunnen worden toegepast, en die voor degene die de inrichting drijft, redelijkerwijs in Nederland of daarbuiten te verkrijgen zijn; daarbij wordt onder technieken mede begrepen het ontwerp van de inrichting, de wijze waarop zij wordt gebouwd en onderhouden, alsmede de wijze van bedrijfsvoering en de wijze waarop de inrichting buiten gebruik wordt gesteld."

Momenteel zijn er geen algemene BBT beschreven voor WKC's met betrekking tot vis, deze dienen per locatie te worden bepaald (Bruijs, 2004). Hierbij moet worden bedacht dat in principe veel maatregelen mogelijk zijn om tot bescherming van vis te komen. Belangrijk is echter dat deze niet tot onredelijke extra kosten gaan leiden. Het betreft dus investeringen die redelijkerwijs van bedrijven in de sector mogen worden verwacht. Bij een afweging over wat redelijk is spelen ondermeer de volgende aspecten een rol (Bruijs, 2004):

- kosteneffectiviteit (kosten in relatie tot de beoogde emissiereductie, met inbegrip van de investerings- en operationele kosten);
- bedrijfszekerheid en technische beschikbaarheid, storingsgevoeligheid;
- technische afschrijvingsduur van de voorziening;
- energieverbruik;
- verschuiving van milieuproblematiek naar andere vissoorten en/of milieucompartimenten;
- ruimtebeslag, vooral bij bestaande situaties;
- vereisten in wet- en regelgeving.

Onderhavig hoofdstuk gaat in op welke technieken beschikbaar zijn, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen bestaande WKC's die in gebruik zijn en nieuwe, nog te realiseren installaties. Voor grote in gebruik zijnde installaties zijn wel technieken onderzocht, maar is op dit moment nog geen techniek beschikbaar die kan voldoen aan de dit toetsingskader geformuleerde criteria.

4.2 WKC's in gebruik

4.2.1 *Stroomafwaartse migratie*

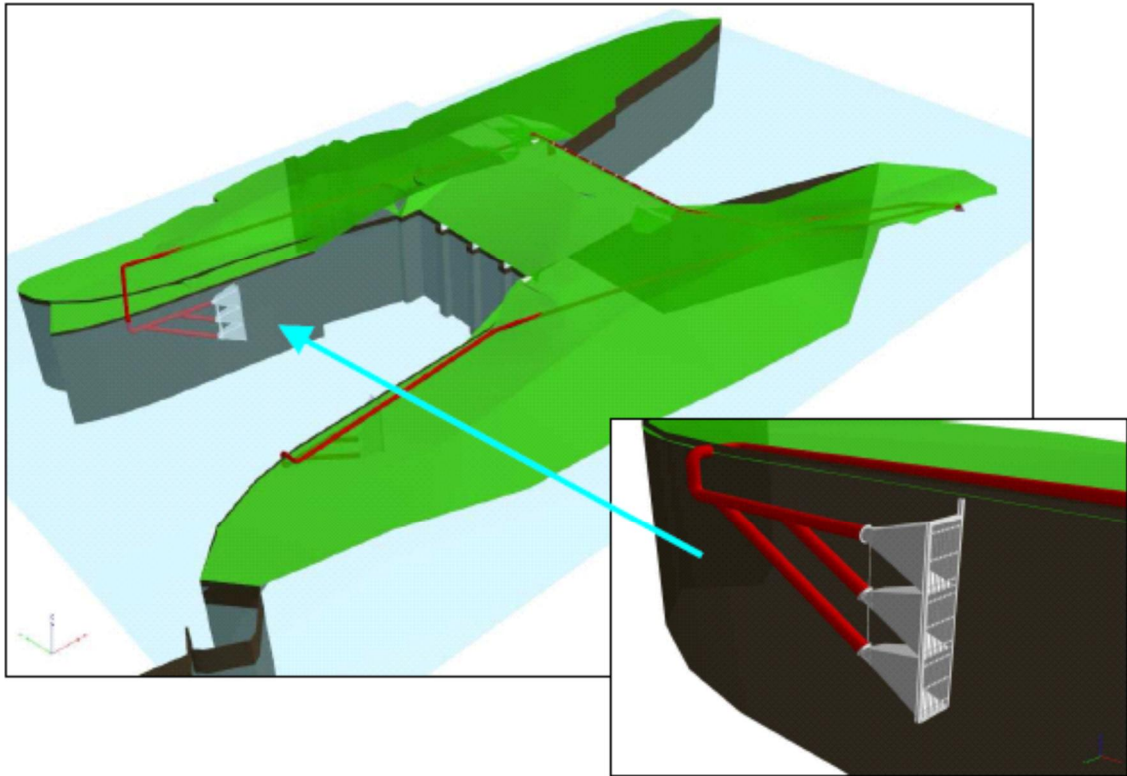
Naar aanleiding van de motie van Van der Vlies waarin de 2e kamer aandringt op visbeschermende maatregelen bij bestaande WKC's hebben LNV en RWS in 2004 een studie laten uitvoeren door KEMA: "Effectiviteit visgeleidingssystemen bij de bestaande WKC's Linne en Alphen" (Bruijs, 2004). Hierin worden de mogelijkheden tot het realiseren van visgeleiding bij genoemde centrales beschreven, wordt een

inschatting gegeven van de effectiviteit en wordt, middels een uitgebreide analyse, beoordeeld welke visgeleidingssystemen gezien kunnen worden als BBT. Geconcludeerd wordt dat de volgende systemen als beste beschikbare technieken aan te merken zijn (Bruijs, 2004):

- Visgeleiding door middel van een combinatie van licht en geluid;
- Migromat;
- Grofvuilrooster;
- Aangepast grofrooster.

Voor een uitgebreide beschrijving van genoemde systemen alsmede een kostenoverzicht wordt verwezen naar Bruijs (2004). Genoemde systemen zijn echter nooit gerealiseerd, enerzijds omdat er te veel twijfel was over de effectiviteit en anderzijds vanwege de hoge investeringskosten en te grote effecten op de bedrijfsvoering. Overigens geldt dit niet voor de Migromat. De kosten van dit systeem zijn niet bijzonder hoog en de werking ervan is onderzocht voor de Maas (Bruijs et al., 2003). Problematisch is echter dat dit systeem alleen geschikt is om de migratie van aal te voorspellen en dus niet werkt voor andere soorten. Tijdens pieken in de aalmigratie dient de centrale stilgelegd te worden. In ander onderzoek is overigens aangetoond dat de werking van de Migromat niet altijd betrouwbaar is (Baran & Basilico, 2011).

Vanaf de jaren '90 zijn diverse studies verricht naar de mogelijkheden van visbescherming bij WKC's. Hoewel verschillende systemen toepasbaar bleken bij Linne en Lith (Bruijs, 2004) zijn deze nooit geïnstalleerd vanwege zeer hoge kosten en onzekerheid over de werking ervan in de gegeven situatie bij Linne en Lith. Genoemde systemen werden wel als BBT beschouwd. Uiteindelijk kwam FishFlow Innovations met een oplossing die economisch haalbaar leek en zou kunnen werken. Dit systeem bestond uit 2 hevelbuizen over het complex heen, waarvan de inzwemopeningen aan de oever speciaal waren ontworpen (zie figuur 1). Het idee hierachter was dat vissen zouden schrikken van de turbines en dan terug zouden zwemmen langs de oever in stroomopwaartse richting. Om de afschrikking te bevorderen kon het systeem gecompleteerd worden met een lichtscherm met stroboscopische lichten.



Figuur 1. Visbeschermingssysteem van FishFlow Innovations te Linne

Onderzoek heeft aangetoond dat het systeem (zonder en met lichtscherm) niet werkte. In geen enkel geval was de geleiding van vis groter dan 1% (Kessel & Jeuken, 2010; Spierts & Vis, 2012; Kemper & De Bruijn, 2012).

Op 23-25 april 2013 is er een internationale workshop Fish Protection at Hydropower Stations in the River Meuse, the Netherlands geweest, georganiseerd in opdracht van Rijkswaterstaat, Nuon en Essent. De bedoeling van deze workshop was vast te stellen of er nieuwe ontwikkelingen waren die visbescherming bij bestaande WKC's mogelijk zou maken. Een (inter)nationale groep van deskundigen en betrokkenen hebben tijdens deze workshop mechanische en gedragsgebaseerde visbeschermingssystemen alsook nieuwe turbine typen tegen het licht gehouden en beoordeeld op haalbaarheid, effectiviteit en kosten. Momenteel wordt gewerkt aan een 'white paper' over deze materie (Bruijs & Vriese, in prep.). De uitkomst van de discussie op de laatste dag was dat de groep deskundigen van mening was dat nieuwe turbintetechnieken (en dan specifiek de Pentair Fairbanks Nijhuis / FishFlow Innovations visvriendelijke turbine) de beste perspectieven bieden om de visschadeproblematiek op te lossen. Op de 2e plaats kwam het SILAS-BAFF systeem (een combinatie van geluid, licht en bellengordijn), daarna roostersystemen, op de vierde plaats Early warning systems (o.a. Migromat voor aal) en op de laatste plaats het vangen en transporteren van vis (Trap and Transport). De investeringskosten voor het SILAS-BAFF systeem werden geschat op 6 miljoen euro, de kosten voor roostersystemen werden geschat op 10-20 miljoen euro. Het realiseren van één visvriendelijke turbine voor de locatie Linne werd geschat op 3-4 miljoen euro. Deze laatste optie kreeg ondermeer de voorkeur omdat (behalve de aanpassingen voor de nieuwe turbine) er geen grootschalige systemen met noodzakelijk onderhoud en een mogelijk effect op de bedrijfsvoering nodig zijn (bronaanpak). Omdat echter nog

niet volledig bewezen is (zie bijlage 3) dat het nieuwe turbine type ook visvriendelijk is voor salmoniden smolts en overige vissoorten, moet de conclusie zijn dat er voor de bestaande WKC's op de Maas in Nederland momenteel geen techniek voorhanden is die kan voldoen aan de in dit kader gestelde criteria voor vissterfte. Het verdient echter wel de aanbeveling om tot een test met de nieuwe turbine op de locatie Linne te komen, omdat hiermee de huidige impasse zou kunnen worden opgelost.

4.2.2 *Stroomopwaartse migratie*

Alle bestaande WKC's in Nederland zijn momenteel voorzien van een vispassage voor de stroomopwaartse migratie van vis. De vispassages zijn in de loop der jaren onderzocht en blijken redelijk goed te werken, in termen van de hoeveelheid vis die er doorheen trekt. Onduidelijk is echter nog wel hoe efficiënt de gerealiseerde visstrappen zijn, in de zin van of alle vis die wil migreren, de vistrap ook daadwerkelijk kan vinden. Een optimalisatieslag valt te maken als het gaat om de ligging en configuratie van de uitstroomopeningen. Daarnaast zou kunnen worden bezien of het wenselijk is te komen tot vispassages aan beide oevers. Momenteel liggen de vispassages aan de oeverzijde van de WKC's. Als de WKC buiten werking is, gaat het debiet via de stuwen en ligt de lokstroom meer aan de andere zijde van de rivier en is de kans dat de vispassage ontdekt wordt, kleiner.

4.3 **Nieuwe installaties**

4.3.1 *Algemeen*

Bij WKC's moet onderscheid worden gemaakt tussen centrales die voor het merendeel van het jaar nagenoeg het totale rivierdebiet door de turbines laten gaan en (kleinere) centrales / installaties waarbij slechts een beperkt deel van debiet van de waterloop wordt aangewend voor energieopwekking. De omvang van de waterstroom die wordt gebruikt voor energieopwekking is van invloed op het haalbare maatregelenpakket om vissterfte bij migratie te voorkomen. Hierbij moet bedacht worden dat obligate migranten zoals salmonidensmolts en schieraal van nature het grootste debiet volgen om hun stroomafwaartse migratie te vergemakkelijken (Vriese, 2012). Hoe kleiner het debiet is dat wordt gebruikt voor visgeleiding of passage van vis via bypasses, hoe minder vis geneigd is die route te kiezen, omdat het induist tegen het natuurlijke gedrag. Dit is tevens de reden waarom gedragsgebaseerde visgeleidingssystemen over het algemeen slechte resultaten laten zien in situaties waarin slechts een klein debiet overblijft. Daarnaast is het toepassen van visgeleidings-systemen (van welk type dan ook) bij grote debieten buitengewoon lastig omdat dit grote en kostbare installaties met zich meebrengt. In Bruijs (2004) maar ook in de eerder genoemde workshop is aangegeven dat voor de situatie zoals bij Linne en Lith roostersystemen van vele honderden meters lengte noodzakelijk zijn (mede in verband met de gewenste lage aanstroomsnelheid) om tot een goede visbescherming te komen. Investerings in zulke grote systemen staan niet in verhouding tot de opbrengstmogelijkheden voor waterkracht in Nederland. Bij kleinschaliger systemen ligt deze verhouding naar verwachting een stuk gunstiger. Kleine installaties hebben als bijkomend voordeel dat zij slechts impact hebben op het relatief geringe debiet dat ook daadwerkelijk wordt benut; uitgaande van een evenredige verdeling van de stroomafwaarts migrerende vis over het debiet. In werkelijkheid is de situatie mogelijk nog gunstiger. Onderzoek (Larinier & Croze, 1999) wijst uit dat in een situatie dat 70% van het debiet via de stuw gaat, praktisch 100% van de stroomafwaarts migrerende zalm-smolts dit debiet benutten om benedenstrooms te geraken. Daarnaast geldt ook nog dat verhoudingsgewijs kleinere installaties gunstiger presteren omdat deze langer dan wel continu kunnen draaien. Voor kleine installaties kunnen roostersystemen met een geringe afstand tussen de spijlen als BBT worden beschouwd. Zie hiervoor Hydropower Good Practice Guide-

lines (2012) van het Engelse Environment Agency (Screening for intake and out-falls: A best practice guide).

4.3.2 *Stroomafwaartse vismigratie*

Bij de beoordeling of een nieuwe installatie ter opwekking van waterkracht BBT is, dient in essentie te worden voldaan aan de maximale mogelijkheden voor visbescherming bij stroomafwaartse vismigratie. Deze mogelijkheden zijn in principe locatie- en installatiegebonden, waardoor het moeilijk is om weer te geven waaraan deze specifiek moeten voldoen. Momenteel zijn nog geen technieken beschikbaar die kunnen voldoen aan de in dit toetsingskader genoemde criteria voor vissterfte. Het is niet uit te sluiten dat de eerder genoemde Pentair Fairbanks Nijhuis / Fish-Flow Innovations visvriendelijke turbine in de nabije toekomst wel aantoonbaar daar aan kan voldoen op de Maas (voor de Nederrijn-Lek voldoet deze turbine in principe al aan de criteria in dit toetsingskader, omdat hier de situatie voor salmoniden anders is). Daarnaast zijn er ook zondermeer initiatieven die berusten op innovatieve technieken waarvoor geldt dat deze vanwege hun aard (zeer waarschijnlijk) geen schade toebrengen aan vis. Aspecten die hierbij een rol spelen zijn: rotatiesnelheid (hoe lager, hoe visveiliger), drukverschillen (hoe geringer, hoe visveiliger), aanstroomsnelheid (hoe lager, hoe visveiliger), geen scherpe randen of hoeken (gladde afwerking), open constructie met weinig kans op beklemming. Voorbeelden hiervan zijn de submarine centrale, het VIVACE systeem, de Hydroring of de Oryon Watermill.

Voor andere initiatieven spelen de volgende aspecten een rol bij de BBT-beoordeling:

1. Type turbine dat wordt gebruikt en de mate van vis schade die deze veroorzaakt;
2. Het debiet dat wordt benut voor energieopwekking in verhouding tot het debiet dat ongestoord kan passeren (% turbine debiet t.o.v. totale debiet waterloop);
3. De visbeschermende maatregelen en hun effectiviteit.

In tabel 1, als hypothetisch voorbeeld, is een beperkt overzicht gegeven van verschillende technieken en bijbehorende effecten met betrekking tot vissterfte. Hierbij is onderscheid gemaakt in type installatie, omvang van de installatie en de aard van vissterfte beperkende maatregelen. Door de effecten voor het aquatische milieu, in dit geval uitgedrukt in termen van vissterfte, van een activiteit weer te geven als het effect/MW wordt de omvang van een installatie hierin meegenomen. Hierdoor kunnen de milieuprestaties van installaties van verschillende omvang op een 'eerlijke' manier met elkaar worden vergeleken.

Tabel 1. Voorbeeld van vissterftes (aal en smolts) afhankelijk van systeemkeuze en capaciteit

Type installatie	capaciteit [Mwe]	stroom via stuw [%]	visge- leiding- systeem	afleidings- percen- tage [%]	sterfte zonder aanvullende maatregelen [%]	rooster	rooster- afstand [mm]	vissterfte [%]	[vissterfte/Mwe]
Effecten gerelateerd aan zalmachtigen (smolts)									
conventioneel kaplan	11	0-25	?	?	6,5-8,7	--	--	6,2-8,7	0,56-0,79
conventioneel kaplan + goed funct. Visgeleidingsysteem	11	0-25	ja	60	6,5-8,7	--	--	2,6-3,5	0,24-0,32
Minimal gap (kaplan) turbine + goed funct. Visgeleidingsysteem (rooster) belangrijk deel van de stroom over de stuw	8	50-60	ja	80-95 ⁵⁾	0,6-4,3 ⁶⁾	ja	25	0,03-0,9	0,0038-0,11
kleine installaties									
liggende kaplan + goed funct. Visgeleidingsysteem (rooster) belangrijk deel van de stroom over de stuw	1,23	91-99,4	ja	95 ¹⁾	0,009-0,14	ja	15	0,00045-0,007	0,00036-0,0054⁴⁾
Effecten gerelateerd aan aal									
conventioneel kaplan	11	0-25	?	?	13-18	--	--	13-18	1,18-1,63
conventioneel kaplan + goed funct. Visgeleidingsysteem	11	0-25	ja	60	13-18	--	--	5,2-7	0,47-0,64
Minimal Gap (kaplan) turbine + goed funct. Visgeleidingsysteem (rooster) belangrijk deel van de stroom over de stuw	8	50-60	ja	96 ⁷⁾	7,2-9 ³⁾	ja	25	0,28-0,36	0,035-0,045
kleine installaties									
liggende kaplan + goed funct. Visgeleidingsysteem (rooster) belangrijk deel van de stroom over de stuw	1,23	91-99,4	ja	100 ²⁾	0-1,6 ³⁾	ja	15	nihil	nihil

¹⁾ In het afleidingspercentage is de opdeling van vis in categorieën van vis > 15 cm (en uit fysieke redenen dus niet door het rooster kan) en overige vis is hierin nog niet verdisconteerd.

Dit leidt mogelijk tot een onderschatting van het afleidingsrendement!.

²⁾ In het afleidingspercentage is er vanuitgegaan dat aal het rooster NIET kan passeren (onderzoek leert dat lengte van aal tijdens trek > 30 cm is, hetgeen resulteert in een dikte > 1,5 cm)

³⁾ hierin de mate van passeerbaarheid voor aal verdisconteerd.

⁴⁾ de in de tabel opgegeven data zijn ontleend aan literatuurgegevens en nog niet gevalideerd met 'on-site' testen

⁵⁾ In de literatuur zijn voor installaties met een rooster met een spijlfstand in de praktijk waarden gevonden van 80-100%. Het gaat hierbij om installaties die de volledige waterloop benutten voor energieopwekking.

De nu te bouwen installatie in Duitsland benut maximaal 50% van de waterloop voor energieopwekking en is zodaing ingericht dat een ongehinderde vluchtweg altijd relatief dichtbij is (2m). Dit heeft een gunstige invloed op het afleidingspercentage. In de hier gepresenteerde data is dit aspect niet meegenomen waardoor deze waarden als "worst case" kunnen worden bestempeld. Voor installaties met een rooster van 25 mm of 30 mm zijn afleidingspercentages vastgesteld van 95 en 92,5% en hoger. Het betrof in deze gevallen situaties waarbij nagenoeg de gehele waterloop werd aangewend voor energieopwekking.

De bypassverhouding was in die gevallen ongunstiger als in geval van de hier beschouwde nieuwe installatie (3 vs. 6%).

⁶⁾ In de literatuur zijn voor de 'minimal Gap' (Kaplan) turbines sterftecijfers voor smolts gevonden van 1,5% in situaties waar de gehele waterloop werd benut voor elektriciteitsopwekking. Of dit ook in de onderhavige situatie kan worden gehaald zal proefondervindelijk moeten worden vastgesteld. De bovengrens is de sterfte die optreedt in situaties met conventionele turbines zonder aanvullende maatregelen (worst case benadering).

⁷⁾ uit gegevens over de populatie opbouw van aal bij de stuw van Linne volgt dat slechts 4% van de passerende aalpopulatie bestaat uit aal met een lengte kleiner dan 50 cm. De dikte van een aal wordt gegeven door 5% van de lengte. dit betekent dat een aal van 50 cm een dikte heeft van 2,5 cm en op deze grond het rooster NIET meer kan passeren. Hieruit volgt een afleidingspercentage van minimaal 96%.

Uit voorgaande tabel wordt duidelijk dat de omvang van een installatie en keuze voor een techniek al of niet gecombineerd met aanvullende maatregelen (rooster, indien deze optie mogelijk is) zeer verstrekkende consequenties kan hebben voor de vissterfte. Uit tabel 1 blijkt dat een keuze voor een installatie van beperkte omvang met een rooster per MW resulteert in een veel lagere vissterfte. De vissterfte is minimaal een factor 150-1500 lager dan de vissterfte voor een grote installatie, gebaseerd op conventionele turbine, waarbij minder of geen vissterfte beperkende maatregelen zijn uitgevoerd.

Voor een nieuwe installatie kan dus een theoretische berekening van de effecten (in termen van te verwachten visschade worden gemaakt aan de hand van de drie eerder genoemde aspecten (mate van visschade van het te installeren turbine type voor de vissoorten van belang (%); de hoeveelheid water die ongestoord kan passeren (%) (er vanuit gaande dat vis volgens de debietverhouding passeert) en de veronderstelde effectiviteit van de te nemen visbeschermingsmaatregelen (%)). Hypothetisch voorbeeld: stel, van het totale gemiddelde debiet door de rivier (in de migratieperiode van de betreffende vissoort) gaat 15% door de WKC. Bij de WKC is een visgeleidingssysteem aanwezig dat slechts 10% van de vissen doorlaat (90% van de vis wordt naar een bypass geleid en heeft geen schade). Het sterftepercentage van de betreffende soort in de WKC is 5% (95% heeft geen schade). Het theoretische sterftepercentage is dan $0,15 \times 0,1 \times 0,05 = 0,00075$ (=0,075%).

4.3.3

Stroomopwaartse vismigratie

Ligt een nieuw initiatief vrij in de waterloop en vormt deze geen additionele hindernis voor stroomopwaartse vismigratie (ruimschoots voldoende ruimte om in stroomopwaartse richting te passeren) dan zijn geen extra maatregelen voor vismigratie noodzakelijk. Vormt een nieuw initiatief wel een mogelijke hindernis voor stroomopwaartse migratie dan moeten maatregelen worden genomen om dit te compenseren. Voorkomen moet bijvoorbeeld worden dat de waterstroom uit de nieuwe installatie gaat fungeren als lokstroom voor vis waardoor de lokstroomwerking van de bestaande vistrap slechter wordt. Bij het ontwerp moet hiermee rekening worden gehouden. Negatieve effecten moeten worden gecompenseerd door aanpassing van de bestaande vispassage of door het bouwen van een nieuwe vispassage. De nieuwe Beneluxbeschikking vrije vismigratie schrijft voor dat elke nieuwe hindernis moet zijn voorzien van een goed functionerend visgeleidingssysteem en vispassage.

5 Migratie en visschadenormen

5.1 Algemeen

In de Nederlandse rivieren wordt de kwaliteit voor het element vis meestal 'ontoe-reikend' of 'matig' geschat, terwijl het doel een betere toestand of potentieel (Goed Ecologisch Potentieel: GEP) is (zie hiervoor het Beheerplan Rijkswateren, 2009-2015). Bovendien zijn alle stromende Rijkswateren cruciale migratieroutes voor alle lange afstand migrerende vissoorten. In veel Rijkswateren zijn maatregelen gepland om de kwaliteit van de visstand, vooral door migratieknelpunten op te lossen. Deze maatregelen zijn ook nodig vanuit andere beheerplannen (Aalbeheerplan), internationale beleidsafspraken (nieuwe Beneluxbeschikking vrije vismigratie, Masterplan trekvis in de Maas, Rijn Zalm 2020; programma voor trekvissen in het Rijnsysteem). Het uitvoeren van de KRW maatregelen kan worden beschouwd als een resultaatsverplichting (zie ook BPRW toetsingskader waterkwaliteit). Het effect van de uitgevoerde maatregelen leidt naar verwachting tot een aanzienlijke verbetering voor het kwaliteitselement 'vis' in alle Rijkswateren. Naar verwachting zullen de Rijkswateren het GEP uiterlijk in 2027 bereiken.

WKC's hebben veelal vissterfte tot gevolg. Omdat waterkracht gebruikt maakt van de energie die vrijkomt van het water dat van hoog naar laag stroomt, treedt deze vissterfte alleen op bij soorten die lokaal of over langere afstand stroomafwaarts migreren. Een te grote vissterfte kan tot negatieve effecten leiden op de kwaliteit van het element vis in het waterlichaam of zelfs op populatieniveau op internationaal niveau. De vraag is echter hierbij welke mate van vissterfte nog acceptabel is.

In de periode 1988 tot 1990 zijn de drie grote WKC's in Nederland gerealiseerd. Destijds was al vastgelegd dat deze centrales moesten worden voorzien van visgeleidingssystemen om schade aan vis te beperken. De ontwikkelingen met betrekking tot visgeleiding waren echter nog niet zo ver dat dit realiseerbaar was tegen acceptabele kosten. In 1998 is de discussie over de relatie tussen de realisering van WKC's ter opwekking van duurzame energie enerzijds en het herstel van de vismigratiemogelijkheden anderzijds (en dan specifiek in de Maas) opnieuw opgepakt. In een bestuurlijk overleg tussen de ministeries van LNV, RWS en EZ in april 1999 werden met betrekking tot deze materie een aantal afspraken gemaakt, waaronder ook dat de discussie over visschadenormering gezamenlijk zou worden voortgezet en dat de resultaten aan belanghebbenden zouden worden voorgelegd. Eind 1999 is een werkgroep van genoemde ministeries en de OVB (Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij) gestart om bestaande kennis, inzichten en beleid te combineren teneinde uitspraken te kunnen doen over de inpasbaarheid van nieuwe WKC's. Deze werkgroep heeft haar bevindingen vastgelegd in het document "WKC's en vismigratie in de Maas" (Van der Sar et al., 2001), waarin met betrekking tot visschade het volgende is geconcludeerd:

"Waar het gaat om beschermde vissoorten (wettelijk beschermd en door beleid genoemde doelsoorten) heeft de werkgroep de indruk – onder groot voorbehoud – dat voorlopig met een ongedifferentieerde werknorm voor restschade moet worden gewerkt van 10% voor de Nederlandse Maas met de volgende basis:

- *Het doel is en blijft 0% schade;*
- *Bij de beoordeling van voorgestelde maatregelen geldt een restschademarge van 10% voor de afzonderlijk beschermde vissoorten en voor het geheel van de gehele Nederlandse Maas (cumulatieve norm). Hierop moet geborgd worden. Bij hogere schadeverwachtingen kunnen initiatieven voor realisatie van WKC's geen doorgang vinden;*

- *Waar blijkt dat bij uitvoering van allerlei maatregelen schade (blijvend onder de genoemde 10%) niet voorkomen kan worden, moeten mitigerende en compenserende maatregelen getroffen worden cf. het rijkscompensatiebeginsel (SGR), de Natuurbeschermingswet en de Habitatrichtlijn;*
- *De veronderstelling is dat andere, niet beschermde vissoorten in gelijke mate meeprofiteren van de genomen visschade voorkomende maatregelen. Bovenstaande cumulatieve werknorm voor de gehele Nederlandse Maas moet doorvertaald worden naar een norm voor individuele WKC's".*

In genoemde notitie wordt tevens gesteld: "Onder deze norm moet worden verstaan de maximale schade aan prioritaire vissoorten die als gevolg van de aanwezigheid en de werking van de WKC's in de Maas ontstaat onverlet latende de verplichting om deze schade tot nul te reduceren. Daarbij geldt enerzijds de aanname dat de hoogte van deze norm de populaties niet onverantwoord onder druk zet en anderzijds de zekerheid dat de te plegen natuurcompensatie herstel van deze restschade zal moeten garanderen. Deze werknorm is op dit moment niet wetenschappelijk te onderbouwen".

Het bovenstaande was en is het uitgangspunt bij beleid aangaande visschade door WKC's. In de loop der jaren heeft compensatie van restschade ($\leq 10\%$) wat minder de nadruk gekregen, overeind is gebleven het streven naar 0% schade. Tevens is het begrip schade (of sterfte) nader geconcretiseerd. De 10% norm heeft betrekking op directe sterfte van vis en voor zover bekend is, de uitgestelde sterfte van vis. Belangrijk is te constateren dat de huidige centrales in de Maas -en voor aal overigens ook in de Nederrijn- de sterftenorm van 10% al overschrijden en dat nieuwe initiatieven alleen kunnen worden toegestaan wanneer deze een nihil visschade hebben ($\leq 0,1\%$).

De vissterfte die een vispopulatie kan hebben, hangt af van de algehele conditie van de betreffende populatie, van het migratiegedrag en het type levenscyclus dat de soort heeft. In het algemeen komen populaties niet snel in gevaar. Volgens algemeen geaccepteerde populatiemodellen groeit een populatie totdat de maximale draagkracht voor de soort in het habitat is bereikt. De populatie is dan op zijn grootst. De productiviteit van een soort (de maximale groeikracht) is echter het grootst op het niveau van de helft van de maximale draagkracht (de helft van de maximale populatieomvang). Het hele traject van de helft van de maximale populatieomvang tot de maximale populatieomvang wordt de "Optimum Sustainable Population size" (OSP) genoemd. Hierbinnen bevindt de soort zich in een veilig traject, waarin populatiefluctuaties, zij het van natuurlijke of niet natuurlijke aard, kunnen worden opgevangen, zonder kans op uitsterven (Vriese, 2011).

In het navolgende wordt ingegaan op het migratiegedrag, op visschadenormen en toetsingscriteria voor de zalm, voor de aal en voor overige relevante soorten in dit kader.

5.2 Zalm

5.2.1 Migratie van smolts (deels uit: Vriese, 2012)

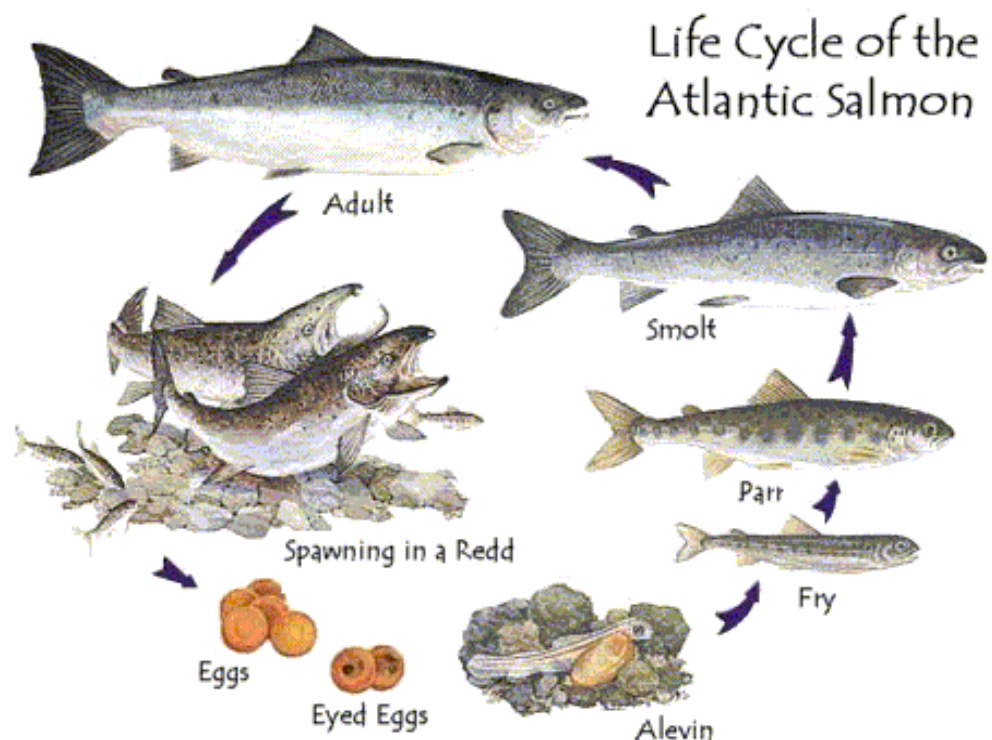
Wanneer zalmen op zee volwassen zijn geworden, migreren deze van zee naar het zoete water. Zij trekken daarbij naar de paaigronden in de rivier waarin ze zijn geboren. In de winter komen de dieren op de paaiplaatsen aan en leggen eieren in zogenaamde 'redds' (nesten van grind). Na het uitkomen van de eieren schuilt het broed nog enige tijd in de redd. Vervolgens begint het parr stadium, waarin de jonge zalm gedurende één of enkele jaren een beek bewonende vis is. Als smolt

migreert de vis naar zee. De stroomafwaartse migratie van smolts is een zeer goed onderzocht fenomeen mede door de vraag naar kennis vanuit de aquacultuur over zalm en de overheidsprogramma's die inzetten op de versterking van zalmpopulaties, waarbij jaarlijks wereldwijd miljarden zalm smolts worden uitgezet (McCormick et al., 1998). In figuur 2 wordt de levenscyclus van de Atlantische zalm weergegeven. Voor zeeforel is deze hetzelfde.

In het parr stadium is de jonge zalm een plaatstrouwe beekbewoner met een sterk territoriaal gedrag en een positieve rheotaxis (oriënteert zich tegen de stroming in, om zo zijn plaats in de habitat te behouden). Dit alles verandert tijdens het proces van de smoltificering. De factoren die dit proces bewerkstelligen worden weergegeven in figuur 3. In grote lijnen betreffen dit de groeicondities (waaronder de vis een bepaalde grootte bereikt), daglichtduur en temperatuur en zogenaamde releasing factors, waardoor de bereidheid ontstaat om aan de stroomafwaartse migratie te beginnen.

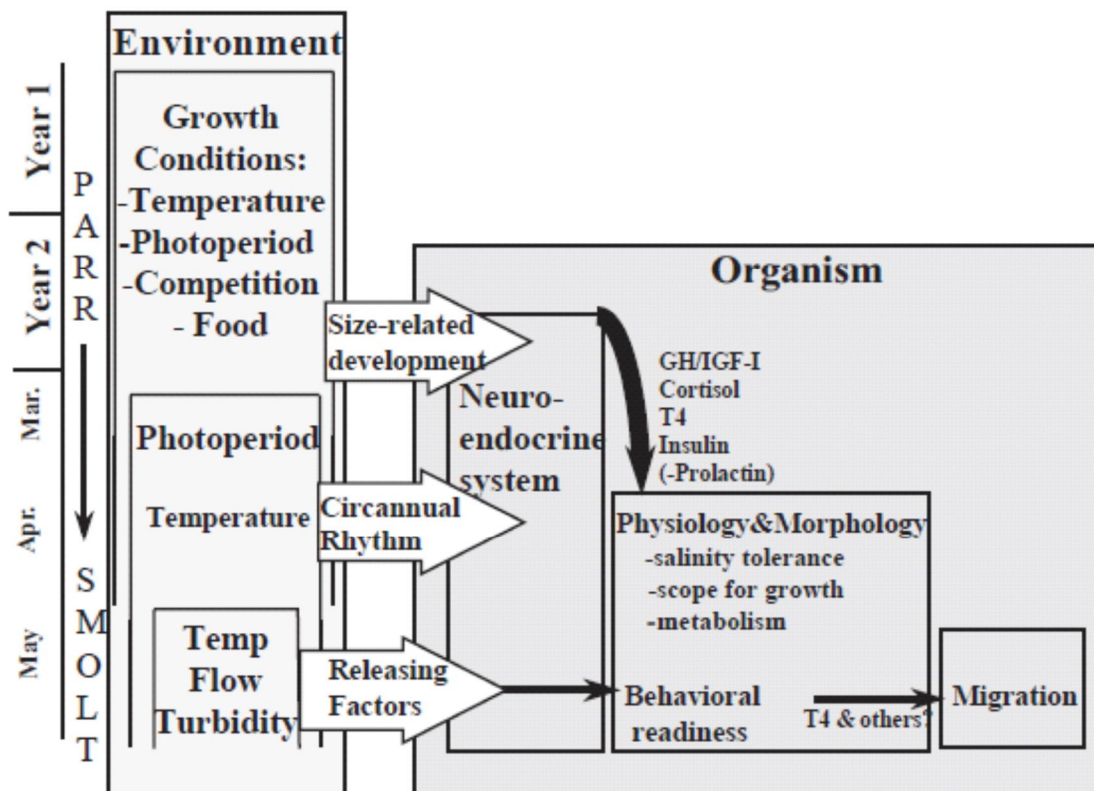
De plaatstrouwe parr verandert hierdoor in een vis met een negatieve rheotaxis (oriënteert zich met de stroom mee), een totaal andere fysiologie en de neiging zich in de volle stroom te bewegen. Uit onderzoek (McCormick et al., 1998) is gebleken dat de smoltmigratie zo'n 3-6 weken duurt, zich afspeelt in de maanden maart, april en mei (afhankelijk van de breedtegraad, hoe zuidelijker hoe vroeger, zich voornamelijk voltrekt tijdens de nachtelijk uren en actief of passief kan zijn (d.w.z. actief met de stroming meezwemmen, of passief gebruik maken van de stroming, zonder zelf inspanning te leveren).

De *smolts* zoeken hierbij actief naar delen van de rivier met de sterkste stroming (Jonsson, 1991) en vermijden hierbij actief delen van de rivier met geen of weinig stroming zodat ze niet gevangen raken in nevenwateren en doodlopende delen (Hanson & Jonsson, 1985, geciteerd in McCormick et al., 1998).



Figuur 2. Levenscyclus van de zalm

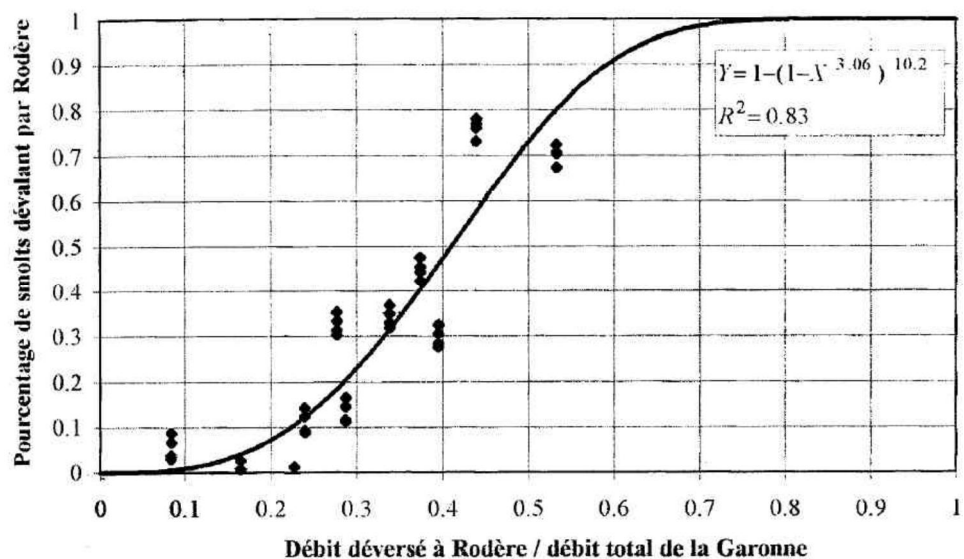
Verder geldt dat de migratiesnelheid van zeeforel smolts positief is gecorreleerd met de omvang van de afvoer door de rivier (Aarestrup *et al.*, 2002), m.a.w. hoe sneller de stroming, hoe sneller de stroomafwaartse migratie. Uit onderzoek (Rivinoja *et al.*, 2004) bleek eveneens dat smolts de hoofdstroom opzoeken met de grootste stroomsnelheid en een gemiddelde migratiesnelheid hadden van 0,46 m/s.

**Figuur 3.** Factoren van invloed op de verandering van parr tot smolt (uit: McCormick *et al.*, 1998)

Ook uit telemetrisch onderzoek in Nederland (en Duitsland) op de Rijn en de Maas zijn er aanwijzingen dat stroomafwaarts migrerende smolts het grootste debiet volgen (Bij de Vaate & Breukelaar, 2001; Vriese & Breukelaar, 2006; Vriese & Breukelaar, 2007; Spierts *et al.*, 2008; Vis & Vriese, 2009, Vis & Spierts, 2010) en relatief hoog in de waterkolom en in de hoofdstroom migreren (Vriese, 1993). Ook is duidelijk geworden dat smolts bij kunstwerken aarzelen om de hindernis te nemen en gedurende enige tijd bovenstrooms van de stuw verblijven. Deze langere verblijftijd zorgt er voor dat een grotere kans op predatie ontstaat. Zo zijn al tientallen transponders van gezenderde smolts teruggevonden in aalscholverkolonies (mondelijke mededeling dhr. A. Breukelaar, RWS WNZ).

Larinier & Croze (1999) hebben onderzoek gedaan waarbij werd gekeken naar de verdeling van smolts in een situatie waarbij een deel van het water via een stuw ging in relatie tot het rivierdebiet (figuur 4). Wanneer er weinig water via de stuw ging, was het aandeel smolts dat via de stuw ging minder dan op grond van een lineaire relatie (smolts verdelen zich in verhouding tot het debiet) mocht worden verwacht. Neemt het debiet via de stuw toe, dan gaan telkens meer smolts via de stuw (meer dan mag worden verwacht, wanneer een lineaire relatie op grond van

de debietverhouding verondersteld zou worden). Uit het onderzoek kon worden afgeleid dat als 50% van het rivierdebiet via de stuw ging ongeveer 70% van de smolts ook deze route kozen. Bij een stuwdebiet van 70% gingen praktisch alle smolts (nagenoeg 100%) via de stuw. In wezen komt dit overeen met de bevindingen uit het boven geciteerde telemetrisch onderzoek; de grootste watermassa met de grootste stroomsnelheid wordt gevolgd door de smolts, wat ook efficiënt is vanuit het perspectief van een snelle stroomafwaartse migratie. Bovenstaande kenmerken van de smoltmigratie hebben consequenties in situaties waarbij sprake is van verdeling van water en smolts bij WKC's en stuwen. Hoe meer water er via de stuw gaat, hoe meer smolts voor deze (veilige) route zullen kiezen.



Figuur 4. Aandeel smolts via de stuw in relatie tot het debiet via de stuw t.o.v. debiet door de rivier

5.2.2

Vischadenorm voor zalmsmolts

Bij de beoordeling van de toelaatbaarheid van WKC's zal voor smolts een cumulatieve sterftenorm worden gehanteerd van $\leq 10\%$ per relevant gebied (tabel 3, zie § 5.5). Hoewel deze norm al onderwerp is geweest van veel discussie wordt in het Toetsingskader WKC's wederom hiervoor gekozen. De motivatie van het bevoegd gezag is steeds hetzelfde gebleven: bij een dergelijke sterftenorm staan populaties niet onder onverantwoorde druk. Daarnaast valt 10% sterfte binnen de bandbreedte van de natuurlijke fluctuatie van een populatie (schriftelijke mededeling RIZA, 2007, dhr. A.D. Buijse). Zoals aangegeven door Vriese (2011), een populatie kan met 50% worden gereduceerd, zonder aan stabiliteit in te boeten. Het verschil tussen 10% en 50% is de gekozen veiligheidsmarge in verband met mortaliteit door andere oorzaken dan WKC's, zoals andere nadelige milieufactoren.

Zoals bekend mag zijn, vindt de voortplanting van zalm niet plaats in Nederland. De paaigronden liggen voor de verschillende riviersystemen verder stroomopwaarts, buiten Nederland, in (zijrivieren van) Rijn en Maas. Dit houdt voor de Rijn in dat zalmsmolts slechts op één lokatie Nederland binnen komen en wel bij Lobith. Van hieruit zwemmen de smolts in stroomafwaartse richting naar de zee. In principe kunnen de smolts kiezen voor diverse routes en wel van de Rijn via het Pannerdensch Kanaal naar de IJssel, via het IJsselmeer naar de Waddenzee, of via het Pannerdensch Kanaal naar de Nederrijn/Lek naar de Noordzee, ofwel van de Rijn naar de Waal naar de Noordzee (in het Benedenrivierengebied zijn evenwel nog een

aantal splitsingsmogelijkheden maar die zijn voor onderhavige materie niet relevant). Uit telemetrisch onderzoek is gebleken dat veruit het merendeel van de smolts kiest voor de route via de Waal naar de Noordzee, slechts enkele exemplaren kiezen voor de IJssel of de Nederrijn/Lek (Vriese & Breukelaar, 2006; Vriese & Breukelaar, 2007, Spierts et al., 2008). Dit past in de redenatie dat de smolts het grootste debiet stroomafwaarts volgen.

Met betrekking tot de visschadenorm zal echter rekening gehouden worden met de verdeling van smolts conform het debiet (dit is worst case, zie opmerkingen aangaande Larinier & Croze (1999), in voorgaande paragraaf). Dit houdt in dat 6/9 via de Waal stroomt (67%), 2/9 via de Nederrijn/Lek (22%) en 1/9 via de IJssel (11%). De toelaatbare schade vanuit de sterftenorm mag worden vermenigvuldigd met het omgekeerde van de fractie debiet die via de betreffende riviertak stroomt. Als voorbeeld: stel er zijn 2 riviertakken, die elk 50% van het debiet hebben (en dus ook 50% van de smolts). De ene riviertak heeft geen WKC's. De andere riviertak heeft wel een WKC. De maximaal toelaatbare sterfte is daar dan $1/0,5 \times 10\% = 20\%$.

Dit zelfde geldt voor de verdeling van het debiet (en de smolts) bij een WKC (de hoeveelheid debiet die niet benut wordt door een WKC). De toelaatbare schade vanuit de sterftenorm mag worden vermenigvuldigd met het omgekeerde van de fractie debiet die door de WKC gaat. Hiervoor wordt gehanteerd het gemiddelde debiet door de WKC en via de stuw in de periode van de smoltmigratie (maart-mei). Het is hierbij van belang om een relatief lange periode te gebruiken om de debieten te bepalen (ordegrootte >15 jaar). In sommige gevallen kan daarbij gebruik gemaakt worden van de verhouding tussen stuw en WKC's (bv. Maas), maar in andere gevallen is het beter om de tijdsduur dat de WKC wordt gebruikt te bepalen om het debiet dat de WKC passeert, te schatten (bv. Nederrijn-Lek).

Voor de Maas is de situatie enigszins anders. Er komen vanuit België smolts binnen bij Eijsden en vanuit Duitsland via de Roer. De sterftenorm heeft betrekking op migrerende smolts in de Maas van Eijsden tot en met Lith. Verder benedenstrooms is alleen een nihil sterfte toegestaan ($\leq 0,1\%$ per waterlichaam). Omdat zalm een sterk homing gedrag heeft (terugkeer naar de lokatie van geboorte) moeten zowel de Duitse als de Belgische zalmpopulatie afzonderlijk kunnen herstellen zonder uitwisseling. Dit houdt in dat de route met de hoogste cumulatieve sterfte de norm dicteert (dus de Maasroute vanaf Eijsden tot aan Lith en niet de Maasroute vanaf Roermond tot aan Lith). Er kan dus niet gecorrigeerd worden voor debietverdelingen over verschillende riviertakken.

Voor de Maas geldt verder hetzelfde als voor de Rijn als het gaat om de debietverdeling via de WKC en de stuw. De Maas (van Eijsden tot Lith) heeft slechts één hoofdstroom dus een verdeling over riviertakken is niet aan de orde. De debieten naar de kanalen (Zuid-Willemsvaart, Julianakanaal en Lateraalkanaal) zijn dusdanig laag dat deze niet als prioritaire migratieroute worden aangemerkt. Voor de rheofiele zalm geldt verder dat de toegestane schadenorm niet dusdanig van aard mag zijn dat een en ander negatieve consequenties heeft voor de maatlatbeoordeling op grond van de KRW. Hierop wordt in hoofdstuk 6 teruggekomen.

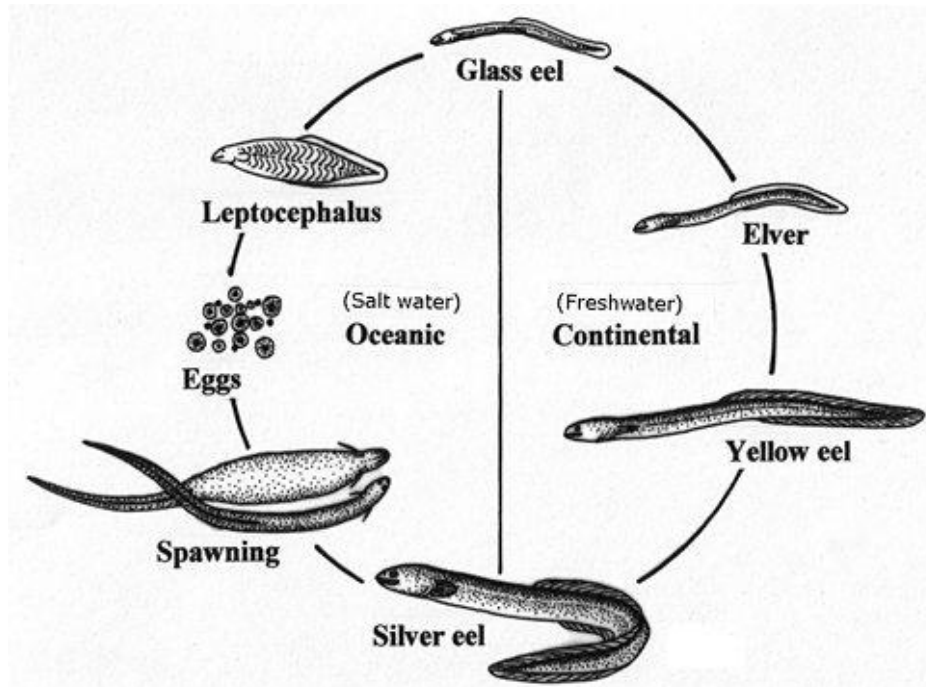
Recent heeft IMARES, op verzoek van de Provincie Limburg, een wetenschappelijk onderbouwde systematiek afgeleid om de gevolgen voor kwalificerende vissoorten van een voorgenomen activiteit (de WKC bij Borgharen) nabij Natura 2000-gebied Grensmaas te kunnen beoordelen (Deerenberg et al. 2012), . Deze systematiek is ontwikkeld voor en toegepast op de Maaspopulatie van zalm, de meest kwetsbare van de beschermde vissoorten waarvoor in het kader van de Nbwet doelstellingen

zijn opgenomen in het Ontwerp Aanwijzingsbesluit Grensmaas. De doelformulering voor zalm is "Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor uitbreiding populatie". De ontwikkelde beoordelingssystematiek is gestoeld op een populatiedynamisch matrixmodel. Het model integreert de huidige kennis over de kenmerken van de zalm-populatie in de Maas en de verschillende productie- en sterftefactoren. Simulaties met dit model over een periode van 60 jaar leveren een waarde voor de maximaal toelaatbare additionele sterfte door WKC's, waarbij de kans op uitbreiding van de populatie zeer groot (>95 %) is en significante gevolgen kunnen worden uitgesloten. Het model wijst uit dat in principe een grotere cumulatieve sterfte dan 10% mogelijk is voor zalmsmolts, zonder dat de uitbreidingsdoelstelling in gevaar komt. Hierbij zijn een aantal kanttekeningen te maken. Als eerste, het model rekent met een tijdhorizon tot 60 jaar, als het gaat om het realiseren van de uitbreiding. Vanuit het perspectief van de KRW en de bijbehorende doelstellingen is dit echter niet acceptabel. Als tweede, in de praktijk blijkt ook verlies van smolts op te treden bij de aftakking naar het Albertkanaal. In sommige perioden gaat een aanzienlijk deel van het debiet in die richting, waarmee zeker smolts zullen worden onttrokken aan de Maaspopulatie. De kans dat deze smolts nog een succesvolle migratie doormaken naar zee, wordt zeer gering geacht (zie ook Masterplan Trekvis Maas). Als derde, in het model wordt gerekend met de meest dichtbij gelegen mogelijk paaiplaatsen van de zalm. Ook verder bovenstrooms zijn nog paaiplaatsen en opgroeigebied aanwezig, voor deze populaties geldt dat deze minder sterfteruimte hebben. Als vierde, er kan gediscussieerd worden over de parameterisering van het model. Over diverse aspecten van de levenscyclus van de zalm (waar het de Maaspopulatie betreft) is nog onduidelijkheid waardoor het voorzorgsbeginsel moet worden gehanteerd. Ook is het de vraag of aannames voor parameters uit de literatuur geldig zijn de Maas. Eerder geciteerd telemetrisch onderzoek aan volwassen salmoniden, die de Maas optrekken, laat zien dat deze zelden België bereiken. Waarschijnlijk is de sterfte onderweg hoger dan in het model wordt aangenomen, of functioneren de vistrappen minder efficiënt dan is aangenomen en keren dieren terug naar zee. Als laatste, in de normstelling in Deerenberg et al. (2012) wordt rekening gehouden met een achtergrondsterfte. Bij de 10% sterftenorm gehanteerd in dit toetsingskader is dit niet het geval. Er wordt uitgegaan van de directe sterfte (en voor zover bekend, de indirecte sterfte) die geheel op het conto komt van de WKC's. Het model is niet ontwikkeld om daadwerkelijk herstel van de zalmpopulatie te voorspellen.

5.3 Aal

5.3.1 *Migratie van schieraal (deels uit Vriese, 2012)*

Figuur 5 geeft de levenscyclus van de Europese aal. Na geruime tijd in het zoetwater te hebben verbleven als rode aal (Engels: 'yellow eel'), worden de alen schier. Hierbij doorlopen ze een reeks van fysiologische en fysieke veranderingen om ze geschikt te maken voor de migratie naar de paaigebieden in de Sargassozee. Uiterlijk zijn de veranderingen duidelijk waarneembaar. Op de zijden wordt een zilveren glans zichtbaar (Engels: 'silver eel') die zich naar de buikzijde uitbreidt. De rug krijgt een donkerder kleur, de borstvinnen worden zwart en het gehele lichaam krijgt een metaalachtige glans. Ook de ogen ondergaan een verandering. Deze worden beduidend groter, als aanpassing aan het leven in de diepzee (Klein Breteler, 2005).



Figuur 5. De levenscyclus van aal

Over de schieraalmigratie zegt Klein Breteler (2005) het volgende: "Wanneer de volwassen aal geslachtsrijp is geworden, trekt hij naar zijn geboortegrond. De paaitrek begint omstreeks het eind van de zomer of het begin van de herfst (Tesch, 1991). De dieren zouden dan in het voorjaar in het paaigebied kunnen zijn. Schieraal trekt echter, na de winterstop, ook nog tot aan de zomer de rivieren uit (Bruijs *et al.*, 2003). Mannetjes vertrekken eerder dan vrouwtjes, vaak als ze nog rode aal zijn, terwijl vrouwtjes pas naar zee trekken als ze schier zijn geworden; daarbij vertonen alen die verder noord- en oostwaarts de rivieren zijn opgetrokken, eerder in het seizoen migratiegedrag dan hun soortgenoten die zich meer in het zuiden en westen bevinden (Meyer-Waarden, 1965). In de Oost- en Noordzee is de belangrijkste vangstperiode van schieraal in oktober, in Noord-Frankrijk in oktober-november en in Zuid-Frankrijk en Spanje in november-december (Tesch, 1991; 1999). In Nederlandse kanalen zijn de hoogste schieraalvangsten in augustus en in het IJsselmeer in september-oktober (Deelder, 1954, 1970 in: Tesch, 1999). ICES/EIFAC (2005) geeft een recent overzicht van de seizoenen waarin de schieralen trekken in verschillende Europese regio's en watersystemen. De stroomafwaarts trekkende schieralen zwemmen bij voorkeur in de sterkste stromingen van de hoofdstroom van rivieren, soms ook samengebond tot knopen van 2 m diameter. Hier zijn zwemsnelheden van 2 kilometer per uur waargenomen. Zij laten zich bij voorkeur drijven (Duits: 'Treibaale') in de onderste en middelste waterlagen, maar kunnen ook in ondiepe waterlagen voorkomen. In de zoutere wateren aangekomen, begint er een meer actieve migratie op te treden, waarbij ze zich enerzijds passief mee laten voeren met de ebstroom en anderzijds weerstand bieden tegen de vloedstroom. De grootste migratie-activiteit heeft plaats tussen zonsondergang en middernacht, tijdens de eerste donkere uren van de nacht. Vooral in de periode tijdens of na het laatste maankwartier zijn schieralen bijzonder actief (Tesch, 1991). De migratie van schieraal wordt met name gestimuleerd door de weerscondities (regen en storm), hoge waterstanden, troebelheid van het water en hoge rivierafvoeren of hoge kunstmatige afvoeren (Tesch, 1991, 1999; Acou *et al.*, 2000).

Over het algemeen is de schieraalmigratie een grillig fenomeen met grote individuele verschillen: sommige dieren migreren het hele traject naar zee snel, andere doen er veel langer over met perioden van inactiviteit. Uit divers onderzoek is gebleken dat het schieraalstadium reversibel is (o.a. Durif, 2003).

In Nederland (en Duitsland) is in de laatste jaren veel telemetrisch onderzoek gedaan naar de migratie van schieraal in de Rijn en de Maas (Breukelaar *et al.*, 2009; Spierts *et al.*, 2009; Winter & Bierman, 2010). Uit onderzoek op de Maas in 2008 bleken grote variaties in migratiesnelheid; de langzaamste schieraal migreerde met een snelheid van 8 km/dag stroomafwaarts; de snelste schieraal deed dit met een snelheid van 113 km/dag. Ook voor schieraal geldt dat zij de hoofdstroom van de rivier opzoeken en sterk geneigd zijn deze te volgen. Winter & Bierman (2010) maken inzichtelijk dat schieraal uit de Maas in het najaar meer geneigd is via het Spui en de Nieuwe Waterweg uit te trekken, dan via het Haringvliet. Zij suggereren dat dit komt omdat (bij relatief lage debieten en beperkte openstelling van de Haringvlietdam) de stroomsnelheid richting Haringvlietdam minder goed merkbaar is dan de stroomsnelheid richting het Spui en de Nieuwe Waterweg, als gevolg waarvan de alen die richting kiezen.

Bij het naderen van kunstwerken zoals stuwen, WKC's en gemalen laten schieralen een gevarieerd gedrag zien: sommige dieren zwemmen relatief snel met de kop vooruit. Andere dieren maken zijdelingse bewegingen. Ook zijn er schieralen die met de kop tegen de stroming in zwemmen (dus met de staart vooruit het kunstwerk naderen). Er zijn alen die vervolgens ontwijkend gedrag vertonen door weer snel tegen de stroming in richting bodem te zwemmen. Ook zijn er alen die zich niet laten intimideren en gewoon snel door een eventueel krooshek zwemmen (Keeken *et al.*, 2010; Spierts *et al.*, 2008). Bij 3D telemetrisch onderzoek naar de werking van een visgeleidingsstelsel bij de WKC te Linne, bleek dat schieralen zich niet lieten afschrikken (door bijvoorbeeld het geluid of het krooshek) en dus niet omkeerden en terug zwommen (om vervolgens de bypasses in te gaan), maar de turbine in gingen (Spierts & Vis, 2012).

Wanneer sprake is van een eventuele verdeling van alen via de stuw en via een WKC kan het best gekeken worden naar de (langjarige) debietverdeling in de maanden augustus tot en met november daar in deze periode veruit het merendeel van de schieraal migreert (Vriese, 2012).

5.3.2 *Visschadenorm voor schieraal*

Ook voor schieraal wordt een cumulatieve sterftenorm van 10% gemeten bij passage van de WKC op grond van dezelfde reden als vermeld bij smolts. De situatie met betrekking tot schieraal is echter anders dan die bij smolts. Waar de hoeveelheid smolts in de Nederlandse rivierdelen bepaald wordt door wat er uit het buitenland binnenkomt (via de Maas en de Roer), geldt dit niet voor schieraal. Op de grenzen met Duitsland en België komen hoeveelheden schieraal binnen (veel meer op de grens bij Duitsland dan op de grens bij België) maar naarmate verder stroomafwaarts wordt getrokken, neemt de hoeveelheid schieraal toe met dieren die wegtrekken uit met de rivieren in verbinding staande Nederlandse wateren (beken, kanalen, plassen etc.). De belangrijkste consequentie die dit heeft, is dat de schadenorm voor schieraal niet aangepast mag worden voor de debietverdeling tussen riviertakken. Voor het stroomgebied van de Rijn in Nederland betekent dit dat de Nederrijn/Lek een cumulatieve sterftenorm van 10% heeft. Voor de Maas geldt de cumulatieve sterftenorm van 10% voor het gestuwde deel vanaf de grens bij Eijsden tot en met Lith. Net als voor zalm is in de ecologisch belangrijke hoofdwaterlopen

(en verbindingslopen) buiten de gestuwde delen alleen nihil sterfte toegestaan ($\leq 0,1\%$ per waterlichaam).

Alhoewel de hoeveelheid schieraal naar benedenstrooms toeneemt in de trajecten van de gestuwde Maas en Nederrijn/Lek, wordt hier geen rekening mee gehouden bij de normstelling per WKC. Geoordeeld is dat de concrete informatie over deze verdeling te weinig betrouwbaar is om tot een goede inschatting te komen, of dat zelfs in het geheel (voor de Nederrijn-Lek) geen informatie hierover voorhanden is. In een concreet geval met 4 identieke WKC's op een rivier geldt dat deze ieder maximaal slechts 2,5% sterfte mogen veroorzaken ($10\% / 4 = 2,5\%$). Een en ander wordt mede ingegeven door het feit dat de grote vrouwelijke schieralen (van groot belang voor de voortplanting) zich voornamelijk verder stroomopwaarts in de stroomgebieden van Rijn en Maas bevinden dan de mannelijke individuen. Ook van belang hierbij is dat de lengte van schieraal op de Maas (en waarschijnlijk geldt hetzelfde voor de Rijn) het laatste decennium aan het toenemen is (een reactie op het feit dat de aalpopulatie onder druk staat). Dit wordt bevestigd door divers onderzoek op de Maas (Spierts *et al.*, 2009; Vis & Spierts, 2010). In 2010 lag de gemiddelde lengte van de schieraal hier rond 85 cm. In onderzoek uit 2002 lag deze lengte op 65 cm. Daarnaast worden in Duitsland en België grote inspanningen gedaan om de aal uittrek te maximaliseren in het kader van de EU-aalverordening. Een gedifferentieerde norm met betrekking tot de ligging van de WKC's (meer bovenstrooms of meer benedenstrooms in Nederland) aangaande de toelaatbare aalsterfte doet afbreuk aan de inspanningen in de buurlanden.

Als laatste, in een schriftelijke mededeling van IMARES aan RWS wordt het volgende gesteld naar aanleiding van het rapport Deerenberg *et al.*, 2012:

"Het resultaat van het IMARES-rapport voor maximaal toelaatbare additionele vissterfte kan niet zonder meer toegepast worden als toetsingskader voor RWS ten aanzien van de doelstellingen en afspraken voor trekvis die voortvloeien uit de Waterwet in samenhang met specifieke verdragen en Europeesrechtelijke verplichtingen. IMARES heeft een algemene beoordelingssystematiek ontwikkeld, die specifiek is uitgewerkt voor toetsing van de doelstelling voor de zalm, zoals geformuleerd in het kader van de Nbwet voor Natura 2000-gebied Grensmaas. De doelstellingen waaraan RWS moet toetsen betreffen een groter aantal soorten trekvis; zowel de zalm als de aal zijn daarbij gidssoort. Bovendien is er een specifieke doelstelling voor de aal op grond van de EU Aalverordening, die verder is uitgewerkt tot beheersmaatregelen in het Nederlandse Aalbeheerplan. Bij de zalm grijpt de WKC-sterfte in op een vroege levensfase, bij de aal grijpt de WKC-sterfte in op een late levensfase. De sterfte in een vroege levensfase is van nature hoger dan die in een latere levensfase, waardoor WKC-sterfte bij de zalm een minder groot effect op de populatieontwikkeling zal hebben dan een even grote WKC-sterfte bij de aal."

En verder:

"Gezien de huidige kritieke status van het aalbestand met een omvang van alle stadia van de aal op een historisch minimum adviseert ICES al enkele jaren dat alle antropogene sterfte, inclusief die door WKC's, "zo dicht bij nul als mogelijk is" moet zijn. Er is daarom een reële kans dat de gehanteerde 10%-norm qua orde van grootte realistisch is, of zelfs te hoog zal blijken te zijn. Zonder gedetailleerde onderbouwing is er geen aanleiding om de door RWS gehanteerde norm, als toetsingskader voor WKC vergunningverlening in het kader van de Waterwet en in samenhang met relevante (internationale) regelgeving, aan te passen."

Anders dan voor zalm geldt dat de schieraal niet is ondergebracht in (het abundantiedeel) van de KRW-maatlatten. Verlies van aal heeft geen consequentie voor de uitkomsten van de maatlatbeoordeling.

5.4 Overige vissoorten van belang

5.4.1

Kenmerken van migratie van overige prioritaire vissoorten

Van belang is natuurlijk eerst welke soorten tot de overige (riviertrek)soorten worden gerekend. Bruijs (2004) verwijst hiervoor naar Kranenburg & Bakker (2002), die prioritaire soorten definieerden op basis van kwetsbaarheid, migratiegedrag, wetgeving etc. en noemt als soorten: zeeprik, rivierprik, bot, spiering, sneep, barbeel, winde, kopvoorn, serpeling, kwabaal, alver, elft, houting en steur. Kranenburg & Bakker (2002) geven aan dat elft, houting en steur zijn uitgestorven op de Maas (hooguit komen deze incidenteel voor).

Bruijs (2004) geeft het volgende tabelmatige overzicht (tabel 2) van de migratie van aal, salmoniden en riviertrekvissoorten, gebaseerd op Kranenburg & Bakker (2002).

Tabel 2. Gegevens over de migratie van aal, salmoniden en riviertrekvissoorten (uit: Bruijs, 2004)

vissoort	stadium	lengte bij migratie (cm)	migratieperiode	trekafstand stroomafwaarts (km)
<i>anadrome en katadrome soorten</i>				
zalm	smolt	15	voorjaar / maart - mei	gehele Nederlandse deel
zalm	adult		voorjaar / februari - maart	gehele Nederlandse deel
zeeforel	smolt	15	voorjaar / maart - mei	gehele Nederlandse deel
zeeforel	adult	60 - 90	najaar / einde winter	gehele Nederlandse deel
aal	adult	30 - 100	najaar / vroege winter	gehele Nederlandse deel
zeeprik	juveniel	15	mei - oktober	gehele Nederlandse deel
rivierprik	juveniel	15	mei - oktober	100 - 200 km
bot	juveniel	20	najaar / september - november	tot 200 km
spiering	juveniel	5 - 10	herfst	tot 200 km
spiering	adult	15 - 30	voorjaar / maart - mei	tot 200 km
houting	juveniel	12	voorjaar	gehele Nederlandse deel
houting	adult	30 - 50	najaar	gehele Nederlandse deel
elft	juveniel	5	herfst	gehele Nederlandse deel
elft	adult	50 - 60	einde voorjaar	gehele Nederlandse deel
steur	juveniel	20	najaar / juli augustus	gehele Nederlandse deel
steur	adult	110 - 300	voorjaar / mei - juni	gehele Nederlandse deel
<i>'zoetwatertrekvis'</i>				
sneep	adult	30 - 50	voorjaar / mei - juni	tot 50 km
barbeel	adult	13 - 80	najaar	tot 20 km
winde	adult	30 - 50	voorjaar / april - juni	tot 50 km
kopvoorn	adult	16 - 60	najaar	tot 20 km
serpeling	adult	15 - 30	voorjaar / april - juni	tot 20 km
alver	adult	5 - 20	voorjaar	tot 20 km
kwabaal	adult	30 - 60	najaar	tot 100 km

Op grond hiervan wordt geconcludeerd dat tot de groep overige prioritaire soorten behoren: zeeprik, rivierprik, bot, spiering, sneep, barbeel, winde, kopvoorn, serpeling, kwabaal en alver (zeeforel is natuurlijk ook van belang, maar hiervoor geldt hetzelfde als voor zalm). Op het moment dat genoemde soorten werden geselecteerd

teerd, was de Kaderrichtlijn Water nog niet in werking, net als het Aalbeheerplan. Momenteel gelden voor wat betreft de doelstellingen in de KRW de soortenlijsten voor rheofiele en diadrome vissoorten, waarop de EKR wordt gebaseerd, in de maatlatdocumenten. Op grond van het Aalbeheerplan wordt ook de rode aal aan de groep overige soorten toegevoegd. Voor de groep overige soorten geldt eveneens een lengtecriterium. Voor wat betreft de sterftebepaling geldt dat deze betrekking heeft op de groep overige soorten met een lengte van ≥ 30 cm. De reden hiervoor is tweeledig: ten eerste geldt dat juveniele vis een hoge natuurlijke mortaliteit heeft, waarbij een eventuele sterfte als gevolg van passage door turbines min of meer wegvalt door compensatoire mechanismen (hogere overleving van de niet getroffen groep), ten tweede geldt dat de overige vissoorten met een geringe lengte slechts een beperkte sterfte als gevolg van passage door turbines heeft (<5%) (Bakker & Gerritsen, 1992b; Bruijs, 2003a).

Uit tabel 2 mag duidelijk zijn dat de zoetwatertrekvis een lokale tot hooguit regionale migratie vertoont, met hierbij de kanttekening dat een enkeling soms over een aanzienlijk grotere afstand (honderden km) migreert. De relevante anadrome en katadrome soorten migreren over langere afstanden, tot soms het gehele Nederlandse deel van de rivieren en verder. Hoewel soorten als spiering en bot over lange afstanden kunnen migreren, geldt over het algemeen dat deze toch meer nadrukkelijk aanwezig zijn in de overgangszone van zee tot in de benedenstroomse rivierdelen. Uit divers onderzoek dat later is verricht (De Vocht, 2003; De Leeuw & Winter, 2006; Spierts *et al.*, 2010), is gebleken dat zoetwatertrekvis over het algemeen migreert tussen hooguit 2 stuwpanden van een rivier en dus hooguit 1 WKC kan tegenkomen. Dit geldt dan ook nog maar een fractie van de populatie.

5.4.2 *Visschadenorm voor overige vissoorten*

Bij de beoordeling van de toelaatbaarheid van WKC's voor de overige vissoorten (≥ 30 cm) zal een sterftenorm worden gehanteerd van $\leq 10\%$ per WKC. Als uit vooronderzoek blijkt dat aal en zalm aan de vissterfte zullen voldoen, dan is het aannemelijk dat aan deze norm zeker voldaan wordt. Alleen indien sprake is van een gedragsgebaseerd systeem bij aal of zalm is vooraf aan de vergunning een aanvullend onderzoek nodig om de vissterfte voor overige vissoorten te toetsen. Het lijkt alsof er veel schade wordt toegelaten, maar daarover kan het volgende worden gezegd. Al eerder is aangegeven dat het waarschijnlijk is dat het merendeel van de zoetwatertrekvis ofwel rheofiele soorten slechts hooguit 1 centrale zal passeren. Daarnaast is het aandeel van de soort dat daadwerkelijk in de invloedssfeer van een WKC komt, waarschijnlijk gering. De meeste van deze soorten hebben een beperkte home range (enkele kilometers).

Bij bemonstering van WKC's op de Maas maakten genoemde soorten slechts een fractie uit (van 2% tot aanzienlijk minder dan 1%) van datgene dat door de turbines heen ging (Bakker & Gerritsen, 1992b; Bruijs, 2003a; Kessel & Jeucken, 2010; Kemper & De Bruijn, 2012). Met andere woorden, de impact van de WKC op deze soorten zal gering zijn. Voor zeeprik en rivierprik ligt dit mogelijk iets anders. Hoewel uit telemetrisch onderzoek is gebleken dat paaigronden voor zeeprik voornamelijk benedenstrooms van Lith zijn gelegen (dit geldt waarschijnlijk ook voor rivierprik op de Maas), valt het niet uit te sluiten dat verder bovenstrooms, tot in België, paaigebieden van zee- en rivierprik liggen. Dit zou betekenen dat de naar zee trekende juvenielen van deze soorten meerdere WKC's zouden moeten passeren en er dus mogelijk een cumulatief effect zou kunnen optreden. Echter, de juvenielen van beide soorten zijn van geringe lengte (10-15 cm) en grote flexibiliteit waardoor deze waarschijnlijk een zeer geringe tot geen schade oplopen bij passage van WKC's. Daarnaast, ondanks de aanwezigheid van WKC's op de Maas en de Nederrijn/Lek

zijn de populaties van rivierprik en zeeprik in de laatste decennia alleen maar sterk toegenomen. Problemen voor deze soorten vallen dan ook niet te verwachten.

De verwachting is dat het geboden beschermingsniveau voor de soorten aal en zalm er toe zal leiden dat voor de groep overige soorten eveneens een voldoende bescherming wordt gewaarborgd (schieraal is namelijk meer kwetsbaar door de grote lengte en zalm gevoeliger voor stress). Middels de vergunningsvoorwaarden dient voor de groep overige soorten een toetsing achteraf plaats te vinden.

5.5 Toetscriteria en toetsingskader

In de onderstaande tabel 3 zijn de toetscriteria voor zalmsmolts, schieraal en overige prioritaire vissoorten samengevat. De toetscriteria voor zalmsmolts en schieraal dienen vooraf aan de vergunningverlening getoetst te worden. De overige prioritaire vissoorten worden alleen achteraf getoetst, indien zij in het voorgeschreven monitoringprogramma in de vergunning, gevangen worden. Dit enerzijds omdat de Waterwet en beheerplan Rijkswateren doelen heeft opgenomen voor groepen van soorten, waaronder de prioritaire vissoorten. Anderzijds kunnen de meeste overige prioritaire vissoorten niet vooraf getoetst worden, omdat deze vissoorten moeilijk of niet te verkrijgen zijn voor testen. Deze vissoorten zijn zeldzaam of zijn in Nederland zelfs uitgestorven. Zoals eerder betoogd, biedt de toets aan aal en zalm vooraf voldoende beschermingsniveau voor de andere soorten.

Tabel 3. Toetscriteria (cumulatieve) vissterftepercentages (inclusief uitgestelde sterfte voor zover bekend) bij stroomafwaartse migratie door WKC's.

Vissoort en levensstadium	Per gestuwde rivier (Maas: vanaf Eijsden tot en met Lith; Rijn: gehele Nederrijn-Lek):	Overige rijkswateren per waterlichaam, (zie bijlage 2 voor specificatie):
Zalm (smolts)*	$\leq 10\%$	$\leq 0,1\%$
Aal (schieraal)**	$\leq 10\%$	$\leq 0,1\%$
Overige prioritaire vissoorten (≥ 30 cm)***	$\leq 10\%$ per WKC	$\leq 0,1\%$

* Correctie van sterftepercentages mag plaatsvinden aan de hand van debietverdeling per riviertak en de verdeling van debiet via de WKC en de stuw tijdens de migratieperiode;

** Correctie van sterftepercentages mag plaatsvinden aan de hand van het debiet via de WKC en de stuw tijdens de migratieperiode;

*** Correctie van sterftepercentages mag plaatsvinden aan de hand van het debiet via de WKC en de stuw, cumulatie van WKC's in het betreffende traject is niet nodig vanwege de beperkte migratieafstand.

Het toetsingskader betekent voortzetting van het huidig beleid en waar nodig op grond van jurisprudentie aangepast beleid. Het toetsingskader stelt dat in gestuwde trajecten van de grote rivieren cumulatief niet meer dan 10% vissterfte (aal en zalm als toetssoorten) op mag treden door WKC's. Voor de Maas zijn dit de waterlichamen tussen Eijsden en Lith en voor de Rijn de Nederrijn-Lek. Indien deze vissterftenorm overschreden wordt, kunnen maximaal vijf initiatieven met 'nihil' sterfte ($\leq 0,1\%$) toegestaan worden, of initiatieven die vallen onder de uitzonderingsmogelijkheid voor experimenten (zie paragraaf 5.6). Voor overige rijkswateren die belangrijke hoofdwaterlopen zijn, geldt compensatieplicht op de effecten van de genomen KRW-maatregelen die vismigratie verbeteren. Dit komt overeen met nihil sterfte ($\leq 0,1\%$) per waterlichaam, waarbij indien van toepassing correctie mag plaatsvinden voor het gebruikte debiet.

5.6 Uitzonderingssituatie voor experimenteren met nieuwe technieken bij reeds bestaande en in werking zijnde waterkrachtcentrales

5.6.1 De noodzaak van experimenten

Zoals hierboven is aangegeven, wordt momenteel op meerdere plaatsen de sterfthenorm van 10% overschreden. Om deze norm te bereiken en om landelijk nieuwe initiatieven mogelijk te maken, is een verbetering van de kwaliteit van turbines wenselijk. Om deze kwaliteitsverbetering te realiseren is het nodig dat fabrikanten en exploitanten experimenten kunnen uitvoeren 'in het veld', dus in de Nederlandse wateren waarin vismigratie plaatsvindt.

Deze experimenten kunnen momenteel – net als 'gewone' nieuwe initiatieven – plaatsvinden, wanneer daarvoor plaats is binnen de beschikbare milieugebruiksruimte van 10% cumulatieve vissterfte. Waar deze norm al bereikt is, kunnen experimenten slechts op kleine schaal plaatsvinden, namelijk voor zover ze ten hoogste 0,1% vissterfte veroorzaken. De wens en de noodzaak bestaan evenwel om toch grootschaligere experimenten uit te voeren op plaatsen waar de milieugebruiksruimte momenteel al is opgevuld. Deze experimenten zijn nodig om op termijn te komen tot een substantiële verlaging van de bestaande vissterfte; zonder deze experimenten kunnen bestaande centrales namelijk niet verbeteren en blijft de opwekking van duurzame energie uit water zich in een 'deadlock-situatie' bevinden.

Er is Rijkswaterstaat dus veel aan gelegen dat deze experimenten plaats kunnen vinden. Om deze reden maakt dit toetsingskader onder bepaalde voorwaarden een uitzondering op de norm van 10% cumulatieve vissterfte. Deze uitzonderingsmogelijkheid is nadrukkelijk alleen bedoeld om reeds bestaande vissterfte te verminderen en niet om nieuwe vissterfte mogelijk te maken. Het gaat dus alleen om een optie die beschikbaar is voor vergunningaanvragen voor reeds bestaande waterkrachtcentrales die vissterfte veroorzaken en niet om aanvragen voor nieuwe centrales dan wel centrales die buiten gebruik zijn. Hieronder worden de voorwaarden voor deze uitzonderingssituatie besproken.

5.6.2 Uitzonderingssituatie

Bij een vergunningaanvraag voor een waterkrachtcentrale kan bij uitzondering tijdelijk worden afgeweken van de norm van 10% cumulatieve vissterfte. Onder de hierna volgende voorwaarden kan toch positief op een dergelijke aanvraag worden beslist. Deze uitzondering kan alleen worden toegepast bij reeds in werking zijnde waterkrachtcentrales op initiatieven die al bestaande vissterfte aantoonbaar zullen verminderen door vervanging van turbines door meer geavanceerde turbines of door het toepassen van andere technieken, waarbij deze turbines of technieken aantoonbaar als oogmerk moeten hebben om bij te dragen aan de innovatie van visvriendelijkere waterkrachtcentrales.

De te verlenen vergunning moet daarbij aan de volgende eisen voldoen:

- In de voorwaarden van de vergunning dient uitdrukkelijk een doelstelling te worden geformuleerd in termen van reductie van momenteel bestaande vissterfte ter plekke. Deze doelstelling wordt geformuleerd als het verschil tussen de vóór vergunningverlening bestaande hoeveelheid vissterfte en de maximaal toegestane hoeveelheid vissterfte onder de vergunning. Het moet duidelijk zijn dat deze reductiedoelstelling op termijn het bereiken van de norm van 10% cumulatieve vissterfte mogelijk maakt. Is dat niet het geval, dan dient de aanvraag te worden afgewezen;
- De vergunning mag niet in de weg staan van het bereiken van de doelstellingen van de KRW of het Nederlandse Aalbeheerplan. Indien de aanvraag hier wel mee in strijd komt, dient deze te worden afgewezen;

- Bij het toepassen van nieuwe technieken is in de regel een inregel- en validatieperiode nodig. Uit de vergunningsvoorwaarden moet duidelijk zijn dat steeds aan de vergunde vissterftenorm wordt voldaan; ook tijdens het inregelen en valideren zijn overschrijdingen daarvan niet toegestaan;
- De vergunning kan alleen voor bepaalde tijd worden verleend. Deze uitzondering heeft een experimenteel karakter en kan slechts bestendig worden middels een verlenging van de vergunningtermijn voorbij de gestelde termijn, indien blijkt dat aan de gestelde doelen wordt beantwoord;
- De vergunning moet vereisten bevatten ten aanzien van monitoring en beoordeling van de resultaten van het experiment met het oog op het mogelijk permanent vergunnen;
- De vergunning dient voldoende basis te bieden voor ingrijpen door het bevoegd gezag indien het experiment meer sterfte veroorzaakt dan is toegestaan. Hierbij is het stilleggen van de turbines tijdens het migratieseizoen een optie die in het uiterste geval mogelijk moet zijn.

6 Toetsingskader WKC'S

6.1 BBT beoordeling

De BBT beoordeling richt zich op visveiligheid van stroomafwaartse vismigratie [box 1] (nummer van de stap in het toetskader WKC's) en op stroomopwaartse vismigratie [box 2].

Nieuwe activiteiten

Nieuwe activiteiten – stroomafwaartse vismigratie: indien turbines worden gebruikt met een bewezen visveiligheid (vissterfte nihil ($\leq 0,1\%$)) of installaties die vanwege hun aard geen visschade veroorzaken: BBT.

Voor andere initiatieven spelen de volgende aspecten een rol bij de BBT beoordeling:

1. Het type turbine dat wordt gebruikt en de mate van visschade die deze veroorzaakt;
2. Het debiet dat wordt benut voor energieopwekking in verhouding tot het debiet dat ongestoord kan passeren;
3. De visbeschermende maatregelen en hun effectiviteit.

Op basis van deze aspecten moet een berekening worden gemaakt van de verwachte visschade. Nieuwe activiteiten – stroomopwaartse vismigratie: ligt een nieuw initiatief vrij in de waterloop en vormt deze geen additionele hindernis voor stroomopwaartse vismigratie (ruimschoots voldoende ruimte om in stroomopwaartse richting te passeren) dan zijn geen extra maatregelen voor vismigratie noodzakelijk. Vormt een nieuw initiatief wel een mogelijke hindernis voor stroomopwaartse migratie dan moeten maatregelen worden genomen om dit te compenseren: aanpassen bestaande vispassage danwel bouw nieuwe vispassage. Over de mogelijkheden om nieuwe technieken te testen wordt ingegaan in § 5.6.

6.2 Beoordeling van de consequenties voor het aquatisch milieu

Voor de beoordeling worden in eerste instantie de stappen doorlopen van het toetsingskader waterkwaliteit uit het BPRW (zie § 2.2.3). Het toetsingskader waterkwaliteit valt uiteen in een (1) algemeen deel en een (2) watertype afhankelijk deel. Omdat sommige stappen altijd van toepassing zijn, zijn deze uit het hierna volgende toetsingskader voor WKC's in § 6.3 en 6.4 weggelaten. Daarnaast zijn de blokjes in het toetsingskader genummerd en is dit ook in onderstaande tekst aangegeven als [box 1] etc. Het toetsingskader is toegesneden op de gestuwde delen van Rijn en Maas (Nederrijn-Lek en de Maas van Eijsden tot en met Lith). Voor de overige rijkswateren wordt verwezen naar tabel 3.

1). Algemeen deel

Stap 1 van het toetsingskader waterkwaliteit uit het BPRW gaat in op de vraag of de activiteit plaatsvindt binnen de grenzen van het waterlichaam. Voor de toepassing WKC's is dit duidelijk het geval. Deze stap is daarom vervallen in het schema van § 6.3 en 6.4.

In stap 2 (onderdeel B) wordt de vraag gesteld of de activiteit op een lijst voorkomt die altijd kan worden toegestaan (kortdurende activiteiten zoals plaatsen van tafels, borden, vuilnisemmers etc., mits de activiteit niet plaatsvindt in een kwetsbaar gebied) of een lijst die louter positieve effecten heeft op het aquatische milieu, zoals aanleg van paaiplaatsen, nevengeulen en vistrappen (stap 3). Ook hier geldt dat de activiteit WKC niet op deze lijsten voorkomt en doorgedaan moet worden naar stap 4 van de algemene beoordeling.

In stap 4 wordt nagegaan of het initiatief WKC invloed heeft op geplande of al genomen KRW maatregelen [box 1 in het toetsingskader WKC's]. Een negatief effect van de ingreep moet ALTIJD worden gecompenseerd. Bij de bouw van een WKC naast een stuw, waar bijvoorbeeld al een vistrap is gebouwd als KRW maatregel kan dit probleem zich voordoen. Ook kunnen er visgeleidingsmaatregelen zijn gepland bij WKC's (zowel Maas als Nederrijn-Lek) of andere maatregelen die vismigratie bevorderen, waarop de nieuwe WKC invloed heeft. Indien dit zich voordoet zal compensatie moet plaatsvinden. Omdat in bijna alle Rijkswateren maatregelen ter verbetering van vismigratie genomen worden, is dit in veel gevallen de belangrijkste toets. Bij doorlopen van deze stap buiten de gestuwde riviertrajecten kunnen de criteria uit tabel 3 in § 5.5 gehanteerd worden. Als een en ander niet heeft geleid tot een uitzondering, zal vervolgens de watertype afhankelijke toets moeten worden uitgevoerd.

2). Watertype afhankelijke deel

In stap 1 van de watertype-afhankelijke toets moet worden nagegaan of de ingreep plaatsvindt binnen de invloedsfeer van elementen van de maatlatten. Voor rivieren is dit het deel dat onder water staat. Het is duidelijk dat de ingreep plaatsvindt binnen de rivier en dus binnen de invloedsfeer van de maatlatten. Deze stap is daarom in de toetsingskaders weggelaten. In de vervolgstap (stap 2) moet worden beoordeeld of de ingreep meer dan 1% van het ecologisch relevante areaal beslaat of effect heeft op meer dan 1% van het ecologisch relevante areaal [box 2 in het toetsingskader WKC's]. Wanneer een WKC van het type is dat op geen enkele wijze de stroomafwaartse of stroomopwaartse migratie beïnvloedt, dan kan de activiteit in principe worden toegestaan. Is er wel een beïnvloeding van de migratie, dan beslaat deze in wezen het gehele waterlichaam en dus altijd meer dan 1% van het ecologisch relevante areaal. Bedenk, diadrome soorten zoals aal en zalm migreren van zee tot in de haarvaten van het watersysteem en vice versa. In dat geval moet worden doorgegaan naar stap 3 van de beoordeling.

In stap 3 wordt getoetst of de ingreep een significante negatief effect heeft op een van de stuurvariabelen en deelmaatlatten, m.a.w. de huidige toestandsklasse [box 3]. Voor een rivier zijn (vis)optrekbaarheid (migratie), stromingscondities, debiet, snelheid en stromingsvariëaties stuurvariabelen. Hierop heeft een WKC invloed. Daar migratiemogelijkheden voor migrerende soorten cruciaal zijn, zijn activiteiten die hierop van invloed zijn (WKC's) ook van invloed op de omvang van populaties. In dit verband zijn ook cumulatieve doelstellingen op waterlichaam of (deel)stroomgebiedsniveau van belang.

In het Beheerplan Rijkswateren (BPRW) zijn diverse KRW maatregelen gepland en genomen die de vismigratie verbeteren en de vissterfte bij WKC's moeten verlagen. Op de uitvoering en de omvang van de KRW-maatregelen ligt een resultaatsverplichting. Een negatief effect van ingrepen hierop moet altijd gecompenseerd worden. Uitzonderd in geval van bereiken van nihil sterfte $\leq 0,1\%$ (bijvoorbeeld kleine installaties met fijnroosters) kunnen de negatieve effecten voor stroomafwaarts zwemmende vissoorten van de realisering van de WKC niet volledig worden gecompenseerd. Bij meer dan nihil sterfte zal een percentage van de stroomafwaarts zwemmende vissen in de turbines terechtkomen en als gevolg daarvan sterven, terwijl dit zonder de aanwezigheid van de WKC niet het geval zou zijn.

De gestuwde riviertrajecten waarop het toetsingskader betrekking heeft, zijn allen van het KRW-type R7 (met uitzondering van de Grensmaas, dit is KRW-type R16). Deze maatlatten bestaan uit 2 delen; een deel soortensamenstelling (dus welke

soorten uit welke gildes komen voor: rheofiele a en b soorten, diadrome soorten en limnofiele soorten) en een deel abundantie (gebaseerd op rheofiele soorten en limnofiele soorten). Beide deelmaatlaten tellen even zwaar mee (0,5). Bij vergunningverlening dient getoetst te worden op deelmaatlat niveau. Een toets op geen achteruitgang van de huidige toestand kan voor smolts als volgt worden uitgevoerd. De toets daarbij is of er geen verandering plaatsvindt van de toestandsklasse van het (deel)kwaliteitselement 'vis'. De relatieve deelmaatlat aandeel rheofiel wordt gegeven door: $y = 0,02x + 0,2$, waarbij x het percentage rheofiel voorstelt. Daalt het aandeel rheofiel met 2% dan daalt de deelmaatlat met 4%. Het verschil tussen de huidige toestand en de onderliggende klassengrens is dan bepalend of sprake kan zijn van 'achteruitgang'. Dit is van toepassing op beoordeling voor zalmsmolts, maar niet voor aal (niet aanwezig in het abundantie deel van de maatlaten). Voor de overige soorten hoeft dit niet getoetst te worden, omdat hier de sterftenorm per WKC van toepassing is en toetsing pas achteraf plaats vindt, na monitoring.

Naast KRW doelstellingen moet ook worden voldaan aan de doelstellingen van de EU-Aalverordening. In het Aalbeheerplan is de doelstelling opgenomen om bij bestaande WKC's de aalsterfte te reduceren met 35% per WKC teneinde de doelstelling van 40% van de natuurlijke aaluittrek te realiseren. In de herziene Benelux-beschikking M(2009) [1] is de Maas benoemd als een ecologisch belangrijke waterloop, waarvoor de migratiemogelijkheden niet mogen verslechteren. Een (nieuwe) WKC kan de mogelijkheden verslechteren en moet dus visvriendelijk zijn of voorzien worden van een goed functionerend visgeleidingsstelsel.

Om deze reden worden ook deze aspecten in het toetsingskader meegenomen. In feite zijn deze aspecten vervat in de cumulatieve doelstellingen op gebiedsniveau, namelijk het Nederlandse deel van het relevante gebied (de Maas van de grens tot Lith; de Rijn: Nederrijn-Lek). In stap 4 van het de watertype afhankelijke beoordeling wordt getoetst aan de cumulatieve doelstellingen op waterlichaam of het benoemde relevante gebied [box 4]. Bij de beoordeling van effecten van een nieuwe WKC mogen ook geplande maatregelen op planperiode niveau worden meegenomen [box 5]. Heeft het nieuwe initiatief een verwaarloosbare invloed op de cumulatieve sterfte ($\leq 0,1\%$), dan kan het worden toegestaan [box 6]. Om te voorkomen dat grote aantallen van dergelijke kleine initiatieven uiteindelijk toch tot een effect kunnen leiden groter dan 'nihil', worden maximaal vijf initiatieven toegestaan elk voor de gestuwde trajecten in Rijn en in Maas. Rekening houdend met onzekerheden en afrondingen, kan met meer dan vijf initiatieven niet worden uitgesloten dat het vissterftepercentage afgerond een hele procentpunt kan worden. Mocht het nieuwe initiatief geen verwaarloosbare invloed hebben, maar voldoet het aan de voorwaarden van de uitzonderingssituatie voor nieuwe experimenten dan kan het (tijdelijk) worden toegestaan [box 7].

In het navolgende zijn twee schema's uitgewerkt. Een schema voor zalm en een schema voor aal. Het verschil in de schema's zit in het feit dat er geen effectberekening oor de aal op verslechtering van de huidige toestandsklasse kan worden gemaakt, omdat de aal niet in het abundantiedeel van de maatlaten zit.

In de schema's zijn de verschillende stappen van het toetsingskader voor WKC's weergegeven. De schema's vallen uiteen in twee stappen: 1). een BBT-beoordeling en 2). een beoordeling van de (lokale) effecten voor het aquatische milieu in termen van vissterfte. De schema's zijn een specifieke uitwerking van het toetsingskader ecologie voor de activiteit WKC's.

Voor de overige vissoorten (>30cm) geldt een schadenorm van ≤ 10 % per wkc, hetgeen achteraf getoetst moet worden door middel van een monitoring. Een en ander dient te worden opgenomen in de vergunningsvoorschriften.

Als sprake is van een uitzonderlijke situatie volgens artikel 4 lid 7 van de KRW (zie toelichting in kader hieronder) kan een initiatief worden toegestaan. Rijkswaterstaat is echter van mening dat voor nieuwe WKC's in de Nederlandse rijkswateren niet aan alle voorwaarden van artikel 4 lid 7 voldaan wordt

Tekst artikel 4, lid 7 KRW

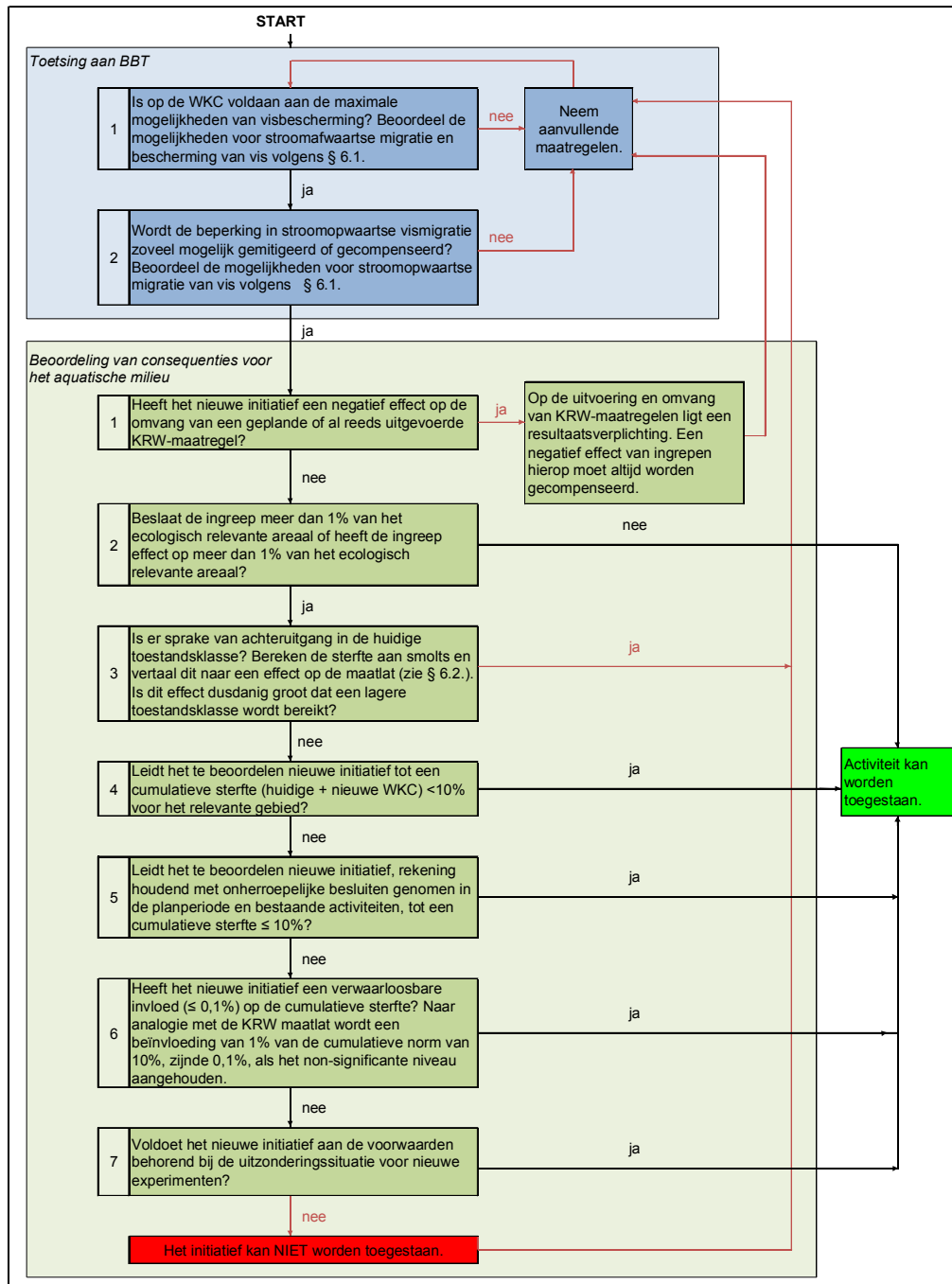
7. De lidstaten maken geen inbreuk op de richtlijn, wanneer:

- het niet bereiken van een goede grondwatertoestand, een goede ecologische toestand, of in voorkomend geval een goed ecologisch potentieel, of het niet voorkomen van achteruitgang van de toestand van een oppervlakte of grondwaterlichaam het gevolg is van nieuwe veranderingen van de fysische kenmerken van een oppervlaktewaterlichaam of wijzigingen in de stand van grondwaterlichamen, of wanneer
- het niet voorkomen van achteruitgang van een zeer goede toestand van een oppervlaktewaterlichaam naar een goede toestand het gevolg is van nieuwe duurzame activiteiten van menselijke ontwikkeling, en aan alle volgende voorwaarden is voldaan:

- a) alle haalbare stappen worden ondernomen om de negatieve effecten op de toestand van het waterlichaam tegen te gaan;
- b) de redenen voor die veranderingen of wijzigingen worden specifiek vermeld en toegelicht in het krachtens artikel 13 verplichte stroomgebiedsbeheersplan en de doelstellingen worden om de zes jaar getoetst;
- c) de redenen voor die veranderingen of wijzigingen zijn van hoger openbaar belang en/of het nut van het bereiken van de in lid 1 vermelde doelstellingen voor milieu en samenleving wordt overtroffen door het nut van de nieuwe veranderingen en wijzigingen voor de gezondheid van de mens, de handhaving van de veiligheid van de mens of duurzame ontwikkeling, en
- d) het nuttige doel dat met die veranderingen of wijzigingen van het waterlichaam wordt gediend, kan vanwege technische haalbaarheid of onevenredig hoge kosten niet worden bereikt met andere, voor het milieu aanmerkelijk gunstigere middelen.

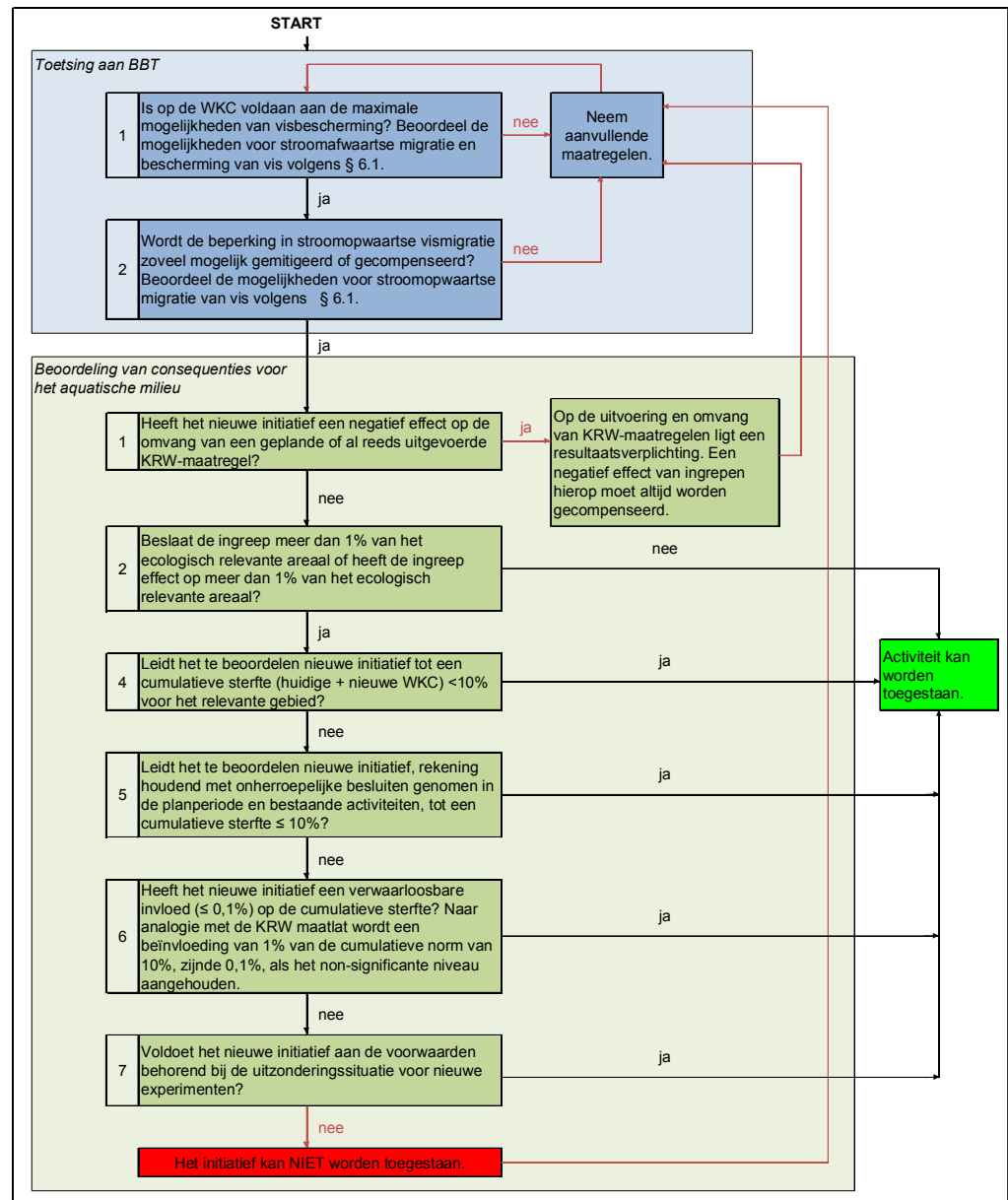
6.3 Toetsingskader voor zalm (smolts)

Nummers van de kaders verwijzen naar de tekst in § 6.1 en § 6.2.



6.4 Toetsingskader voor schieraal

Nummers van de kaders verwijzen naar de tekst in § 6.1 en § 6.2. Stap 3 maakt geen onderdeel uit van het toetsingskader voor schieraal. Deze stap is verwijderd. Nummering van de boxen is hetzelfde gebleven.



7 Literatuur

Aarestrup, K., C. Nielsen & A. Koed, 2002. Net ground speed of downstream migrating radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) smolts in relation to environmental factors. *Hydrobiologia* 483: 95-102, 2002.

Acou, A., E. Feunteun, P. Laffaille & A. Legault, 2000. Catadromous migration dynamics of European eel (*Anguilla anguilla*, L.) in a dammed catchment. *Verhandlungen Internationale Vereinigung Theoretische Angewandte Limnologie* Vol. 27, no. 5, pp. 3117-3120.

Bakker, H.D. & J.J. Gerritsen, 1992a. Schade aan vis door turbinepassage bij WKC in de Maas bij Linne. Deel I: Aal (*Anguilla anguilla* L.). 98263-MOB 3653. KEMA N.V., Arnhem.

Bakker, H.D. & J.J. Gerritsen, 1992b. Schade aan vis door turbinepassage bij WKC in de Maas bij Linne. Deel II: Schubvis. 98263-MOB 3701. KEMA N.V., Arnhem.

Baran, P. & L. Basilico, 2011. Management plan to save the eel. Optimising the design and management of installations. Report of the symposium on the results of the Eels & Installations R&D programme, 28-29 November 2001, Paris.

Bij de Vaate, A. & A.W. Breukelaar (eds.), 2001. De migratie van zeeforel in Nederland. Rijksinstituut voor Integraal Waterbeheer & Afvalwaterbehandeling, rapport nr. 2001.046. RIZA, Lelystad.

Bijstra D., 2011. Analyse mogelijkheden van waterkracht centrale te Belfeld. Advies aan RWS Limburg. RWS Waterdienst, Lelystad.

Breukelaar, A.W., A. bij de Vaate & K.T.W. Fockens, 1998. Inland migration study of sea trout (*Salmo trutta*) into the rivers Rhine and Meuse (The Netherlands), based on inductive coupling radio telemetry. *Hydrobiologia* 371/372: 29-33.

Bruijjs, M.C.M., H.J.G. Polman, G.H.F.M. van Aerssen, R.H. Hadderingh, H.V. Winter, C. Deerenberg, H.M. Jansen, U. Schwevers, B. Adam, U. Dumont & N. Kessels, 2003. Management of silver eel: Human impact on downstream migrating eel in the river Meuse. EU-Report Contract Q5RS-2000-31141.

Bruijjs, M.C.M., 2003a. Passage van schubvis door de WKC in de Maas bij Linne; najaar 2002. DNV KEMA 04-7019.

Bruijjs, M.C.M., 2004. Effectiviteit visgeleidingssystemen bij de bestaande WKC's Linne en Alphen. KEMA Power Generation & Sustainables, Arnhem, 50351962-KPS/MEC 04-7019. 140 p.

Bruijjs, M.C.M., 2011. Randvoorwaarden bypasses voor schieraal en smolts. notitie. DNV KEMA 11-5889.

Bruijjs, M.C.M. & F.T. Vriese, 2013 (in prep.). Fish Protection at Hydropower Stations in the River Meuse, the Netherlands. KEMA, Arnhem & ATKB, Geldermalsen. In opdracht van RWS Limburg, Nuon en Essent.

BUGEFI & LFV Hydroakustik, (2011). Fischereiliche Untersuchung des beweglichen Krafthauses in der Kinzig in Gengenbach. Im Auftrag des Büros für Fischereibiologie & Ökologie, Mai 201,1Büro für Umweltplanung, Gewässermanagement und Fischerei; LFV Hydroakustik, Wirtschaftlicher Geschäftsbetrieb des Landesfischereiverbandes Westfalen und Lippe e.V..

Buijse, A.D., T. van der Beld, N. Brevé & H. Wanningen, 2009. Migratiemogelijkheden van de aal door Nederland. In opdracht van RWS Waterdienst. Deltares.

Deerenberg, C., M.A.M. Machielsen, T. van Kooten, M.T. van der Sluis & A.J. Paijmans, 2012. Beoordelingssystematiek beschermde vissoorten van de Grensmaas. Rapport C071/12. IMARES, IJmuiden.

Durif, C., 2004. La migration d'avalaison de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* : Caractérisation des fractions dévalantes, phénomène de migration et franchissement d'obstacles. Thèse de l'Université Toulouse III. Cemagref. 347 p.

Haddingh, R.H., 1989. WKC bij De Haandrik. Afleiden van vis en schade door turbinepassage. KEMA rapport nr. 80472-MOB 89-3249, KEMA Arnhem.

Haddingh, R.H. & G.H.F.M. van Aerssen (2000). Visgeleiding WKC Borgharen. KEMA rapport 99550707-KPS/MEC 06079.

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

Jonsson, N., 1991. Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. *Nord. J. Freshwat. Res.* 66: 20–35.

ICES/EIFAC, 2005. Report of the ICES/EIFAC Working Group on Eels, Galway, Ireland, 22-26 November 2004, ICES CM 2005/I:01, Ref. G, ACFM.

Keeken, O.A. van, D. Burggraaf, S.V. Tribuhl & H.V. Winter, 2010. Gedrag van schieraal rond het krooshek voor gemaal IJmuiden, DIDSON metingen. Rapportnummer CO49/10, IMARES, IJmuiden, In opdracht van RWS Noord-Holland.

Kemper, J.H., I.L.Y. Spierts & H. Vis, 2010. Sterfte van migrerende zalm-smolts bij de stuw en WKC Linne. *VisAdvies BV*, Nieuwegein. Projectnummer VA2010_18, 10 pag.

Kemper, J.H. & Q.A.A de Bruijn, 2012. Monitoring visgeleidingssysteem. Toetsing effectiviteitsvisgeleidingssysteem WKC Linne, najaar 2011. *VisAdvies BV*, Nieuwegein. Projectnummer VA2011_46, 17 pag.

Kemper, J.H. & Q.A.A de Bruijn, 2012. Monitoring sterfte smolts bij waterkrachtcentrale Linne, voorjaar 2012 *VisAdvies BV*, Nieuwegein. Projectnummer VA2012_07, 18 pag (concept).

Kessel, N. van & J. Jeucken, 2010. Monitoring visgeleidingssysteem. Toetsing effectiviteitsvisgeleidingssysteem WKC Linne najaar 2009. *Natuurbalans - Limes Divergens BV*, Nijmegen.

Klein Breteler, J.G.P., 2005. Kennisdocument Europese aal of paling, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758). Kennisdocument 11. OVB / Sportvisserij Nederland, Bilthoven.

Kranenbarg, J & H. Bakker, 2002. WKC's versus vis in de Nederlandse Maas. Prioritaire soorten voor bescherming tegen mortaliteit door turbinepassage. RIZA werkdocument 2002.217X.

Larinier, M. & O. Croze, 1999. Etude du comportement de smolts de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) au niveau de la prise d'eau de l'usine hydroélectrique de pointis sur la Garonne et estimation de la dévalaison au niveau du barrage de Rodère. Bull. Fr. Piscic. Nr. 353-354 (1999), p. 153.

Leeuw, J.J. de & H.V. Winter, (2006). Telemetriestudie naar migratiebarrières voor riviervis (winde, barbeel, kopvoorn, sneep), IMARES_report C074/06.

McCormick, S.D., L.P. Hansen, T.P. Quinn & R.L. Saunders, 1998. Movement, migration, and smolting of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55 (Suppl. 1): 77 – 92 (1998).

Meyer-Waarden, P.F., 1965. Die wundersame Lebensgeschichte des Aales. In: Keune, J.A. (ed.) Der Aal. Eine kleine Monographie über einen weltberühmten Wanderfisch. Hans A. Keune Verlag, Hamburg.

Rijkswaterstaat, 2009. Beheer en Ontwikkelplan voor de Rijkswateren (BPRW) 2010-2015.

Rijkswaterstaat, 2009. Programma 2010-2015, uitwerking Waterbeheer 21e eeuw, Kaderrichtlijn Water en Natura 2000. Bijlage van Beheer en Ontwikkelplan voor de Rijkswateren 2010-2015.

Rivinoja, P., J. Ostergren, K. Leonardsson, H. Lundqvist, J. Kiviloog, L. Bergdah & L. Brydsen, 2004. Downstream migration of *Salmo salar* and *S. trutta* in two regulated northern Swedish rivers. Internetartikel, www.vattenkraftmiljo.nu.

Rutjes H.A. (red.), 2012 Visschade bij waterkrachtcentrales in de Nederrijn en Lek, De stand van zaken op ecologisch en juridisch gebied 2013. Grontmij. Rapportnummer: 320285, concept 13 augustus 2013.

Sar, G. Van der, H. Bakker, R. Kwanten, W. Muyres, M. van Steenhoven & Verheijen, C. 2001. WKC's en vismigratie in de Maas. Beleidsnotitie RWS Limburg, januari 2001.

Spierts, I.L.Y., M.C. de Lange & J.H. Kemper, 2008. Onderzoek naar schieraalmigratie bij de WKC Alphen/Lith met behulp van akoestische merken. VisAdvies BV, Utrecht. Projectnummer VA2008_45, 29 pag.

Spierts, I.L.Y., R. Caldenhoven, F.T. Vriese & A.W. Breukelaar, 2008. Downstream migration of salmon smolts in the River Rhine in 2008. VisAdvies B.V., Utrecht, VA2007_57, 41 p.

Spierts, I.L.Y., H. Vis & F.T. Vriese, 2009. Migratiegedrag van schieraal in de Maas: najaar 2008. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2008_55, 35 pag.

Spierts, I.L.Y., H. Vis & J.H. Kemper, 2010. Ketenmonitoring Maas 2009-2010: onderzoek migratiemogelijkheden riviertrekvisseren. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2009_27, 26 pag.

- Spierts, Igor L.Y. & H. Vis, 2012. Onderzoek naar visgeleiding bij de WKC Linne aan de hand van zwemgedrag van schieraal, najaar 2011. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2011_36,23 pag.
- Tesch, F.-W., 1991. Anguillidae. In: Hoestlandt, H. (ed.). The Freshwater Fishes of Europe. Volume 2 - Clupeidae, Anguillidae. AULA Verlag, Wiesbaden.
- Tesch, F.-W., 1999. Der Aal. 3., neubearbeite Auflage. Verlag Paul Parey, Berlin.
- Vis, H & I.L.Y. Spierts, 2010b. Migratiegedrag van schieraal in de Maas: najaar 2009. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2009_50, 30 pag.
- Vis, H, I.L.Y. Spierts & J.H. Kemper, 2011. Migratiegedrag van schieraal in de Maas: najaar 2010. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2010_10, 34 pag.
- Vis, H. & F.T. Vriese, 2009. Migratiegedrag van smolts in de Maas: voorjaar 2009. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2009_10, 37 pag.
- Vis, H, I.L.Y. Spierts & J.H. Kemper, 2011. Migratiegedrag van schieraal in de Maas: najaar 2011. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2011_20, 31 pag.
- Vis, H. & I.L.Y. Spierts, 2010. Migratiegedrag van smolts in de Maas: voorjaar 2010. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2010_18, 38 pag.
- Vocht, A. de, 2003. Migratie en habitatgebruik van barbeel in de Grensmaas en Geul. Nat. Hist. Maandbld., jaargang 92, nr. 10 (2003), p. 255-260.
- Vriese, F.T. 1993. Visgeleidingssystemen bij WKC's. OR/OVB 1992/02. Nieuwegein, Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij. OVB-Onderzoeksrapport1993-20.
- Vriese, F.T. & A.W. Breukelaar, 2006. Pilot study smolt tagging 2006. VisAdvies B.V., Utrecht, VA2006_66, 8 p.
- Vriese, F.T. & A.W. Breukelaar, 2007. Downstream migration of salmon smolts in the River Rhine in 2007. VisAdvies B.V., Utrecht, VA2006_68, 35 p.
- Vriese, F.T., 2011a. Advies Submarine centrale Belfeld. Rapportnummer 20110379/001. ATKB, Geldermalsen. In opdracht van RWS Limburg.
- Vriese, F.T., 2011b. Beoordelingssystematiek koelwateronttrekkingen. Rapportnummer 20100951, ATKB, Geldermalsen. In opdracht van DHV, Maastricht.
- Vriese, F.T., 2012. Stroomafwaartse migratie van smolts en schieraal in relatie tot de waterverdeling nabij Maastricht. Rapportnummer 20110370/002, ATKB, Geldermalsen. In opdracht van RWS Limburg.
- Wijnker, L., P. Schils & A. de Wilde, 2006. Afwegings- en toetsingskader WKC's in de Maas en daaraan verbonden kanalen. Inventarisatierapport. Royal Haskoning, Rotterdam, referentie: 9R9985.A0/R0005/LEOW/SEP/Rott1. In opdracht van Rijkswaterstaat.

Winter, H.W., H.M. Jansen & M.C.M. Bruijs, 2006. Assessing the impact of hydro-power and fisheries on downstream migrating silver eel, *Anguilla anguilla*, by telemetry in the river Meuse. *Ecology of Freshwater Fish* 2006: 15: 221-228.

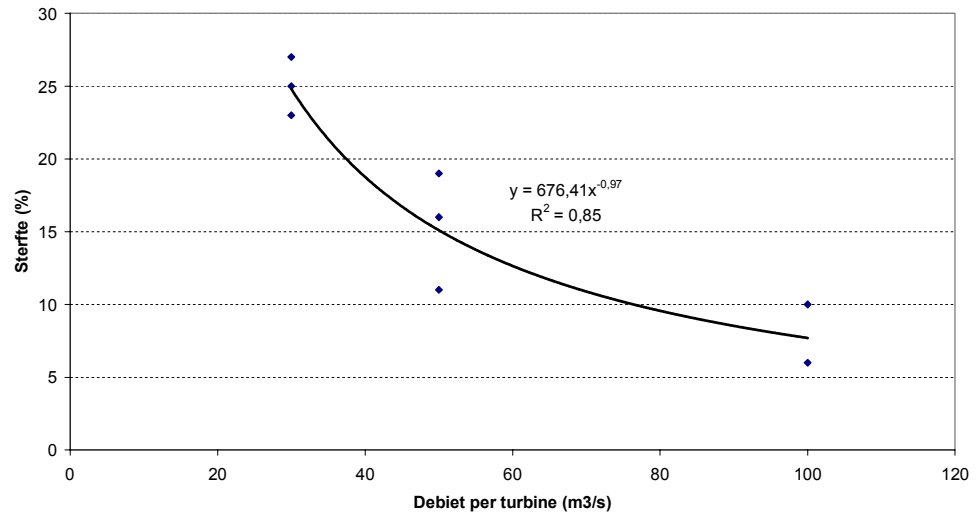
Winter, H.V. & Jansen, H.M. (2006). De effecten van waterkracht en visserij tijdens de stroomafwaartse trek van schieraal in de Maas: zender-onderzoek gedurende 2002-2006. IMARES rapport C072/06.

Winter, H. V., Jansen, H. M., and Breukelaar, A. W. 2007. Silver eel mortality during downstream migration in the River Meuse, from a population perspective. – *ICES Journal of Marine Science*, 64: 1444–1449.

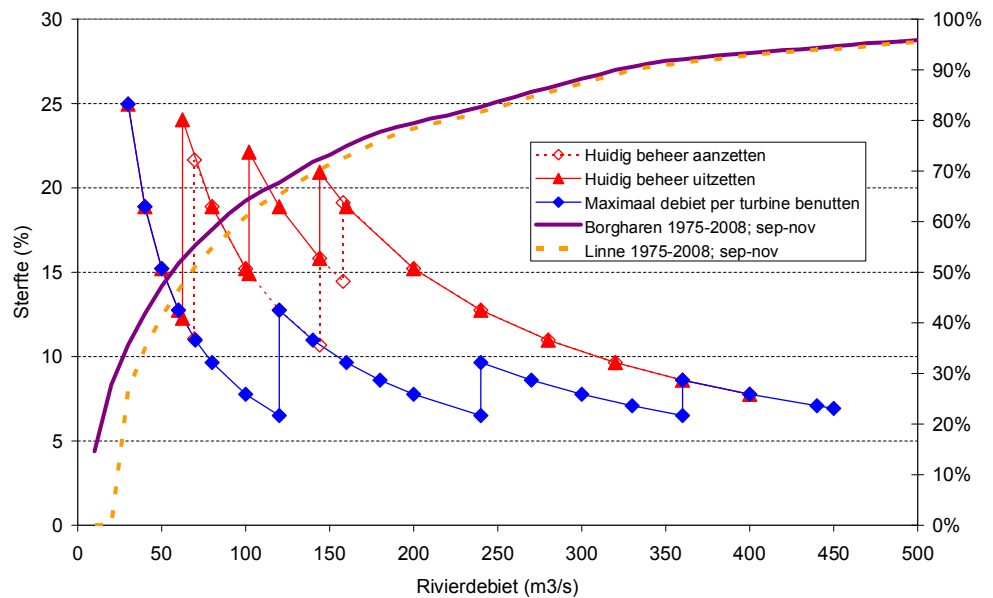
Winter, H.V. & S.M. Bierman, 2010. De uittrekmogelijkheden voor schieraal via de Haringvlietsluizen. Rapport C155/10. IMARES Wageningen UR, IJmuiden.

Winter, H.V., Griffioen, A.B., & K.E. van de Wolfshaar, 2013. Inventarisatie van de belangrijkste knelpunten voor de uittrek van schieraal in Nederland. Rapport C107/13. IMARES Wageningen UR, IJmuiden.

Bijlage 1. Relatie turbinedebiet en aalsterfte en aangepast turbineregime



Figuur 1. De sterfte van aal (gemiddelde lengte 60 cm) in relatie tot het debiet per turbine (gegevens op basis van fig. 4.1 in Winter & Jansen 2006). Y = sterftepercentage; X = debiet (m³/s).



Figuur 2. De directe sterfte van aal bij het beheer van de WKC bij Linne (linker Y-as) en de cumulatieve afvoerfrequentie bij Borgharen en Linne (rechter Y-as).

Bijlage 2. Rijkswateren uit het waterbesluit waar onder voorbehoud van onderstaande uitzonderingen het toetsingskader van toepassing is.

*Toetsingskader deels van toepassing in de vorm van eis van het toepassen van de best beschikbare techniek. Het betreft hier meestal kanalen;

**Toetsingskader niet van toepassing. Het betreft kustwateren waarvoor de KRW het kwaliteitselement vis niet onderscheidt en eventuele technieken om WKC's te plaatsen teveel afwijken van de beschreven technieken en omstandigheden;

***Toetsingskader van toepassing maar nadere studie kan nodig zijn om vissterf-tenorm af te leiden, omdat getijdestroming nu of in de toekomst voor vis andere consequenties heeft dan stroming in één richting.

a. de zee, grote estuaria en daarmee verbonden wateren

- de territoriale wateren en de Nederlandse exclusieve economische zone van de Noordzee;**
- Waddenzee**;
- Eems, Dollard;
- Westerschelde, Kanaal van Gent naar Terneuzen*;
- Oosterschelde***, Kanaal door Zuid-Beveland*;
- Grevelingenmeer***;
- Volkerak-Zoommeer***, Bathse Spuikanaal*, Schelde-Rijnverbinding*;
- Hollandsch Diep, Haringvliet, Wantij, Vlij, Rietbaan, Strooppot;

b. het IJsselmeer en daarmee verbonden wateren

- IJsselmeer (met inbegrip van Ketelmeer en Zwarte Meer), Buiten-IJ, Markermeer (met inbegrip van Gouwee en IJmeer), Randmeren (met inbegrip van Gooimeer, Eemmeer, Wolderwijd, Nijkerkernauw, Nulder-nauw, Veluwemeer, Drontermeer en Vossemeer);

c. de Rijn en daarmee verbonden wateren

- Pannerdensch Kanaal, Nederrijn, Lek, Nieuwe Maas, Nieuwe Waterweg, Maasmond, Calandkanaal, Breediep, Hollandsche IJssel van Krimpen aan de IJssel tot de Waaiersluis bij Gouda;
- Beneden Merwede, Noord, Dordtsche Kil, Oude Maas, Spui;
- Lekkanaal*, Amsterdam-Rijnkanaal*, Afgesloten IJ*, Noordzeekanaal, Buitenhaven van IJmuiden;
- Boven-Rijn, Bijlandsch Kanaal, Waal, Boven Merwede, Nieuwe Merwede;

d. de IJssel en daarmee verbonden wateren

- IJssel;
- Twentekanalen*;
- Zwarte Water, Zwolle-IJsselkanaal*;

e. de Maas en daarmee verbonden wateren

- Maas, Verbindingskanaal Bossche Veld*, Afleidingskanaal Maas-tricht*, Zuid-Willemsvaart (Limburgse tak)*, Bergsche Maas, Heus-

- densch Kanaal*, Afgedamde Maas, Amer, Brabantse, Dordtsche en Sliedrechtse Biesbosch;
- Julianakanaal*, Lateraal kanaal*, Maas-Waalkanaal*, Kanaal van St. Andries*;
 - Wilhelminakanaal*, met inbegrip van de Amertak, Zuid-Willemsvaart* (Brabantse tak), Kanaal Wessem-Nederweert*.

Bijlage 3 Technische aspecten van WKC's in Nederland

A. Bestaande WKC's in Nederland

In het stroomgebied van Rijn en Maas zijn 6 wat grotere WKC's aanwezig (zie tabel 1). Daarvan zijn er drie die een factor 10 groter zijn dan de andere. Alle WKC's zijn voorzien van vispassages voor stroomopwaartse migratie. De WKC's De Haandrik en de ECI centrale te Roermond liggen niet in rijkswater.

Tabel 1. Grotere WKC's in Nederland.

Rivier	Locatie	Bedrijf	Geregistreerd vermogen	Jaarlijkse productie	Jaar van ingebruikname
Maas	Lith/Alphen	Nuon	14,0 MW	44 GWh	1990
Maas	Linne	Essent	11,5 MW	35 GWh	1989
Nederrijn Lek	Amerongen/Maurik	Nuon	10,0 MW	24 GWh	1988
Nederrijn Lek	Hagestein#	Nuon	1,8 MW	3 GWh	1959
Ov. Vecht	De Haandrik	Essent	0,2 MW	0,3 GWh	1988
Roer	Roermond	Nuon	0,25 MW	0,1 GWh	2000

#: in 2005 buiten gebruik gesteld

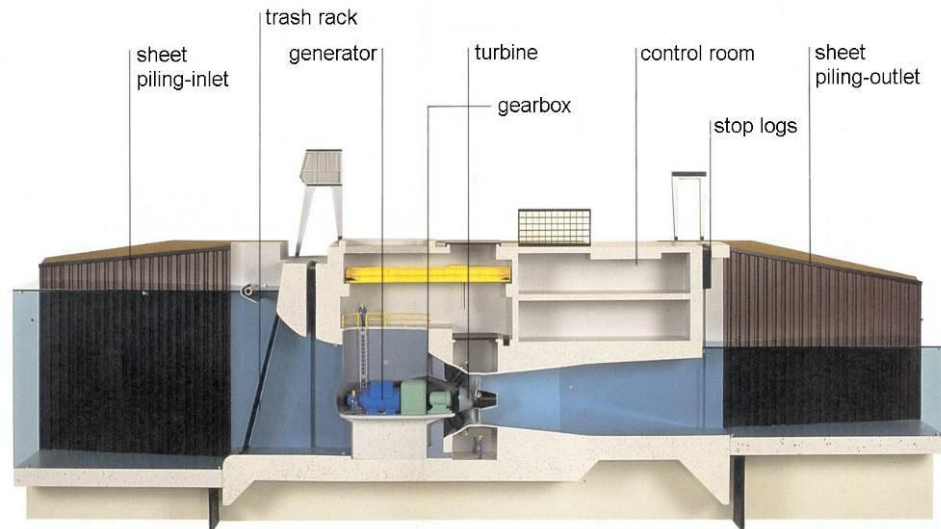
De WKC's Linne, Lith en Amerongen zijn doorstroomcentrales en liggen min of meer als een betonnen bak in het verlengde van het stuwcomplex (zie figuur 1, met als voorbeeld de situatie bij Linne) en hebben een separaat instroom- en uitstroomkanaal.



Figuur 1. Lay out van de WKC Linne

De WKC Hagestein ligt in de middenpijler van de stuw (verticale Kaplan turbine), maar is momenteel buiten werking. Er bestaan plannen om deze te renoveren en opnieuw in gebruik te nemen. De huidige, in werking zijnde WKC's, zijn voorzien van horizontale Kaplan turbines. Deze zijn destijds gekozen omdat bekend was dat ze relatief weinig visshade veroorzaken vergeleken met andere turbintypen (Fran-

cis, Pelton etc.). Het bedrijf van de installaties is volledig automatisch (aangestuurd van afstand) en wordt afgestemd op het stroomopwaartse debiet en waterniveau. Afhankelijk van het beschikbare debiet worden de turbines aangezet volgens een specifiek regime. De eerste turbine wordt opgestart bij een debiet van 30 m³/s. Figuur 2 geeft een doorsnede van de WKC te Linne. In tabel 2 worden de technische gegevens van de 4 WKC's weergegeven.



Figuur 2. Doorsnede van de WKC te Linne

Tabel 2. Technische gegevens van de belangrijkste WKC's

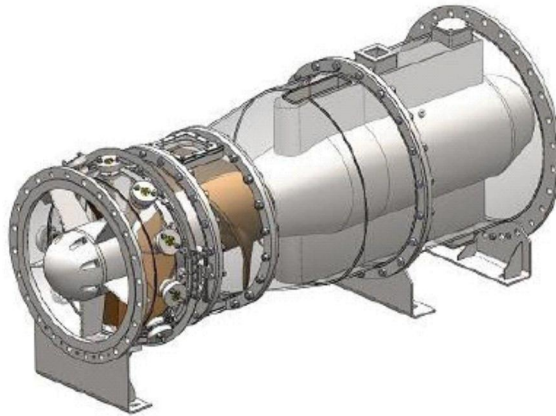
Parameter	Linne	Lith/Alphen	Amerongen/Maurik	Hagestein
Rivier	Maas	Maas	Nederrijn	Lek
Aantal turbines	4	4	4	1
Debiet per turbine (m ³ /s)	25-120	25-120	25-100	20-65
max. totaal turbine debiet (m ³ /s)	450	450	400	65
max. verval (m)	4	4,6	3,1	4
spillway (m ³ /s)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	max. 4x18
Waterpeil bovenstrooms (m N.A.P.) bij Q rivier = 0 (m ³ /s)	+ 20,8	+ 4,9	+ 6,1	+3,0
Bodemligging voor grof vuil rooster (m N.A.P.)	+ 8,18	- 7,8	-6,67	- 4,5
Bodemligging voor inlaatkanaal (m N.A.P.)	+ 10	-3	Op 50/100 m bovenstrooms rooster 1,0/+1,0	n.v.t.
Bodemligging 100 – 300 m bovenstrooms (m N.A.P.)	100 m: + 12 300 m: + 13,8	100 m: -2 300 m: -3	- 1,0 m op 300 m	- 4,5
max. water diepte voor rooster (m)	12,6	12,8	12,8	6 – 7,5
max. water diepte voor het inlaatkanaal (m)	10,8	8	7 op 50 m bovenstrooms	7,5.
max. water diepte op 100 - 300 m bovenstrooms (m)	100 m: 9,0 300 m: 7,0	100 m: 6 300 m: 8	7,1	7,5

Parameter	Linne	Lith/Alphen	Amerongen/Maurik	Hagestein
Hoogte grofvuil rooster (m)	12	11	10,5	8
Breedte grofvuil rooster (m)	7,4	7,4	7,4	12
Aantal grofvuil roosters	4	4	4	2
Totaal oppervlak grofvuil roosters onder waterniveau (m ²)	4 x 88,8 = 355	4 x 81,4 = 326	4 x 77,7 = 310	2 x 72 = 142 2 x 90 = 180
Totale breedte inlaat bij grof vuil rooster (m)				
Met inbegrip van peilers	36,5	36,5	36	n.v.t.
Netto opening	4 x 7,4 = 29,6	4 x 7,4 = 29,6	4 x 7,4 = 29,6	n.v.t.
Breedte voor inlaatkanaal (m)	75	100	60	n.v.t.
max. stroomsnelheid voor grofvuil rooster (m/s)				
Met inbegrip van peilers	0,98	0,96	0,87	n.v.t.
Netto grofvuil rooster	1,27	1,38	1,28	0,46 - 0,36
max. stroomsnelheid inlaatkanaal (m.s ⁻¹)	0,56	0,56	0,95	n.v.t.
Gemiddelde stroomsnelheid op afstand bovenstrooms van de WKC (m/s) bij maximaal turbinedebiet en gesloten stuw	0,58 at 450 m afstand	0,43 at 450 m afstand	0,40 at 250 m afstand	n.v.t.
Hoek grofvuil rooster	80°	80°	80°	90°
Spijlbreedte grofvuil roosters (cm)	10	10	10	?
Water kolom boven grofvuil roosters (m)	0,7	1,0	2,9	0
Vispassage	Ja	Ja	Ja	Ja
Niveau ingang (m)	2	1,6 + 0,7 (B-B)	0,9	0,9
Breedte ingang (m)	8	3,7 + 1,7 (B-B)	?	?
Doorsnede ingang (m ²)	16	7,1	?	?
Debiet (m ³ /s)	3,35	5 (max)	4	4
Stroomsnelheid ingang (m/s)	3,35 : (2 x 8) = 0,21	5 : 7,1 = 0,7	0,9 - 1,8	0,9 - 1,8
Bodemligging ingang (m N.A.P.)	+ 18,8	+ 3,4	5,06	2,06

B. Andere typen turbines / WKC's

Pentair Fairbanks Nijhuis / FishFlowInnovations visvriendelijke turbine

Recent is door Pentair Fairbanks Nijhuis in samenwerking met FishFlow Innovations een nieuwe lage druk visvriendelijke hydro turbine ontwikkeld (zie figuur 3). De rotor kent een specifiek ontwerp (min of meer afgeleid van de visvriendelijke pomp), met slechts 2 bladen en een relatief grote doorzwemzone.



In 2012 is het schaalmodel getest door IMARES (Winter *et al.*, 2012). De resultaten van dit onderzoek wijzen erop dat de nieuw ontwikkelde visvriendelijke turbine veilig is voor het laten passeren van paling. Directe sterfte, afwijkend zwemgedrag of ernstige verwondingen werden niet vastgesteld. Er werd geen verschil vastgesteld tussen de controlegroepen en de behandelings-groepen wat betreft het aantal palingen met kleine verwondingen

Figuur 3. Pentair Fairbanks Nijhuis turbine

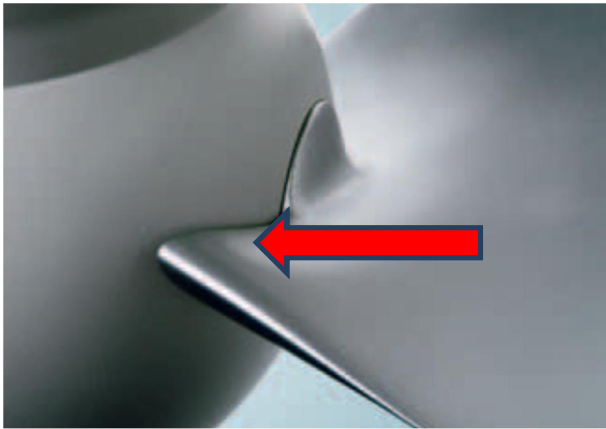
De meeste van deze verwondingen, vooral die met infecties, bleken voorafgaand aan het experiment te zijn veroorzaakt. Uitgestelde sterfte na 96 uur bleef voor alle groepen beperkt tot 0,9% en werd aangetroffen in zowel het compartiment van de controlegroepen als in een van de compartimenten van de behandelingsgroepen.

In het andere compartiment van de behandelingsgroepen werd geen sterfte vastgesteld, wat erop duidt dat de vier sterftegevallen geen verband houden met het passeren van de turbine, maar waarschijnlijk het gevolg zijn van het meermaals vangen, bewaren, hanteren en vervoeren van de palingen. Het schaalmodel is ook getest voor smolts, middels het doorvoeren van kleine regenboogforellen. Hier leek aanzienlijk meer schade op te treden, die echter waarschijnlijk niet op het conto van de turbine komt, maar veroorzaakt werd door de vormgeving van de uitstrooiopeening. Op korte termijn zal een nieuwe test plaatsvinden om de visveiligheid voor smolts vast te stellen.

Minimal Gap Runner technologie

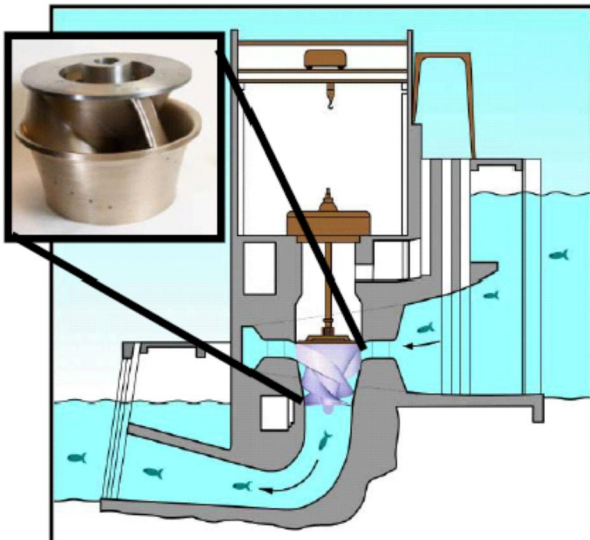
Turbines met verstelbare bladen in de rotor (Kaplan) worden gekenmerkt door openingen aan de voor- en achterzijde van de basis van het blad, die groter of kleiner worden al naar gelang de stand van het blad. Hierdoor ontstaan vortices met hogere stroomsnelheden, 'shear' (tegengesteld stromende watermassa's, die als een schaar kunnen werken), snelle drukverschillen met lage absolute druk, verschijnselen die allemaal kunnen leiden tot schade aan vis. Ook kan vis in de openingen beklemd raken, danwel beschadigen door de scherpe randen. Om de gevolgen hiervan voor vis te minimaliseren heeft Voith Hydro de Minimal Gap Runner (MGR) technologie ontwikkeld (binnen het Advanced Hydro power Turbine system (ATHS) programma van de Amerikaanse overheid). De vormgeving van de bladen is precies afgestemd op de bolronde vormgeving van de rotor, waardoor de eerder genoemde openingen ontbreken. Hierdoor wordt de efficiëntie van de turbine verbeterd en zou de schade aan vis aanzienlijk kleiner moeten zijn. Over de mate van visvriendelijkheid is niet heel veel bekend. Voith Hydro zelf geeft aan dat de schade aan vis kleiner is dan 5%. Anderen noemen een visveiligheid van 96-98%.

Figuur 4 geeft een afbeelding (detail) van een MGR rotor. De pijl laat de nauwe aansluiting van het blad op de hub zien, evenals de afgeronde vorm van het blad. Een overzicht van een Kaplan turbine staat op pagina 59 van dit rapport (figuur 2).



Figuur 4. Minimal Gap Runner rotor

Alden visvriendelijke turbine



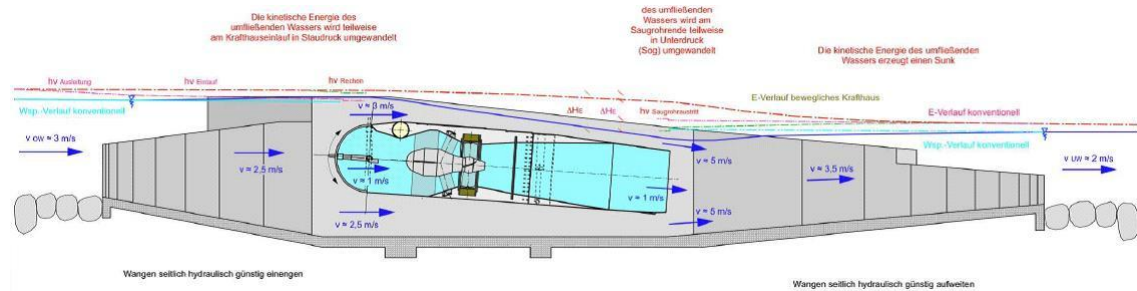
Binnen hetzelfde overheidsprogramma van de V.S. heeft Alden een visvriendelijke turbine ontwikkeld met andere uitgangspunten. In wezen is de rotor zoveel mogelijk visveilig gemaakt, waarbij het ontwerp min of meer is gebaseerd op de 'wokkel' van de visvriendelijke hidrostal pomp (zie figuur 5). Op basis van modelberekeningen wordt een visveiligheid van 98% voorspeld voor vissen van 20 cm lengte.

Figuur 5. Alden visvriendelijke turbine

In samenwerking met EDF (Électricité de France) wordt een proefproject in Frankrijk voorbereid om een en ander op schaal in de praktijk te testen op visvriendelijkheid. Het betreft het EDF Pébernat Hydroelectric Project; hierbij wordt een 4 MW unit geïnstalleerd (25 m³/s bij een peilverschil van 20 m) in 2013. In 2014 en 2015 zullen de energetische opbrengst en efficiëntie worden getest en zal de visvriendelijkheid in de praktijk worden vastgesteld.

Submarine centrale

Hydro Energy Roth GmbH heeft de submarine centrale ontwikkeld. Het betreft hier een MGR Kaplan turbine in een behuizing die in zijn geheel onderwater kan worden geplaatst. Kenmerkend voor dit type centrale is het halve cirkelvormige fijnrooster met een reiniger aan de binnenzijde en de aanwezigheid van 2 bypasses (boven en onder de turbine-unit). De turbine-unit heeft een kantelpunt; bij lagere afvoeren rust het turbinehuis op de bodem. Bij hogere afvoeren komt de turbine-unit los van de bodem en wordt de onderste bypass geopend. Figuur 6 geeft een dwarsdoorsnede.



Figuur 6. De submarine centrale

Van dit type centrale zijn er momenteel 2 gerealiseerd in Duitsland. De submarine centrale in de Kinzig te Gengenbach is recent op vis schade en migratiemogelijkheden onderzocht (BUGEFI & LFV Hydroakustik (2011)). Gedurende de observatieperiode (voorjaar 2011) werd geen schade aan vis waargenomen door impingement op het fijnrooster, noch werd schade geconstateerd als gevolg van de roosterreiniger. Aal werd echter niet waargenomen tijdens deze monitoring. Vissen kleiner dan 15 cm werden waargenomen zwemmend voor het rooster. Deze vissen gingen op geen enkel moment door het rooster heen (geen entrainment). In Nederland is een initiatief voor een submarinecentrale te Belfeld vergund. Voor nadere informatie hierover zie Vriese (2011a).

WKC te Bremen

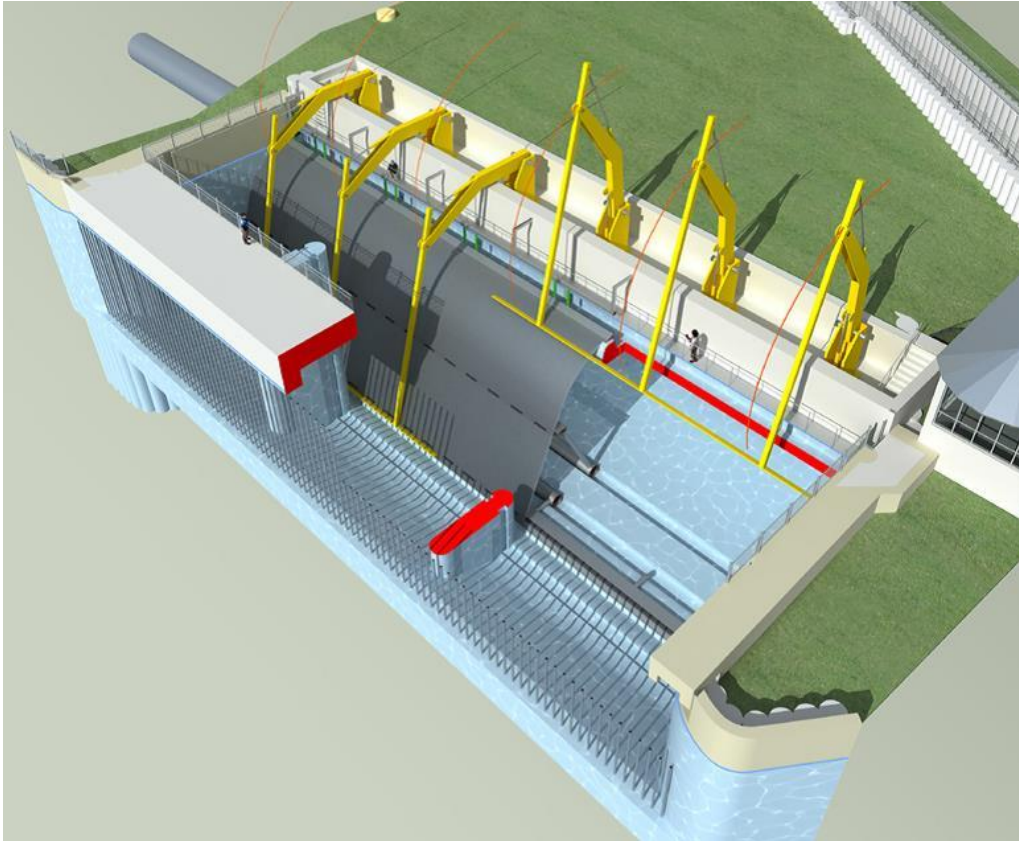
Te Bremen in de Weser is een relatief grote WKC (max. 220 m³/s, gemiddeld 160 m³/s) gerealiseerd, met 'state of the art' voorzieningen om deze zo visveilig mogelijk te maken. De turbines zijn van het MGR Kaplan type, maar de bijzonderheid zit in de lay out en het gebruik van fijne roosters. De centrale neemt gemiddeld 50% van het rivierdebiet, wat in het algemeen betere mogelijkheden biedt voor afleiding van vis. Tevens staat het inlaatkanaal haaks op de stroomrichting van de rivier. Figuur 7 geeft het overzicht.



Figuur 7. WKC te Bremen (1. Inlaat; 2. inlaatkanaal; 3. vispassage, 4. WKC; 5. Uitlaatkanaal).

De centrale heeft 2 horizontale Kaplan turbines (rotordiameter 3,7 m, 3 schoepen, 115 RPM). Er is aan de buitenzijde een grofrooster met een spijlafstand van 40 cm. Binnen het grofrooster bevindt zich een fijnrooster (42 m breed, 8 m hoog) met een spijlafstand van 2,5 cm en een reinigingssysteem. Het fijnrooster is aan de bovenzijde gebogen en staat altijd onder water. Alhier bevindt zich 1 open bypass systeem. Verder zijn er nog 2 buisvormige bypasses in het midden van het rooster en aan de bodemzijde. Op elk moment is de vis niet meer dan 2 m verwijderd van een

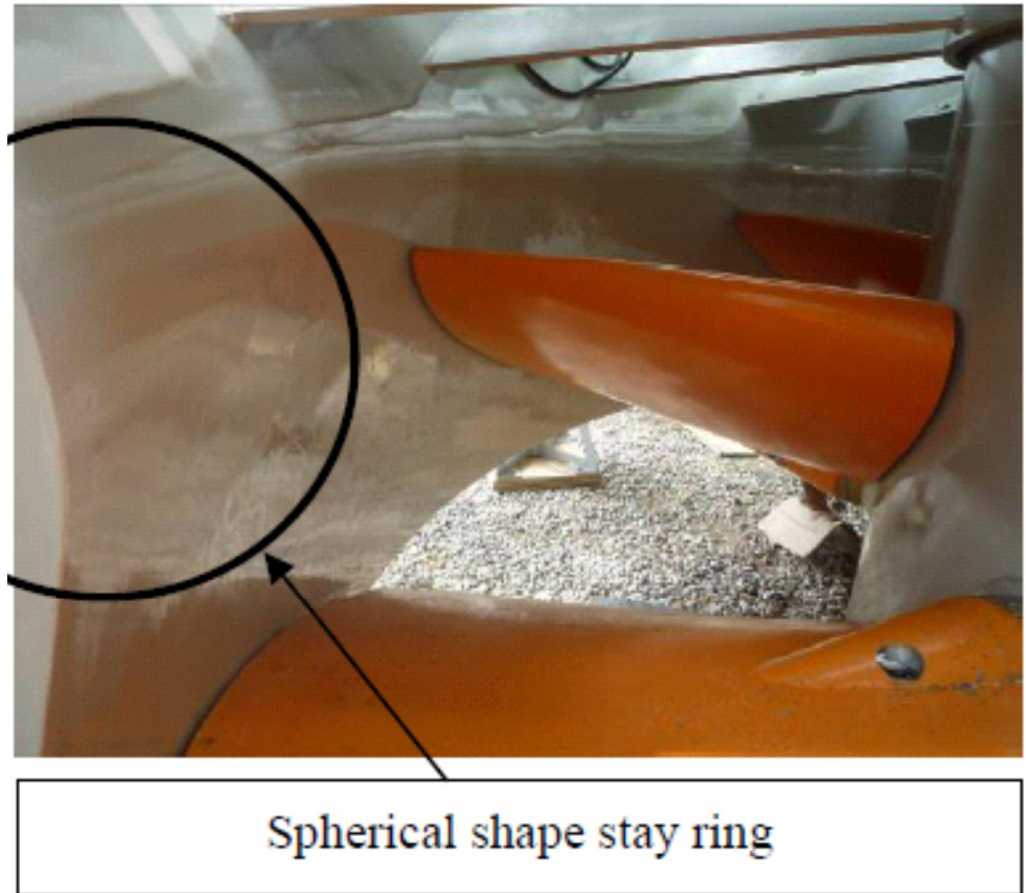
bypass ingang. Onderzoeksresultaten aangaande visschade zijn momenteel nog niet bekend.



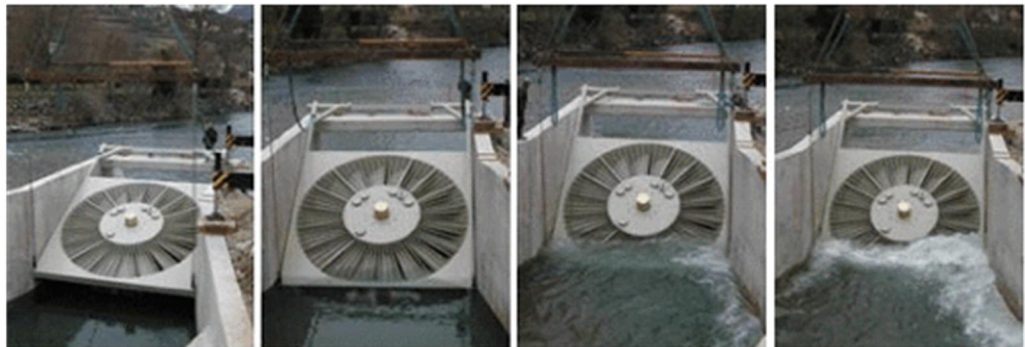
Figuur 8. Opengewerkte inlaat, met grof en fijn rooster

Very Low Head (VLH) turbine

Op de Moezel, in Frankrijk, vlak bij Nancy is een VHL turbine geïnstalleerd. Het betreft hier een verbeterde versie van VLH turbine (vorige type veroorzaakte 7,7% mortaliteit bij schieraal en 3,1% bij smolts), waarbij de buitenring sferisch is vormgegeven (zie figuur 9a en 9 b). De turbine heeft een capaciteit van 0,4 MW, een debiet van $22 \text{ m}^3/\text{s}$ bij een peilverschil van 2,4 m. Draaiend op vol vermogen werden 200 schieralen (60 cm tot 1 m) door middel van een buis direct boven de rotor losgelaten. Aan de uitstroomzijde was een groot net bevestigd, dat echter niet geheel sluitend was. In totaal werden 177 alen teruggevangen. Directe mortaliteit en ernstige schade was 0%. In totaal 2% van de alen was lichtbeschadigd (externe oppervlakkige verwondingen). Na 24 tot 48 uur was er nog geen mortaliteit opgetreden. Niet uitgesloten wordt dat er enige uitgestelde mortaliteit is en dat bij lagere vermogens alsnog schade zou kunnen optreden. De VLH turbine is niet onderzocht met smolts (Lagarrique & Frey, 2011).



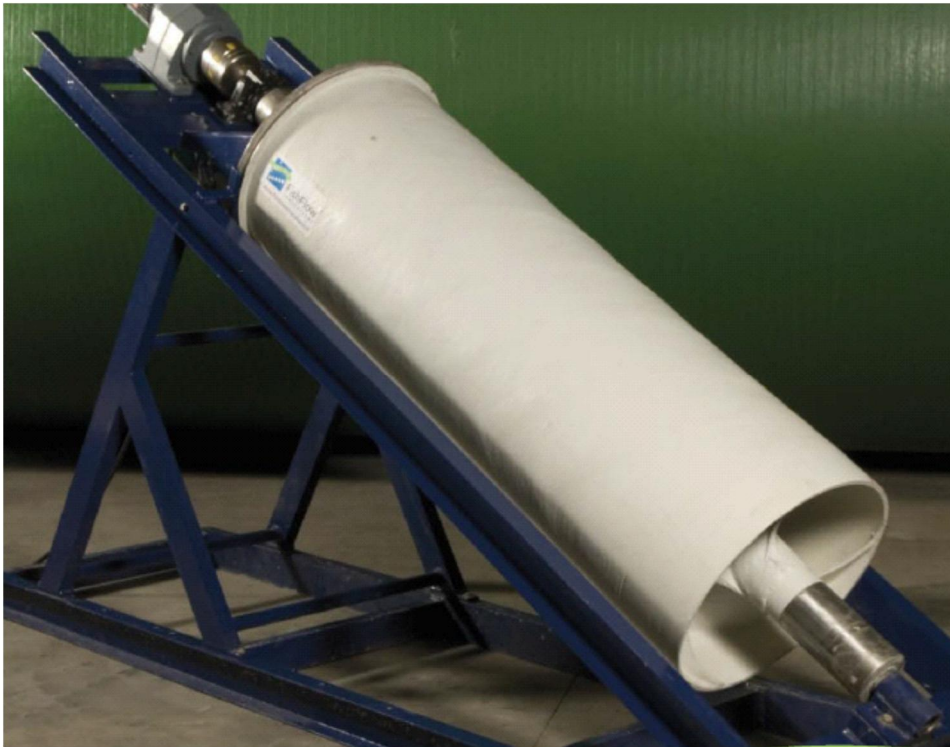
Figuur 9a. VLH turbine met sferische buitenring



Figuur 9b. VLH turbine in werking

Vijzelturbine/Schroef van Archimedes

Uit onderzoek is gebleken dat vijzels als pompinstallatie niet of nauwelijks schade veroorzaken aan vis. FishFlow Innovations ontwikkelde de buisvijzel (figuur 10) die nog visvriendelijker is dan conventionele vijzels. Vijzels kunnen ook als turbines worden ingezet. De vijzelturbine bestaat uit een buisvijzel waarbij vijzel en omhulking één geheel vormen. De breedte van de vijzelbladen neemt tijdens de eerste winding geleidelijk van buiten naar binnen toe. Door deze aangepaste beschoeping is de kans op visschade beperkt en kan de turbine vuil eenvoudig verwerken. Voor het goed functioneren van een vijzelturbine (geldt ook voor vijzels) is het belangrijk dat de waterstand niet veel fluctueert.

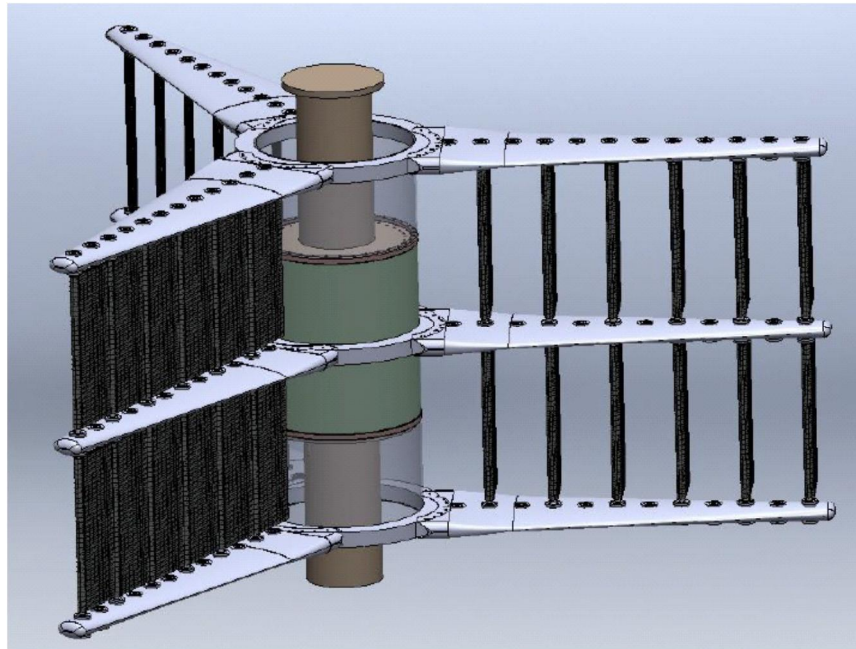


Figuur 10. Vijzelturbine van FFI

Overige installaties

Een aantal systemen is recent ontwikkeld of aan de ontwikkeling wordt nog gewerkt. Het betreft hier systemen als VIVACE (Vortex Induced Vibrations Aquatic Clean Energy), de Hydroring, Oryon Watermill etc. Meestal zijn dit betrekkelijk kleinschalige installaties waarvan op voorhand al gezegd kan worden dat deze weinig schade zullen veroorzaken aan vis. Geschikt om op grote schaal energie op te wekken zijn ze, vanwege hun aard, meestal niet. Hierna volgt een korte toelichting op de Oryon Watermill (zie figuur 11).

De Oryon Watermill is een systeem dat bestaat uit roterende panelen met daarin draaibare lamellen. Door de waterstroom sluiten de lamellen (aan één kant), waarmee de installatie in beweging komt en energie kan opwekken. Aan de andere zijde openen zich de lamellen en laten het water passeren. De snelheid waarmee de panelen ronddraaien wordt bepaald door de stroomsnelheid van het water. De installatie staat open in de waterloop en vis kan aan alle kanten eenvoudig passeren. Er zijn van dit systeem meerdere ontwerpen, met een open behuizing of een deels gesloten behuizing.



Figuur 11. De Oryon Watermill (voorbeeld: met generator in de as)