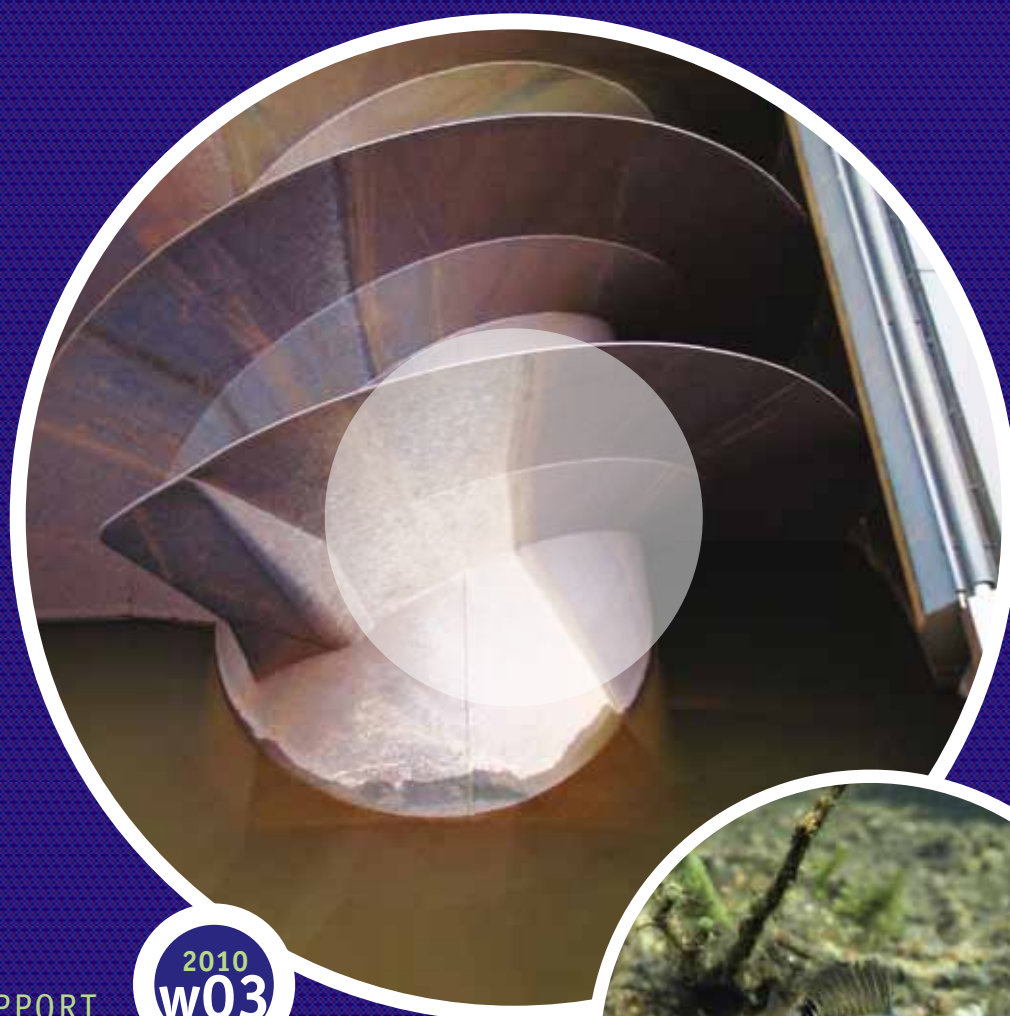


GEMALEN OF VERMALEN WORDEN



RAPPORT

2010
w03



GEMALEN OF VERMALEN WORDEN
ONDERZOEK NAAR VISVRIENDELIJKHEID VAN GEMALEN

2010
w03



COLOFON

Amersfoort, 2010

UITGAVE STOWA, Amersfoort

AUTEURS

ir. J.M. Kunst

ing. B. Spaargaren

ir. T. Vriese

ing. M. Kroes

dr. C. Rutjes

ir. E. van der Pouw Kraan

drs. R.R. Jonker

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA rapportnummer 2010-W03

SAMENVATTING

ALGEMEEN

Voorliggende rapportage is het resultaat van een inventarisatie naar de visvriendelijkheid van gemalen in Nederland. Op basis van literatuurstudie en een enquête onder waterbeheerders is de nodige informatie bijeen gebracht.

De studie heeft zich gericht op een aantal aspecten:

- Wet- en Regelgeving;
- Technische aspecten van gemalen;
- Literatuuronderzoek naar visschade door gemalen;
- Inventarisatie (technisch/ecologisch) van gemalen in Nederland;
- Huidige situatie van visvriendelijkheid van gemalen in Nederland;
- Literatuuronderzoek naar visvriendelijke gemalen
- Definieren van kennishiaten;
- Definieren van een onderzoeksadvies om deze kennishiaten op te heffen;
- Opstellen van een afwegingskader ten behoeve van ver- of nieuwbouw van gemalen.

Voor deze studie is het begrip **visvriendelijkheid** van opvoerwerken gedefinieerd in twee dimensies:

- **vispasseerbaarheid** (in welke mate is migratie van vis door het opvoerwerk mogelijk), en
- **visoverleefbaarheid** (in welke mate treedt schade en sterfte op aan vis bij pogingen het opvoerwerk te passeren).

Een opvoerwerk is alleen volledig visvriendelijk als voldaan is aan volledige vispasseerbaarheid en volledige visoverleefbaarheid.

WET- EN REGELGEVING

De wet- en regelgeving op dit gebied is in ontwikkeling. Afspraken over vrije migratie van vissoorten in de stroomgebieden van de Beneluxlanden worden in overeenstemming gebracht met de vereisten vanuit de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). De prioritaire migratieknelpunten zijn geïnventariseerd. Naast deze algemene benadering zijn er ook soort-specifieke verordeningen vigerend. De belangrijkste is de *Europese Aalverordening (VERORDENING (EG) Nr. 1100/2007)*. Hierin is afgesproken dat de Europese lidstaten beheerplannen voor de aal opstellen. De doelstelling van deze verordening is dat er ten minste 40 % van het oorspronkelijke bestand van schieraal naar zee kan migreren.

TECHNISCHE ASPECTEN VAN GEMALEN

In de huidige situatie kiest de waterbeheerder een opvoerwerk meestal op basis van het energetisch en dus economisch meest gunstige alternatief. Een meer visvriendelijke aanpak (en daarbij beter aansluiten bij de wet- en regelgeving) is die waarbij de meest visvriendelijke oplossingen wordt gekozen. Daartoe zijn opvoerwerken in een vijftal hoofdcategorieën verdeeld:

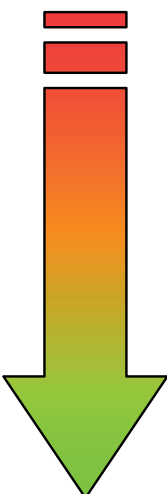
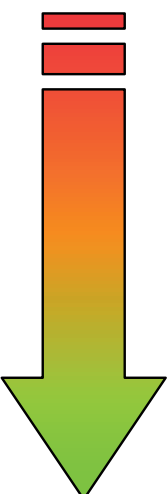
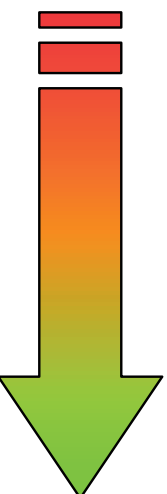
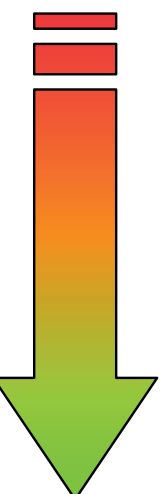
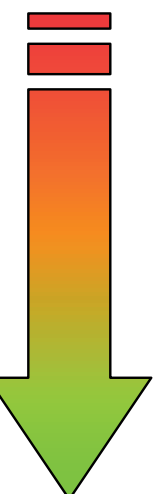
- Scheprad;
- Vijzel;
- Centrifugaalpomp;
- Schroefcentrifugaalpomp;
- Schroefpomp.

Van deze opvoerwerken is het functioneren op hoofdlijnen beschreven en zijn de obstakels voor vissen aangegeven.

Op basis van deze studie is onderstaande onderverdeling in visvriendelijkheid gedaan.

MEEST VISVRIENDELIJK	
1 Scheprad	Er is tot nu toe 1 schepradgemaal onderzocht (boezemgemaal).
Buisvijzel**	Het betreft hier expert judgement, dit type is tot nu toe in nog niet in Nederland gerealiseerd.
Hidrostaal**	Het betreft hier expert judgement, dit type is tot nu toe in nog niet in Nederland gerealiseerd.
2 De Witvijzel***	Er is 1 De Wit vijzel onderzocht (boezemgemaal).
VOPO faunapomp**	Het betreft hier expert judgement, dit type is tot nu toe in nog niet in Nederland getest.
Vijzel	
3 Schroefcentrifugaalpomp	
bv. Beveron	
BVOP	
Centrifugaalpomp	
Schroefpomp	
bv. Horizontale schroefpomp	
Open schroefpomp	
MINST VISVRIENDELIJK	

Tevens is vastgesteld welke parameters in het algemeen van invloed zijn op de visvriendelijkheid van opvoerwerken. Onderstaande figuur geeft een overzicht van hun invloed.

	Capaciteit	Waaierdiameter	Opvoerhoogte	Toerental	Aantal draai-uren
VISVRIENDELIJK	LAAG	KLEIN	HOOG	HOOG	GROOT
					
VISONVRIENDELIJK	HOOG	GROOT	LAAG	LAAG	KLEIN
					

LITERATUURONDERZOEK NAAR VISSCHADE DOOR GEMALEN

Op basis van (internationale) literatuur is een indeling gemaakt naar optredende schade-profielen bij vissen die gemalen passeren. Deze indeling is gebaseerd op de volgende onderdelen:

- schade door inzuiging;
- schade door stroomsnelheid en turbulentie;
- schade door drukverschil;
- schade door aanraking met delen van de pomp;
- schade door cavitatie.

LITERATUURONDERZOEK NAAR VISVRIENDELIJKE GEMALEN

Visvriendelijke opvoerwerken die er tot nu toe zijn gerealiseerd in Nederland betreffen:

- vijzels (de Wit-vijzel),
- hidrostoppompen en
- faunapompen.

Van deze opvoerwerken is alleen de zogenaamde De Wit vijzel tot nu toe op visvriendelijkheid geëvalueerd. Een ander type vijzel, de zogenaamde buisvijzel, is nog niet gerealiseerd in Nederland. Hidrostoppompen zijn geëvalueerd in de VS. Het is onduidelijk in hoeverre hetzelfde type is toegepast in Nederland. Ook de gerealiseerde faunapompen zijn nog nooit geëvalueerd op visvriendelijkheid. De mate waarin vis daadwerkelijk wil passeren via de genoemde visvriendelijke opvoerwerken is niet bekend.

Van de opvoerwerken die zijn voorzien van een bypass is er tot nu toe 1 gerealiseerd, te weten het venturigemaal te Haren (Waterschap Hunze en Aa's). Overige maatregelen zijn het wegvangen en aan de andere zijde van het opvoerwerk uitzetten, en kunnen vooral op korte termijn effect hebben.

Het weggagen van vissen bij opvoerwerken kan op verschillende manieren worden gedaan. Ze zijn vooral gebaseerd op het gedrag van vissen. In Nederland staat de toepassing nog in de kinderschoenen, er is nauwelijks ervaring mee opgedaan. Alleen bij het eerder genoemde opvoerwerk in Haren is een stroboscooplamp ingezet om vis te verjagen. Ook met het fysiek weren van vis, door gebruikmaking van fijnroosters, is geen ervaring opgedaan. Er is geen kennis beschikbaar in welke mate vissen worden afgeschrikt door het geluid van opvoerwerken of worden geweerd door grofveulroosters.

Oplossingen voor stroomopwaarts gerichte migratie bestaan er in uiteenlopende oplossingen. Hiervoor wordt verwezen naar de bestaande literatuur op dit gebied.

INVENTARISATIE (TECHNISCH/ECOLOGISCH) VAN GEMALEN IN NEDERLAND

In de database is van een representatief geachte hoeveelheid gemalen inmiddels de nodige informatie vastgelegd. Van geen enkelemaal is de informatie echter al compleet. Met name de informatie met betrekking tot visschade en ecologische aspecten is tot nu toe zeer summier.

Dit neemt niet weg dat de database nu al interessante mogelijkheden biedt ten aanzien van inventarisatie van de visschadelijkheid van gemalen. Door dwarsverbanden te leggen met reeds uitgevoerde onderzoeken zijn interessante conclusies te trekken. Hierop wordt in het volgende hoofdstuk ingegaan.

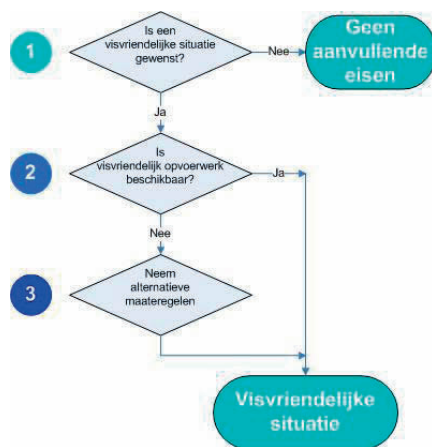
Geadviseerd wordt om de database verder uit te breiden en aanvullend onderzoek te doen om de database up-to-date te krijgen. Dit is van belang om een representatief beeld te krijgen van de Nederlandse situatie en tevens kunnen de gegevens uit de database worden gebruikt om referentieoplossingen te genereren in het afwegingskader.

HUDIGE SITUATIE VAN VISVRIENDELIJKHEID VAN GEMALEN IN NEDERLAND

Op basis van de database en de gegevens uit de literatuurstudie is een indicatieve berekening gemaakt van de te verwachten visschade in Nederland. Op basis van zeer globale aannames wordt berekend dat circa 91 ton per jaar aan visschade optreedt, waarvan ongeveer een derde deel bestaat uit aal en twee derde uit schubvis.

AFWEGINGSKADER

Onderstaand is het afwegingskader weergegeven. Belangrijkste uitgangspunt voor het afwegingskader is de waterbeheerder te faciliteren in zijn afweging. In feite bestaat het hele besluitproces slechts uit drie vragen, weergegeven in onderstaande figuur.



Indien geconstateerd wordt dat de lokale situatie niet om een visvriendelijke oplossing vraagt, zijn geen aanvullende eisen aan het opvoerwerk benodigd.

Indien er wel een visvriendelijke situatie gewenst is, dan dient deze bij voorkeur gerealiseerd te worden door visvriendelijke opvoerwerken.

Indien gezien de specifieke situatie geen visvriendelijk opvoerwerken toe te passen zijn, kunnen alternatieve maatregelen (als roosters, licht of geluid) er voor zorgen dat uiteindelijk toch een visvriendelijke situatie gerealiseerd wordt.

KENNISHIATEN

Het afwegingskader wat gepresenteerd is leidt tot een besluitvormingstraject, waarbij geborgd is dat een visvriendelijke situatie wordt gecreëerd, indien deze gewenst is.

Op dit moment is echter nog onvoldoende kennis beschikbaar om het volledige besluitvormingstraject in te kunnen invullen.

Nu is nog te weinig bekend van de visvriendelijkheid van de diverse opvoerwerken die in de markt beschikbaar zijn. Allereerst dient een beter beeld te worden verkregen welke pomptypen in welke getale daadwerkelijk in Nederland worden toegepast. De huidige inventarisatie biedt daartoe onvoldoende zekerheid. Op basis van een representatieve database kunnen goede referenties worden gevonden en kunnen eventuele vervolgonderzoeken gericht worden uitgevoerd.

Uit deze studie is tevens gebleken dat de huidige kennis, onder andere ten aanzien van het drukverloop in en de schadelijkheid van bepaalde pomptypen (in relatie met capaciteit, opvoerhoogte en toerental) en kennis over het gedrag van vis nog duidelijk hiaten vertonen.

Met aanvullende informatie kan een betere rangschikking gemaakt worden van visvriendelijkheid van opvoerwerken.

Ten aanzien van de inzetbaarheid van alternatieve maatregelen bestaan veel kennishiaten. Vragen aangaande onderstaande aspecten kunnen niet direct beantwoord worden:

- de mogelijkheid om overige alternatieven tijdelijk bij opvoerwerken in te zetten;
- de efficiëntie en reacties van vis op stimuli (licht, geluid, omgekeerde waterstroming, combinaties);
- in hoeverre grofval roosters momenteel als fysieke barrière werken;
- de mogelijkheden voor toepasbaarheid (kosten en beheer) van bepaalde systemen.

In Bijlage 4 zijn de gesignaleerde kennishiaten verder uitgewerkt tot een onderzoeksadvies. Geadviseerd wordt aanvullend onderzoek uit te voeren naar de onderlinge verhoudingen in visvriendelijkheid tussen diverse opvoerwerken. Hieraan kunnen zowel veldonderzoek als modelonderzoek ten grondslag liggen.

Een eerste belangrijke stap die moet worden genomen is het uitbreiden van de bestaande database. Een validatie van de huidige data is noodzakelijk en een uitbreiding van de data moet er toe leiden dat een hogere representatieve waarde wordt bereikt. Met de huidige database is geen duidelijk beeld te scheppen van de in Nederland toegepaste opvoerwerken en kan de database dus ook niet als referentie worden gebruikt.

Verder dient het technisch functioneren van de opvoerwerken in relatie tot mogelijke vis-schade verder te worden onderzocht. Middels modelberekeningen en praktijkonderzoeken moet meer inzicht worden verkregen in de schademechanismen.

In de praktijk moet onderzocht worden welke maatregelen getroffen kunnen worden om te voorkomen dat vissen de gemalen intrekken. Hierbij valt te denken aan gebruik van licht, geluid of roosters.

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n 6,5 miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 033 - 460 32 00.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

GEMALEN OF VERMALEN WORDEN

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
2	ACHTERGROND VAN HET ONDERZOEK	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Probleemstelling	4
2.3	Wet- en regelgeving	4
2.4	Doelstelling	6
2.5	Werkwijze	8
2.6	Resultaat	9
2.7	Randvoorwaarden	9
2.8	Uitgangspunten	9
3	GEMALEN	10
3.1	Inleiding	10
3.2	Waarom een gemaal?	10
3.2.1	Peilbeheer	10
3.2.2	Watertransport	11
3.3	Typen gemalen	11
3.3.1	Boezemgemalen	12
3.3.2	Poldergemalen	12
3.3.3	Hoogwatergemalen	12
3.3.4	Opvoergemalen	12
3.3.5	Onderbemalingen	12
3.3.6	Transportgemalen	12
3.3.7	Circulatiegemalen	13
3.3.8	Doorspoelgemalen	13

3.4	Aandrijving	13
3.5	Wateropvoerwerken	13
3.5.1	Algemeen	13
3.5.2	Bestaand afwegingskader	14
3.5.3	Typen wateropvoerwerken	15
3.6	Werking van de opvoerwerken	16
3.6.1	Scheprad	16
3.6.2	Vijzel	16
3.6.3	Centrifugaalpompen	17
3.6.4	Schroefcentrifugaalpompen	18
3.6.5	Schroefpompen	20
3.7	Conclusies	21
4	VISSCHADE DOOR GEMALEN	22
4.1	Algemeen	22
4.2	Schadeverschijnselen	23
4.2.1	Inzuigen (entrainment) en schade bij de inzuigopening	23
4.2.2	Schade door stroomsnelheid en turbulentie	25
4.2.3	Schade door drukverschil	27
4.2.4	Schade door aanraking met delen van de pomp	28
4.2.5	Schade door cavitatie	28
4.3	Visvriendelijkheid per type opvoerwerk	29
4.3.1	Stroomopwaarts gerichte migratie	29
4.3.2	Stroomafwaarts gerichte migratie	29
4.3.3	Relatie met andere factoren (toerental, capaciteit en opvoerhoogte)	33
4.4	Conclusies	35
5	RESULTATEN INVENTARISATIE GEMALEN IN NEDERLAND	37
5.1	Inleiding	37
5.2	Gegevens	37
5.3	Geïntariseerde opvoerwerken	37
5.4	Bruikbaarheid gegevens	39
5.5	Toegepaste opvoerwerken	39
5.6	Visschade en ecologische aspecten	42
5.7	Conclusie	43
6	POTENTIËLE VISSCHADE DOOR GEMALEN IN NEDERLAND	44
6.1	Methode	44
6.2	Omvang van de vissterfte (per type opvoerwerk en naar landelijk niveau)	48
6.3	Discussie	50
6.4	Conclusies	54

7	VISVRIENDELIJKE ALTERNATIEVEN	56
7.1	Alternatieven voor opvoerwerken	56
7.1.1	Visvriendelijke vijzels	56
7.1.2	Hidrostaalpompe	58
7.1.3	VOPO Faunapompe	59
7.2	Alternatieven voor het systeem	60
7.2.1	Bypasses	60
7.2.2	Gedragbarrières	61
7.2.3	Fysieke barrières	63
7.3	Oplossingen stroomopwaartse migratie	63
7.4	Conclusies	64
8	AFWEGINGSKADER	65
8.1	Algemeen	65
8.2	Achtergrond	65
8.3	Benodigde kennis	66
8.3.1	Beschikbare kennis	66
8.3.2	Kennishiaten	66
8.4	Gebruik afwegingskader	66
8.5	Vraag 1: Visvriendelijke situatie gewenst	67
8.5.1	Ruimtelijke kennis	68
8.5.2	Technische kennis	68
8.5.3	Ecologische kennis	68
8.5.4	Conclusie	69
8.6	Vraag 2: Keuze van opvoerwerk	69
8.6.1	Hoofddeling opvoerwerken	69
8.6.2	Mogelijke oplossingen	70
8.6.3	Keuze van de oplossing	72
8.6.4	Kennishiaten	72
8.7	Vraag 3: Alternatieve maatregelen	72
8.7.1	Onpasseerbaar maken van opvoerwerktuig	72
8.7.2	Vispasseerbaar maken van opvoerwerktuig	73
8.7.3	Kennishiaten	73
8.8	Conclusies	73
	BIJLAGEN	
1	BELEID IN RELATIE TOT SCHADE AAN VIS DOOR GEMALEN	74
2	OPVOERWERKEN	85
3	BESTAAND ONDERZOEK VISVRIENDELIJKHEID GEMALEN	92
4	ONDERZOEKSVRAGEN	100
5	LITERATUUR	121
6	VOORBEELD AFWEGINGSKADER	124
7	VISMIGRATIE EN BEHEER VAN OPVOERWERKEN	128

1

INLEIDING

Nederland wordt altijd gekenschetst als het vlakke land. Geen land dat zo weinig hoogteverschillen kent. Echter wanneer wordt ingezoomd blijkt dat Nederland wel degelijk te maken heeft met hoogteverschillen. Het diepste punt ligt circa 6 meter onder N.A.P. en de top van de Vaalserberg ligt op ca. 322 m boven N.A.P. Grofweg 40% van Nederland ligt onder zeeniveau. Dit betekent dat we gemalen nodig hebben om het water naar zee te kunnen afvoeren.

Gemalen vormen hiermee een elementaire en noodzakelijke schakel in de waterhuishouding van Nederland. Daarnaast betekent de plaatsing van een gemaal tevens dat een verbinding tussen twee stroomgebieden wordt gecreëerd, net zoals dat het geval is met inlaten. Deze verbindingen zijn vaak de enige mogelijkheid voor migratie van vis tussen de aanwezige peilgebieden.

Met name de gemalen vormen naast een mogelijkheid tot migratie tegelijkertijd een hinderenis. Ondanks de verbinding tussen twee peilgebieden, kan een gemaal een fysieke barrière betekenen die migratie uitsluit. Ook kan vis fysiek schade worden toegebracht bij een al dan niet gewilde passage door het gemaal.

Dit rapport is het resultaat van een onderzoek naar visvriendelijkheid van gemalen. Het centrale doel is te onderzoeken of gemalen een significante schade aan vis toebrengen en of het type gemaal hier (en welke) invloed op heeft. Vervolgvraag is of bestaande visvriendelijke gemalen de claim visvriendelijkheid waarmaken, en in welke mate.

FIGUUR 1.1

GEBIEDEN (PAARS) ONDER 0 M N.A.P. (BRON AHN)



In Hoofdstuk 2 worden de achtergronden en randvoorwaarden van dit project omschreven. Hierbij wordt ingegaan op definities, probleemstelling, doelstelling en randvoorwaarden. Verder worden relevante wet- en regelgeving en beleidsdoelstellingen nader omschreven.

Hoofdstuk 3 geeft inzicht in de verschillende typen gemalen en in de kenmerken en het functioneren van deze gemalen. Tevens wordt een voorschot gegeven op mogelijke schadebeelden (H4) en de inventarisatie (H5).

Hoofdstuk 4 gaat in op de gegevens van het literatuuronderzoek naar visschade door gemalen. In Hoofdstuk 5 worden de resultaten van de inventarisatie van gemalen in Nederland toegelicht. Op basis van de voorliggende hoofdstukken wordt in Hoofdstuk 6 een beeld geschetst van de huidige visvriendelijkheid van gemalen in Nederland.

Hoofdstuk 7 behandelt de beschikbare visvriendelijke alternatieven. Hoofdstuk 8 tenslotte geeft een afwegingskader voor waterbeheerders die voor de keuze staan om een gemaal te bouwen of te vervangen.

2

ACHTERGROND VAN HET ONDERZOEK

2.1 INLEIDING

Gemalen zijn in Nederland onmisbaar om droge voeten te houden. Met de ontwikkelingen op het gebied van milieu en klimaat klinkt de roep steeds harder naar duurzame gemalen. Een belangrijk aspect hierbij is gelegen in de visvriendelijkheid. In de praktijk blijkt dat er door gemalen veel schade optreedt bij vissen. De vraag die daarom gesteld wordt, is of de gemalen niet visvriendelijker gemaakt kunnen worden.

Op dit moment is de overheid bezig om een duurzaam inkoopbeleid op te stellen. In dit inkoopbeleid wordt ook aandacht geschonken aan duurzaam inkoopbeleid van overheden met betrekking tot gemalen (SenterNovem). Voor dit duurzame inkoopbeleid is reeds een aantal thema's benoemd die een rol spelen bij het begrip duurzaamheid in relatie tot gemalen. Tabel 2.1 geeft een overzicht van deze thema's.

TABEL 2.1

THEMA'S TEN AANZIEN VAN DUURZAAMHEID VAN GEMALEN

Thema's	Ambitie
Milieukwaliteit	Milieubewust materiaalgebruik
	Energiebesparing
	Energiewinning
Sociale kwaliteit	Maatschappelijk verantwoord materiaalgebruik
	Intrinsieke waarde van dieren
Uitvoeringskwaliteit	Stimuleren werkgelegenheid
	Hinderbeperking omgeving
	Bevorderen luchtkwaliteit
Gebruikskwaliteit	Bevorderen gebruikskwaliteit
Omgevingskwaliteit	Inpassen in leefomgeving
	Inpassen in natuur
	Biodiversiteit
	Bodem- en waterkwaliteit
	Behoud cultuurhistorie

In dit onderzoek naar visvriendelijkheid van gemalen is getracht de thema's te volgen die door SenterNovem zijn gedefinieerd. Aangezien dit project focust op vispassage via gemalen zijn slechts drie thema's relevant:

- intrinsieke waarde van dieren;
- inpassen in de natuur;
- biodiversiteit.

De eerste richt zich op het individu, de andere twee richten zich op de populatie. In dit project wordt daarom zowel gekeken naar populatieschade als naar schade aan individuele dieren.

2.2 PROBLEEMSTELLING

In Nederland ontbreekt een afwegingskader voor waterbeheerders hoe om te gaan met gemalen in relatie tot vismigratie. Om een dergelijk afwegingskader op te zetten ontbreken op dit moment concrete gegevens over de mate waarin de passage van vis via gemalen een probleem vormt in Nederland en welke mogelijke maatregelen genomen kunnen worden om passage van vis via gemalen te vergemakkelijken.

2.3 WET- EN REGELGEVING

Hoewel een veelheid aan wet- en regelgeving en beleid van toepassing is op de bescherming van vis en visstanden, is er nog steeds discussie mogelijk of waterbeheerders verplicht zijn om maatregelen te treffen ter bescherming van vis bij gemalen. Nieuwbouw en het in gebruik nemen van gemalen is ontheffingsplichtig in het kader van de Flora- en Faunawet, voor respectievelijk categorie 3 en categorie 2 en 3 vissoorten indien schade wordt toegebracht aan de populatie. Dit laatste is naar verwachting moeilijk aantoonbaar. Veel van de wet- en regelgeving met betrekking tot vis is nauwelijks of slechts beperkt van toepassing op het specifieke probleem van schade aan vis door gemalen. Meer concreet dienaangaande zijn de Benelux Beschikking Vrije Vismigratie (1996), de EU Kaderrichtlijn Water, de EU Aalverordening en de beleidsuitspraken in de Decemhernota 2006.

De kern van de Benelux beschikking is gelegen in het mogelijk maken van de stroomopwaartse en stroomafwaartse migratie van diadrome vissoorten in alle hydrografische stroomgebieden van de Benelux voor 2010. Daarenboven verzekeren de regeringen de stroomafwaartse vismigratie van de juvenielen. Hieruit mag geconcludeerd worden dat voor een soort als aal migratie in en uit poldergebieden mogelijk gemaakt moet worden. De mate waarin dit moet gebeuren (dus welke barrières allemaal moeten worden opgeheven) wordt in de beschikking niet duidelijk gemaakt. Er wordt slechts gesproken over het realiseren van vismigratie van en naar paai- en opgroeigebieden. Er vanuit gaande dat bijna alle wateren in Nederland als opgroeigebied voor aal aangemerkt kunnen worden, zou dit een immense inspanning vergen van de waterbeheerders.

De EU Kaderrichtlijn Water richt zich o.m. op het stellen van kwaliteitsdoelen voor de visstand in de KRW wateren. Om de gewenste kwaliteitsdoelen te bereiken is een maatregel als het realiseren van vismigratievoorzieningen heel duidelijk in beeld. Veel waterbeheerders hebben op dit gebied zogenaamde vismigratieplannen ontwikkeld, waarbij de problematiek systematisch wordt aangepakt. In de eerste instantie lag hierbij de focus op de stromende wateren, maar hoe langer hoe meer worden ook stagnante wateren hierin betrokken mede omdat deze van oudsher een functie hebben als paai- dan wel opgroeigebied voor anadrome driedoornige stekelbaars en de katadrome aal. De problematiek van de gemalen (als migratiebelemmering en oorzaak van sterfte van vis) krijgt hierbij expliciet de aandacht. Opgemerkt kan worden dat de aandacht van de waterbeheerders hierbij verder gaat dan de aangewezen KRW wateren.

Vanuit de EU Aalverordening ligt er de verplichting voor landen om te komen tot een beheerplan voor de aal, dat uiterlijk eind 2008 bij de Europese Commissie moet worden ingediend. In de verordening wordt het doel ("het herstel van het bestand van Europese aal") en streefbeeld ("40 % van ... [de natuurlijke productie van de paairijpe] schieraal kan ontsnappen naar zee...") vastgesteld. De uitwerking, de keuze van beschermingsmaatregelen en de implementatie daarvan worden aan de lidstaten opgedragen. In de verordening wordt het passeer-

baar maken van gemalen voor schieraal om sterfte te verminderen als concrete maatregel genoemd. Het ligt voor de hand dat de overheid en dus ook de waterbeheerders hier (als veroorzakers van deze sterfte) een medeverantwoordelijkheid voelen en dus ook tot maatregelen komen om deze sterfte te verminderen.

FIGUUR 2.1

AAL (ANGUILLA ANGUILLA)



Als laatste zijn de beleidsuitspraken gedaan in de Decemhernota 2006, die door het Ministerie van Verkeer en Waterstaat is opgesteld, van belang. Deze uitspraken worden gedaan met het doel richting te geven aan de uitvoering van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) en Waterbeleid 21e eeuw (WB21) in 2007 en gelden als opmaat tot het stroomgebiedsbeheerplan 2009. Het betreft de volgende beleidsuitspraken:

“Om vismigratie naar ecologisch waardevolle wateren in binnen- en buitenland te bevorderen zullen de waterbeheerders in 2007 een lijst met prioritair op te heffen vismigratieknelpunten opstellen.”

En:

“Visgeleidende maatregelen dienen, voor zover ze relevant zijn voor vismigratie, ten minste te worden gerealiseerd bij nieuw te bouwen of te verbeteren gemalen, stuwen, sluizen en waterkrachtcentrales (WKC's).”

Aan de eerste beleidsuitspraak is door de waterbeheerders al gevolg gegeven, waarmee er nu een lijst beschikbaar is met prioritair op te heffen vismigratieknelpunten (w.o. gemalen).

Voor wat betreft de tweede beleidsuitspraak kan geconcludeerd worden dat enkele waterbeheerders al visvriendelijke gemalen hebben gerealiseerd en dat diverse waterbeheerders al bezig zijn met een planmatige aanpak om vast te stellen in welke mate bestaande gemalen schade veroorzaken en welke gemalen in de toekomst moeten worden vervangen door visvriendelijke versies. Ook bij nieuwbouw van gemalen krijgt het aspect visvriendelijkheid telkens meer aandacht, hoewel er uit de wet- en regelgeving geen expliciete verplichting tot het visvriendelijk maken van gemalen is af te leiden¹. Niettemin is uit het van toepassing zijnde beleid wel een duidelijke aansporing naar waterbeheerders aanwezig om gemalen visvriendelijker te maken.

Temeer daar diverse waterbeheerders dit al in concrete acties hebben omgezet, ligt het voor de hand dat de overige waterbeheerders op dit gebied niet achter kunnen blijven.

In Bijlage 1 wordt een compleet overzicht gegeven van wet-, regelgeving en beleid rondom vis.

¹ Het gaat hierbij om de specifiek op vis van toepassing zijnde wet- en regelgeving

WETTELIJKE KADERS

Vrije migratie van vissoorten (BENELUX)

In 1996 heeft Nederland zich gecommitteerd aan de Beschikking van het Comité van Ministers van de Benelux Economische Unie inzake de vrije migratie van vissoorten in de hydrografische stroomgebieden van de Beneluxlanden. Deze beschikking verplicht “de regeringen om vrije migratie van de vissoorten in alle hydrografische stroomgebieden” te realiseren. Wordt momenteel aangepast en in overeenstemming gebracht met de vereisten vanuit de KRW, prioritaire migratieknelpunten zijn geïnventariseerd.

Kaderrichtlijn Water (EU)

De inwerkingtreding van de Kaderrichtlijn Water (2000) heeft een belangrijk accent gelegd op het de rol van de vis in het aquatisch ecosysteem. De vissen vormen een zogenaamd “kwaliteitselement”, waarvoor de omstandigheden zodanig moeten zijn dat de vispopulatie als “goed” kan worden bestempeld. Maatregelen moeten worden uitgevoerd om de water-kwaliteit te verbeteren, ook t.a.v. vis.

Europese Aalverordening (VERORDENING (EG) Nr. 1100/2007)

Hierin is afgesproken dat de Europese lidstaten beheerplannen voor de aal opstellen. “Doel van de beheersplannen voor aal is het verminderen van de antropogene sterfte, zodat er een grote kans bestaat dat ten minste 40 % van de biomassa van schieraal kan ontsnappen naar zee. Deze 40% is dan de resultante van alle factoren die een beperking vormen van de migratie van aal. Een beheersplan voor aal kan onder meer in de volgende maatregelen voorzien:

- structurele maatregelen om rivieren passeerbaar te maken en de rivierhabitats te verbeteren, samen met andere milieumaatregelen;
- tijdelijke uitschakeling van hydro-elektrische turbines”. De 40% van schieraal heeft betrekking op oorspronkelijke situatie (pristine situation) en dus niet op de huidige hoeveelheid schieraal.

2.4 DOELSTELLING

Het doel van het onderzoek is om een afwegingkader te ontwikkelen bij het maken van keuzes bij bouw en onderhoud van gemalen in het kader van passeerbaarheid door vis.

Tot dit afwegingskader behoren:

- voldoen aan wettelijke kaders;
- voldoen aan voorwaarden met betrekking tot lokaal gestelde waterkwaliteitsdoelen ten aanzien van vis;
- visvriendelijkheid als component van een duurzaam ontworpen gemaal.

Hierbij is het van het grootste belang om een eenduidige definitie van visvriendelijkheid te hanteren. Voor deze studie is de definitie van visvriendelijkheid gebaseerd op twee aspecten:

- Vispasseerbaarheid
- Visoverleefbaarheid.

VISVRIENDELIJKHEID: VISPASSEERBAARHEID EN VISOVERLEEFBAARHEID

In grote lijnen volgt de migratie van vis de volgende principes. In het voorjaar is er een migratie richting paaigebieden. In stromende wateren resulteert dit meestal in een stroom-opwaarts gerichte migratie voor vissoorten die ter plaatse geen geschikte condities vinden om te paaien. In stilstaande wateren zoeken vissen vegetatierijke, ondiepe locaties op die relatief snel opwarmen. Als de paai is afgelopen trekken vissen veelal weer terug naar hun leefgebieden. In het najaar is er een migratie naar de overwinteringsgebieden (relatief rustige diepe wateren). In stromende wateren zijn deze veelal aanwezig in benedenstroomse delen, waarmee een stroomafwaartse migratie tot stand komt. In stilstaande wateren zoeken vissen locaties op met ruimere dimensies en grotere diepte. In polder- en boezem-systemen veroorzaken opvoerwerken waterstromingen die het migratiegedrag van vissen beïnvloeden.

Opvoerwerken vormen een belemmering voor de migratie van vis. Hierbij gaat het om het aspect van vispasseerbaarheid. Alleen in stroomafwaartse richting is vis in meer of mindere mate (afhankelijk van o.m. de aanwezigheid van grof vuil roosters of afschrikkend geluid) in staat met het water mee door het opvoerwerk te migreren. Er is sprake van een gedeeltelijke barrière voor vismigratie. Voor migratie van vis tegen de stroomrichting van het water in, vormen opvoerwerken volledige barrières. Vis is niet in staat te passeren.

Opvoerwerken kunnen schade aan en sterfte van vis veroorzaken. Hierbij gaat het om het aspect visoverleefbaarheid. Bij migratie van vis door het opvoerwerk heen met het water mee, kan schade en/of sterfte optreden door o.m. botsing met bewegende en vaste delen, drukverschillen en turbulentie. Omdat vis niet in staat is het opvoerwerk te passeren tegen de waterstroming in, stagneert de migratie en treedt sterfte op door een grotere kans op predatie en omdat bijvoorbeeld belangrijke opgroeigebieden niet kunnen worden bereikt.

Daarmee kent het begrip visvriendelijkheid van opvoerwerken twee dimensies: vispasseerbaarheid (in welke mate is migratie van vis door het opvoerwerk mogelijk) en visoverleefbaarheid (in welke mate treedt schade en sterfte op aan vis bij pogingen het opvoerwerk te passeren). Een opvoerwerk is alleen volledig visvriendelijk als voldaan is aan volledige vispasseerbaarheid en volledige visoverleefbaarheid. Uit de praktijk blijkt dat dit nooit het geval is. Op de relatie tussen vismigratie en het beheer van opvoerwerken wordt nader in gegaan in Hoofdstuk 8.

INDIVIDU EN POPULATIE

Visvriendelijkheid is een eigenschap die van toepassing is op individuele vissen en op populaties van soorten. Oplossingen die zorgdragen voor een visvriendelijke oplossing werken niet hetzelfde uit op individuen en populaties. Voor de twee belangrijkste dimensies, vispasseerbaarheid en visoverleefbaarheid, werkt dit zeer verschillend. Een volledig vispasseerbaar en visoverleefbaar gemaal is visvriendelijk voor individu en populatie, maar bij een afweging tussen vispasseerbaar en visoverleefbaar treden verschillen op:

Individu: prioriteit bij overleefbaarheid.

Bij het individu ligt de prioriteit bij overleefbaarheid. Schade aan het individu is ernstiger dan een migratieknelpunt.

Populatie: prioriteit bij passeerbaarheid

Een migratieknelpunt voor een populatie is ernstiger dan het verlies van een deel van de populatie bij passage door een gemaal. Het overlevende deel van de populatie kan zorgen dat er een effectieve migratie plaatsvindt van de soort.

Kwantitatieve effecten van gemalen op vis en migratie van vis behoren tot dit afwegingskader. Het betreft dan zowel de conventionele gemalen, visvriendelijke innovaties als alternatieve migratiemogelijkheden (vispassages).

Doel is daarmee het operationeel maken van de term visvriendelijkheid. Hiermee kunnen zowel huidige gemalen (met verschillende parameters als opvoerhoogte) en gemalen die ontworpen zijn met als oogmerk visvriendelijkheid geanalyseerd worden. Het gaat hier zowel om ecologische, hydraulische (functionele), beheertechnische als financiële aspecten.

Dit afwegingskader kan direct ingezet worden bij het bepalen van duurzaamheidsaspecten van gemalen. Visvriendelijkheid komt terug in meerdere dimensies van duurzaamheid van gemalen: sociale (met name ethische) afwegingen en biodiversiteit/natuurfunctie.

2.5 WERKWIJZE

Om de doelstelling te realiseren is de volgende kennis noodzakelijk:

- verzamelen en genereren van kennis over het effect van bestaande gemalen op vis, gedifferentieerd naar type gemaal, soort en dimensie van vis;
- verzamelen en genereren van kennis over de effectiviteit van innovatieve, visvriendelijke gemalen;
- verzamelen en genereren van kennis over de alternatieven voor vismigratie in de vorm van bypasses.

Er is internationaal reeds het nodige onderzoek gedaan naar de relatie tussen gemalen en vispassage. Een literatuuronderzoek heeft de beschikbare informatie gebundeld en die informatie is vertaald naar de Nederlandse situatie. Door middel van een inventarisatie bij de waterbeheerders is een database opgebouwd met gegevens over gemalen in Nederland, met daarin technische en ecologische gegevens. Beschikbare visvriendelijke oplossingen zijn eveneens geïnventariseerd.

Op basis van de verzamelde gegevens is een overzicht gegenereerd van de situatie in Nederland aangaande de vispassage via gemalen. Knelpunten zijn gedefinieerd en visvriendelijke alternatieven zijn beschreven. Het overzicht van de huidige situatie leidt tot conclusies en aanbevelingen voor vervolgonderzoek. Uiteindelijk is op basis van de beschikbare gegevens getracht een afwegingskader op te stellen.

2.6 RESULTAAT

Het resultaat van dit onderzoek is driedelig:

- overzicht huidige kennis en hiaten in deze kennis;
- definitie van een concreet en modulair onderzoeksplan om deze kennishiaten op te vullen;
- aanzet tot een afwegingskader.

Het afwegingskader moet een leidraad bieden in het beantwoorden van de volgende vragen:

- Wat is visvriendelijkheid?
- Is er sprake van een probleem (omvang, probleemeigenaar in relatie tot doelen)?
- Is er sprake van lokale, watersysteemgebonden problemen?
- Zijn er types gemalen die een probleem vormen t.a.v. visvriendelijkheid?
- Zijn er types gemalen die visvriendelijk zijn?
- Zijn er goede alternatieven voor vispassage buiten het gemaal (of de pomp) om?

Naast het afwegingskader zal dit project leiden tot de definitie van onderzoeksvragen voor het vervolgtraject.

2.7 RANDVOORWAARDEN

- De doorlooptijd en budget van het project is beperkt.
- In het onderzoek worden bestaande gemalen en visvriendelijke varianten parallel aan elkaar geanalyseerd.

2.8 UITGANGSPUNTEN

- Er is aangenomen dat er wel bruikbare informatie bestaat over visvriendelijkheid van gemalen, maar er ontbreekt ook informatie ten aanzien van de omvang van de problematiek als de specificiteit ten aanzien van verschillende types gemalen. Er wordt dus geanticipeerd op het vinden van significante hiaten in de kennis, hiaten die het meest effectief met veldonderzoek gevuld kunnen worden.
- Ontwikkeling van innovaties behoort tot de expertise van Grontmij en Visadvies. Daaraan zal in deze fases geen uitwerking gegeven worden. Wel worden hiertoe aanbevelingen geformuleerd.
- Het effect van gemalen op hele ecosystemen behoort niet tot de focus van dit project, hoewel het belang ervan ingezien wordt.

3

GEMALEN

3.1 INLEIDING

Dit hoofdstuk geeft een introductie in het vakgebied van gemalen. Met name wordt ingegaan op de keuzes die gemaakt worden bij het vaststellen van het type pomp/vijzel.

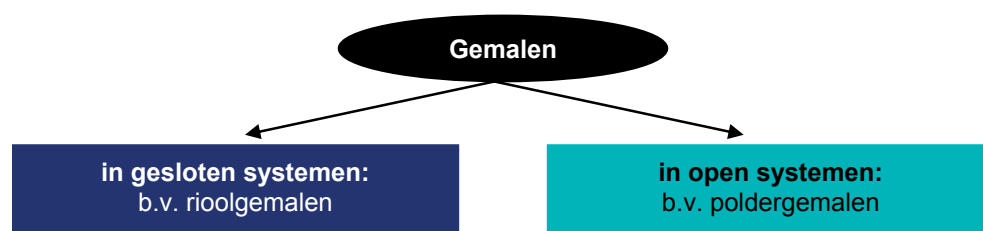
Onder het verzamelbegrip ‘gemalen’ gaat een grote verscheidenheid aan installaties schuil. Algemeen kan gesteld worden:

Een gemaal is een inrichting waarin door middel van één of meerdere wateropvoerwerktuigen water met een zekere capaciteit naar een hoger niveau wordt getransporteerd.

Gemalen zijn grofweg in twee typen te verdelen:

FIGUUR 3.1

HOOFDINDELING GEMALEN



Dit onderzoek richt zich uitsluitend op de gemalen ten behoeve van open systemen, aangezien in gesloten systemen van nature nauwelijks vis zal zitten. De gemalen in open systemen worden nader beschouwd en gecategoriseerd.

Vervolgens wordt een overzicht gegeven van de toegepaste gemalen in Nederland.

3.2 WAAROM EEN GEMAAL?

Gemalen in open systemen worden ingezet om water een tegennatuurlijke beweging te laten maken. Water kan geforceerd horizontaal en/of verticaal verplaatst moeten worden, omwille van watertransport (ten behoeve van kwantiteit en/of kwaliteit) of peilbeheer (voornamelijk ten behoeve van kwantiteit). Gemalen voor peilbeheer vormen in Nederland de grootste groep.

3.2.1 PEILBEHEER

Nederland ligt voor een groot deel onder de zeespiegel. Dit betekent dat het water van nature niet weg zal lopen en dat het dus grotendeels onder water zou staan. Om dat te voorkomen is het nodig dat het water geforceerd wordt weggepompt. Hiermee kan het waterniveau kunstmatig laag worden gehouden. Voor dit wegpompen van water worden verschillende typen gemalen ingezet, zoals boezemgemalen, poldergemalen, hoogwatergemalen, opvoergemalen en onderbemalingen. Deze typen worden in de paragrafen 3.3.1 tot en met 3.3.5 nader beschreven.

FIGUUR 3.2

POLDERGEMAAL SAMMERSPOLDER



3.2.2 WATERTRANSPORT

Geforceerd watertransport is soms gewenst vanuit een kwantitatieve of kwalitatieve behoefte.

Bij de kwantitatieve behoefte moet gedacht worden aan bijvoorbeeld irrigatiesystemen. Op plaats 'X' is een waterbehoefte waarin niet op natuurlijke wijze wordt voorzien. Om aan deze behoefte te voldoen moet water geforceerd worden aangevoerd. Irrigatie of incidentele bevoeiing zijn de belangrijkste voorbeelden hiervan. Het water moet dus geforceerd worden getransporteerd. Dit wordt gedaan door transportgemalen, die in paragraaf 3.3.6 nader worden beschreven.

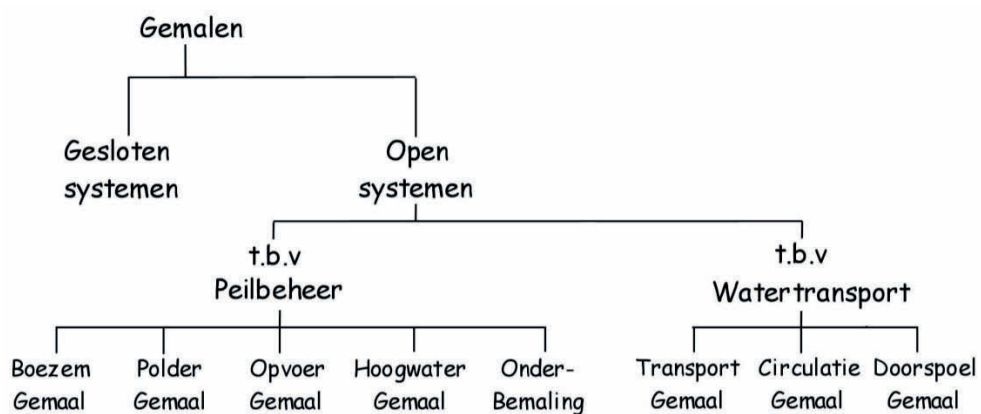
Bij de kwalitatieve behoefte wordt water geforceerd in beweging gebracht om de kwaliteit in stand te houden of te bevorderen. Binnen deze groep vallen circulatiegemalen en doorspoelgemalen. Deze worden in respectievelijk paragraaf 3.3.7 en 3.3.8 nader beschreven.

3.3 TYPEN GEMALEN

Zoals in de vorige paragraaf beschreven worden gemalen voor diverse doeleinden ingezet. Deze paragraaf geeft een indeling naar functie.

FIGUUR 3.3

ONDERVERDELING GEMALEN OPEN SYSTEMEN



3.3.1 BOEZEMGEMALEN

Boezemgemalen zijn in het algemeen grote tot zeer grote gemalen, bedoeld voor het op peil houden van binnendijks gelegen bergingsgebieden, de zogenaamde boezem. Het overtollige water wordt geloosd naar zee. Aangezien het boezempeil veelal hoger is gelegen dan de bij eb optredende laagste zeewaterstanden, hoeft een meer om minder groot deel van het overtollige water niet afgemalen te worden. Dit deel kan onder vrij verval afstromen. Dit betekent dat een boezemgemaal vaak gecombineerd zal worden met vrije lozing, vaak in de vorm van een uitwateringsluis.

FIGUUR 3.4

POLDERGEMAAL GEMAAL C



3.3.2 POLDERGEMALEN

Poldergemalen kunnen zowel lozen op een boezem als direct op zee. De grootte varieert enorm, van zeer groot tot relatief klein. In enkele gevallen is het polderpeil zodanig gelegen dat een deel van het te lozen water onder vrij verval af kan stromen. In dat geval zal het gemaal van een vrije lozing voorzien zijn.

Eveneens kan voorkomen dat een polder in tijden van droogte een watertekort heeft. Als het buitenwater van voldoende kwaliteit is, wordt het gemaal voorzien van een inlaatwerk.

3.3.3 HOOGWATERGEMALEN

Hoogwatergemalen zijn vrijwel altijd langs de grote rivieren gelegen. Ze dienen primair voor de peilbeheersing in binnendijks gelegen gebieden in tijden van hoge rivierwaterstanden. Dit type gemalen is vrijwel altijd voorzien van een vrije lozing. De capaciteiten variëren van klein tot middelgroot.

3.3.4 OPVOERGEMALEN

Opvoergemalen zijn meestal van geringe omvang en dienen vooral voor het handhaven van een hoger peil in een klein, binnen een polder gelegen gebied. Een typische toepassing is peilverhoging in nieuw aangelegde natuurgebieden.

3.3.5 ONDERBEMALINGEN

Onderbemalingen dienen voor het extra verlagen van de waterstand in een deel van een polder. Ze zijn meestal van beperkte omvang en zeer eenvoudig uitgevoerd.

3.3.6 TRANSPORTGEMALEN

Transportgemalen dienen meestal voor het aanvoeren van water. Dit kan voor bedrijfswater zijn voor industriële installaties, maar ook voor het vullen van spaarbekkens voor bluswater of drinkwaterbereiding.

FIGUUR 3.5

GEMAAL DE WADDEN



3.3.7 CIRCULATIEGEMALEN

Circulatiegemalen dienen voor het in beweging houden van water in een min of meer in zich zelf gesloten watersysteem. Het doel is dan het verbeteren van de waterkwaliteit. De gemaalcapaciteit is meestal gering, de uitvoering varieert van eenvoudig tot vrij complex, zeker als er lange persleidingen nodig zijn.

3.3.8 DOORSPOELGEMALEN

Doorspoelgemalen zijn vaak wat groter van omvang dan circulatiegemalen en veelal aanzienlijk complexer, zeker als ze zich in een hoofdwaterring bevinden. Het doel van deze categorie gemalen is meestal het verversen van water in stedelijke gebieden.

3.4 AANDRIJVING

Naast een indeling qua functionaliteit kan er ook nog onderscheid gemaakt worden naar het type aandrijving:

- een molen (aangedreven door wind)
- een stoomgemaal (aangedreven door een stoommachine)
- een dieselgemaal (aangedreven door één of meerdere dieselmotoren)
- een elektrisch gemaal (aangedreven door elektriciteit).

3.5 WATEROPVOERWERKEN

3.5.1 ALGEMEEN

Waar een gemaal het totale bouwwerk inclusief machinerie betreft, wordt met een wateropvoerwerk gerefereerd aan de machinerie. Kortweg het apparaat dat daadwerkelijk het water verplaatst. Deze zijn er in vele soorten en maten. De vraag is natuurlijk waarom die diversiteit bestaat. Dit heeft te maken met de specifieke eisen aan het opvoerwerk. De belangrijkste twee grootheden die deze eisen bepalen zijn:

- De hoeveelheid water, oftewel *debiet* of *capaciteit* (Q).
- Het te overbruggen hoogteverschil, oftewel *opvoerhoogte* (H). Deze opvoerhoogte is samengesteld uit het fysiek te overbruggen hoogteverschil, aangevuld met een fictief te overbruggen hoogteverschil dat wordt gecreëerd door wrijving.

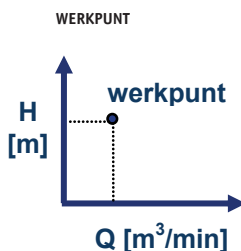
3.5.2 BESTAAND AFWEGINGSKADER

In een programma van eisen voor een gemaal staat daarom altijd aangegeven wat het vereiste debiet en vereiste opvoerhoogte moet zijn. De combinatie van deze twee grootheden, heet het zogenaamde “*werkpunt*”. In theorie is er natuurlijk een oneindig aantal werkpunten te bedenken, in de praktijk vallen deze binnen bepaalde uitersten. Een belangrijk verschil tussen al die mogelijk werkpunten is de benodigde energie om het werkpunt te bereiken. Om de werkpunten zo efficiënt mogelijk te bereiken zijn daarom uiteenlopende uitvoeringen bedacht van wateropvoerwerken. Voorbeelden zijn bijvoorbeeld centrifugaalpompen, vijzels, schroefpompen etc. Deze opvoerwerken hebben allemaal een specifiek werkgebied, waarin zij efficiënt kunnen opereren. Hiernaast is schematisch aangegeven het verschil in werkgebieden tussen twee pompen. Werkgebieden kunnen deels overlappend zijn.

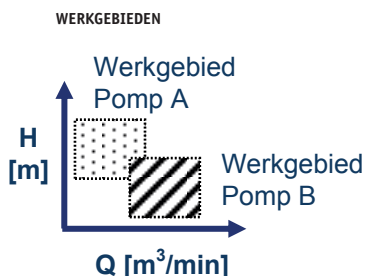
Op basis van het gewenste werkpunt wordt bekeken welke opvoerwerken geschikt zijn, gecontroleerd wordt in welke werkgebieden het werkpunt valt. Wanneer slechts één opvoerwerk geschikt blijkt, is er geen keuze, in het voorbeeld voldoet alleen pomp A.

Wanneer het werkpunt in meerdere werkgebieden ligt kan een keuze gemaakt worden tussen de opvoerwerken die in principe voldoen aan het werkpunt. Deze keuze wordt gemaakt op basis van een gedetailleerde analyse van het energieverbruik van de opvoerwerken. De meest efficiënte wordt gekozen. Dit vormt het uitgangspunt bij het afwegingskader.

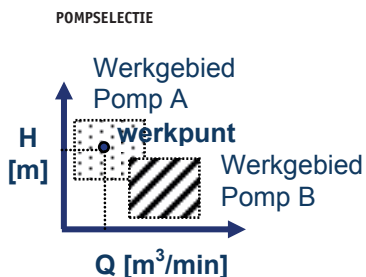
FIGUUR 3.6



FIGUUR 3.7



FIGUUR 3.8



3.5.3 TYPEN WATEROPVOERWERKEN

Zoals is aangegeven zijn er vele soorten en maten van wateropvoerwerken. In Bijlage 2 is een uitgebreid overzicht opgenomen, deze paragraaf geeft een beknopt overzicht.

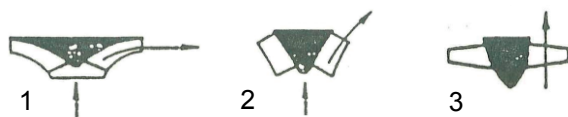
Grofweg zijn de opvoerwerken in te delen in drie groepen:

- Schepraderen (incidenteel)
- Vijzels
- Pompen

De pompen laten zich ook weer onderverdelen in vele varianten, de belangrijkste indeling wordt gemaakt op basis van de wijze hoe het water de pomp doorstroomt:

- 1 Radiaal
- 2 Radiaal/axiaal (mixed flow)
- 3 Axiaal

FIGUUR 3.9 TYPE STROMING DOOR POMPEN

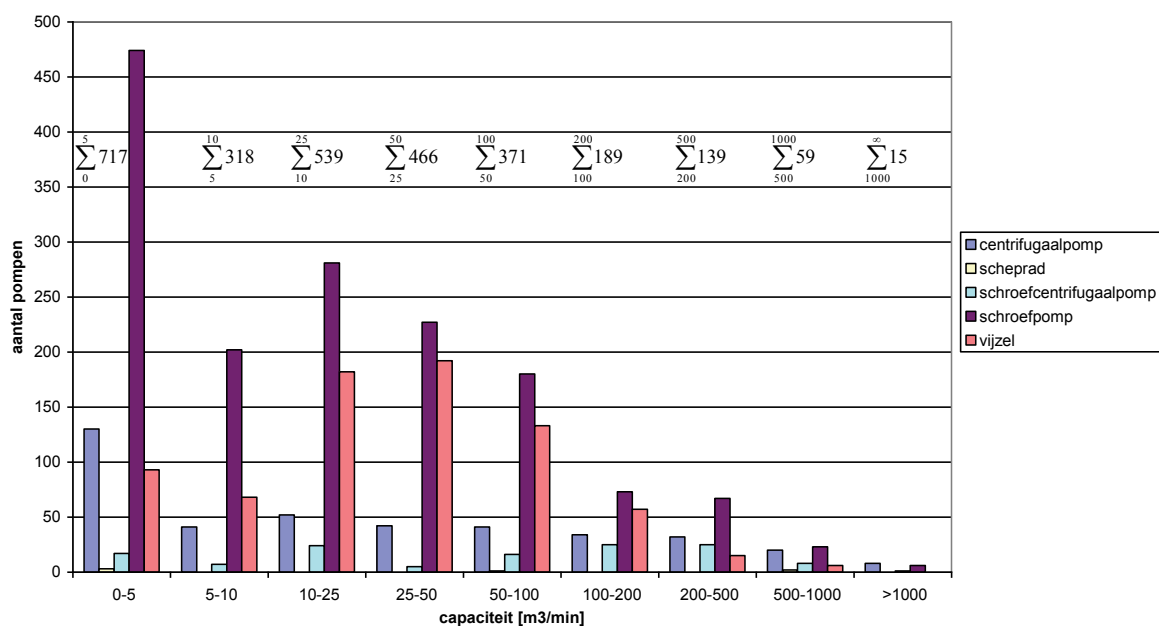


De gelieerde indeling van pompen die in open systemen worden gebruikt, is hoofdzakelijk als volgt:

- 1 Centrifugaalpompen (radiaal)
- 2 Schroefcentrifugaalpompen (radiaal/axiaal)
- 3 Schroefpompen (axiaal).

Voor elk van deze typen pompen zijn legio verschillende varianten in omloop, die elk specifieke kenmerken hebben en dus verschillen in functioneren. Het voert te ver om alle pompen te benoemen, in Bijlage 2 is een overzicht gegeven van de meest toegepaste typen in Nederland. Onderstaande figuur geeft een overzicht van de aantallen geïnventariseerde opvoerwerken in Nederland, in Hoofdstuk 5 wordt nader ingegaan op deze inventarisatie.

FIGUUR 3.10 GEÏNVENTARISEERDE OPVOERWERKEN



In de volgende paragraaf wordt de werking van de diverse opvoerwerken nader toegelicht.

3.6 WERKING VAN DE OPVOERWERKEN

3.6.1 SCHEPRAD

Schepraderen komen nog maar zelden voor in Nederland.

In de inventarisatie zijn 6 exemplaren aangetroffen, 3 met een capaciteit kleiner dan 5 m³/min, de grootste capaciteit bedraagt 960 m³/min.

Obstakels schepraderen:

Stilstaand:

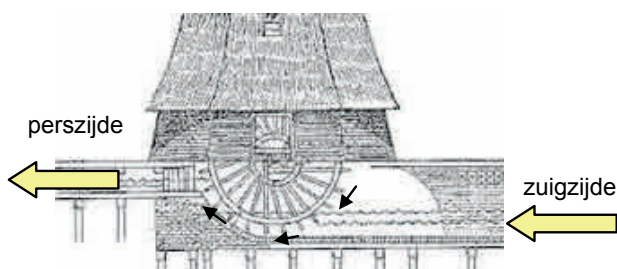
- wand aanzuigleiding
- wand omhuizing van rad
- wand persleiding

Bewegend:

- schoepenrad

FIGUUR 3.11

SCHEPRAD



Het drukverloop in een scheprad is atmosferisch.

3.6.2 VIJZEL

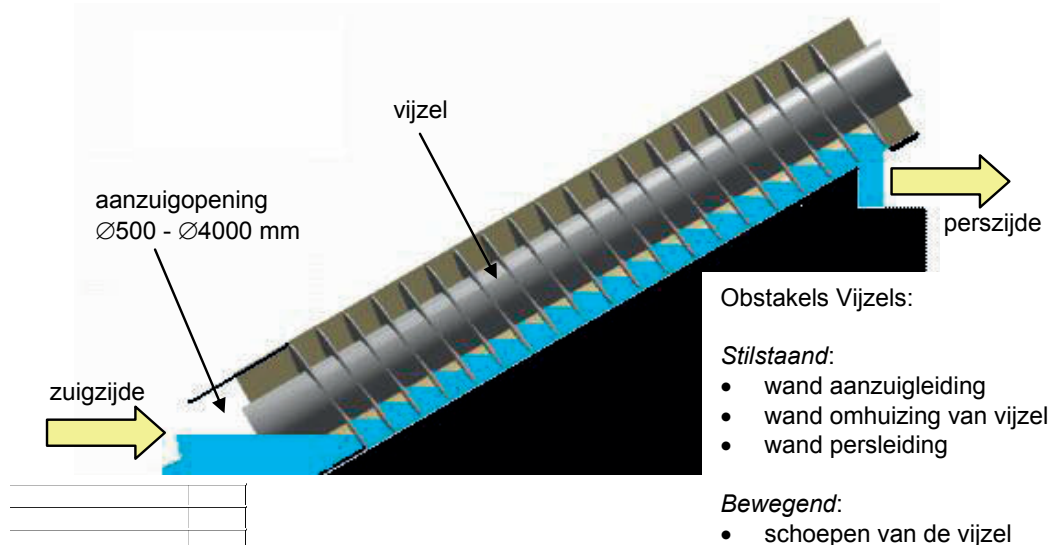
Vijzels worden veel toegepast in Nederland, de werking is robuust en een vijzel vergt relatief weinig onderhoud. De toegepaste capaciteiten zijn divers en lopen tot 900 m³/min. In totaal zijn circa 750 vijzels opgenomen in de inventarisatie.

Het principe van de vijzel bestaat uit een onder een hoek opgestelde buis, voorzien van schoepen, die al ronddraaiend een vloeistof naar een hoger niveau opvoert. Vijzelinstallaties kenmerken zich in het algemeen door:

- Open verstoppingsvrije, eenvoudig en robuuste constructie;
- Relatief hoog rendement met weinig onderhoud en lage operationele kosten;
- Ongevoelig voor aanstroomcondities en mede door de lage toerentallen geen cavitatie.

FIGUUR 3.12

PRINCIPE VAN DE VIJZEL



Het drukverloop in een vijzel is atmosferisch.

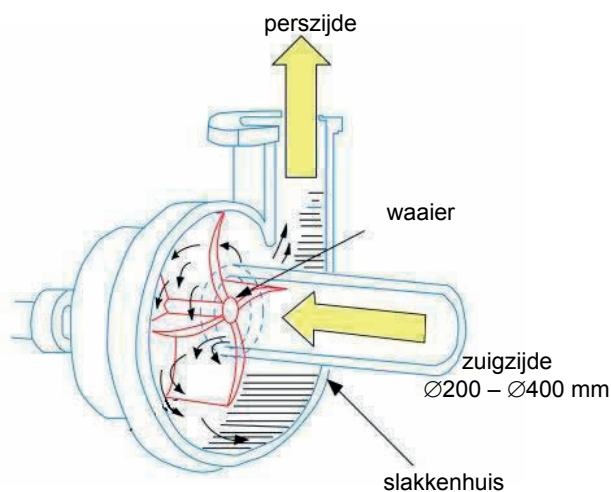
3.6.3 CENTRIFUGAALPOMPEN

Centrifugaalpompn komen in vele soorten en maten voor. In de huidige polderbemaling-installaties voor de kleine capaciteiten zien we dit soort pompen veelal staan als de bekende “pomp op de plank”. Dit is een zeer eenvoudige pomp die veel is toegepast in Nederland. De toegepaste capaciteiten zijn divers en lopen tot 1.300 m³/min. Uitgezonderd diverse kleine pompen (bijv. Bosman Watermanagement (BCK), Hartog en vele klokpompleveranciers) is dit pomptype heden ten dage niet meer standaard. Echter in Nederland staan nog wel vele centrifugaalpompn opgesteld. In de database zijn 400 centrifugaalpompn opgenomen, zie Figuur 3.10.

Bij een centrifugaalpomp komt het water de pomp evenwijdig aan de pomp-as binnen, waarna door de waaier het water radiaal verplaatst wordt en uittreedt. De waaier kan gesloten of open zijn, waarbij de waaier horizontaal of verticaal is opgesteld. De waaier heeft enkelvoudig achterwaarts gekromde schoepen. Na de waaier zijn er geen noemenswaardige obstakels meer.

FIGUUR 3.13

PRINCIPE VAN DE CENTRIFUGAALPOMP



Obstakels centrifugaalpompn:

Stilstaand:

- wand aanzuigleiding
- eventueel aanwezige leidschotten in aanzuigleiding (t.b.v. stroomgeleiding)
- wand slakkenhuis
- wand persleiding

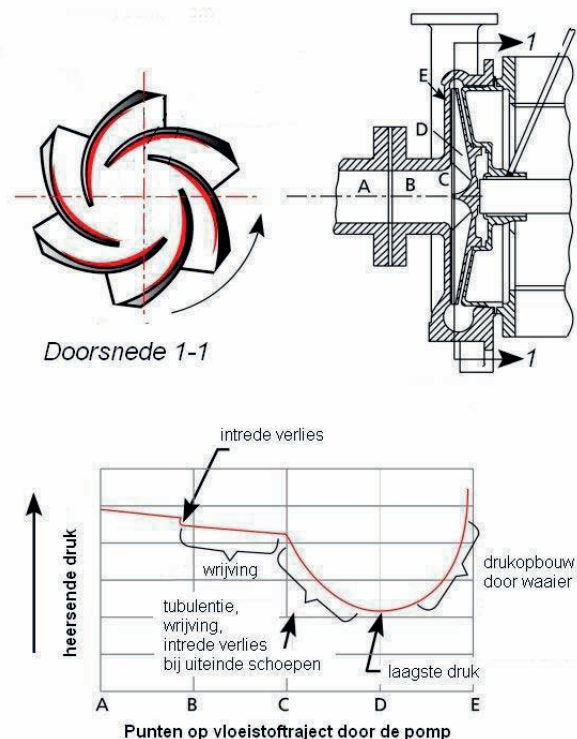
Bewegend:

- waaier

Mogelijke schade door:	
Inzuiging	X
Stroomsnelheid + turbulentie	X
Druk	X
Aanraking	X
Cavitatie	X

In Figuur 3.14 is een impressie gegeven van de heersende drukken in een centrifugaalpomp. Duidelijk is dat de druk eerst afneemt, alvorens door de waaier de druk wordt opgestuwd tot de benodigde opvoerhoogte.

FIGUUR 3.14 GLOBAAL DRUKVERLOOP IN EEN CENTRIFUGAALPOMP (BRON: WWW.LIGHTMYPUMP.COM)



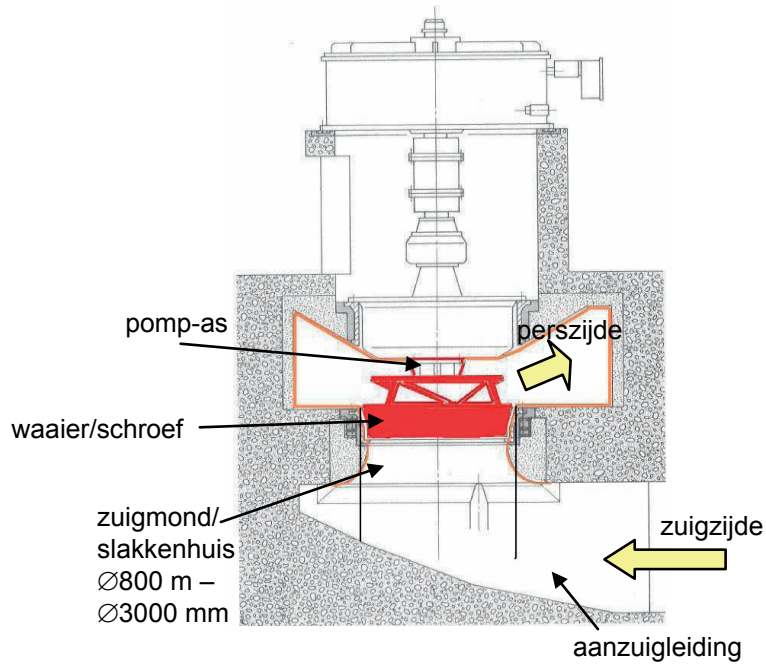
3.6.4 SCHROEFCENTRIFUGAALPOMPEN

Schroefcentrifugaalpompem worden veel toegepast in boezem- en poldergemalen. De toegepaste capaciteiten zijn divers en lopen tot 1.200 m³/min.

Bij een schroefcentrifugaalpomp stroomt het water axiaal-radiaal door de aan twee zijden gesloten of half open waaier. De waaier is voorzien van tweevoudig (achterwaarts en axiaal) gekromde schoepen. De intree- en uittreestroom zijn hellend of gekromd naar de hartlijn van de pomp. Het huis heeft de vorm van een spiraal of is ringvormig.

FIGUUR 3.15

PRINCIPE VAN DE SCHROEFCENTRIFUGAALPOMP



Obstakels schroefcentrifugaalpomp:

Stilstaand:

- wand aanzuigleiding
- eventueel aanwezige leidschotten in aanzuigleiding (t.b.v. stroomgeleiding)
- wand slakkenhuis
- wand persleiding

Bewegend:

- waaier
- pomp-as

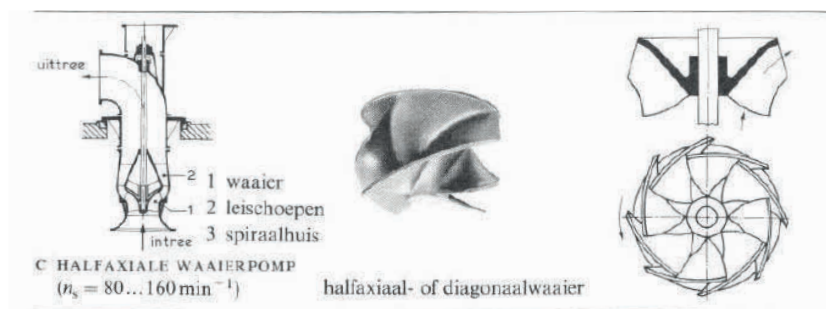
Mogelijke schade door:	
Inzuiging	X
Stroomsnelheid + turbulentie	X
Druk	X
Aanraking	X
Cavitatie	X

Globaal gezien zal het drukverloop in een schroefcentrifugaalpompeenzelfde patroon laten zien als bij de centrifugaalpompe, zie hiervoor Figuur 3.14.

Tot de schroefcentrifugaalpomp behoren ook de halfaxiale waaier pompen. Deze pompen hebben een ten opzichte van de pomp-as, schuine doorstroming van de vloeistof door een half open of gesloten waaier. Deze waaier is voorzien van een klein aantal tweevoudig gekromde vast of verstelbare schoepen. De waaier heeft een conische achterkant. In het pomphuis is een krans leidschoepen aangebracht die met het pomphuis één geheel vormt. Deze leidschoepenkrans vormt een obstakel in de waterstroom.

FIGUUR 3.16

PRINCIPE VAN DE HALFAXIAALWAAIER



De mixed flow pompen combineren de hiervoor genoemde eigenschappen, waarbij het water echter weer in een slakkenhuis terecht komt met grote doorlaten. Hierdoor zijn er in de waterstroom geen obstakels meer.

3.6.5 SCHROEFPOMPEN

Schroefpompen komen voor in diverse uitvoeringen voor, waarbij verticale en horizontale opstelling mogelijk is. De toegepaste capaciteiten zijn divers en lopen tot 1.200 m³/min. Uit de inventarisatie blijkt dat ten opzichte van de andere typen opvoerwerken worden schroefpompen het meest toegepast in Nederland, in totaal circa 1.500.

Axiale, propeller of schroefpompen kenmerken zich door de axiale doorstroming van de vloeistof. De waaier is hierbij voorzien van een klein aantal (maximaal 6) vaste of verstelbare schoepen. Dit zijn pompen met lage opvoerdrukken en ze worden in de regel gemaakt voor de grotere volumestromen.

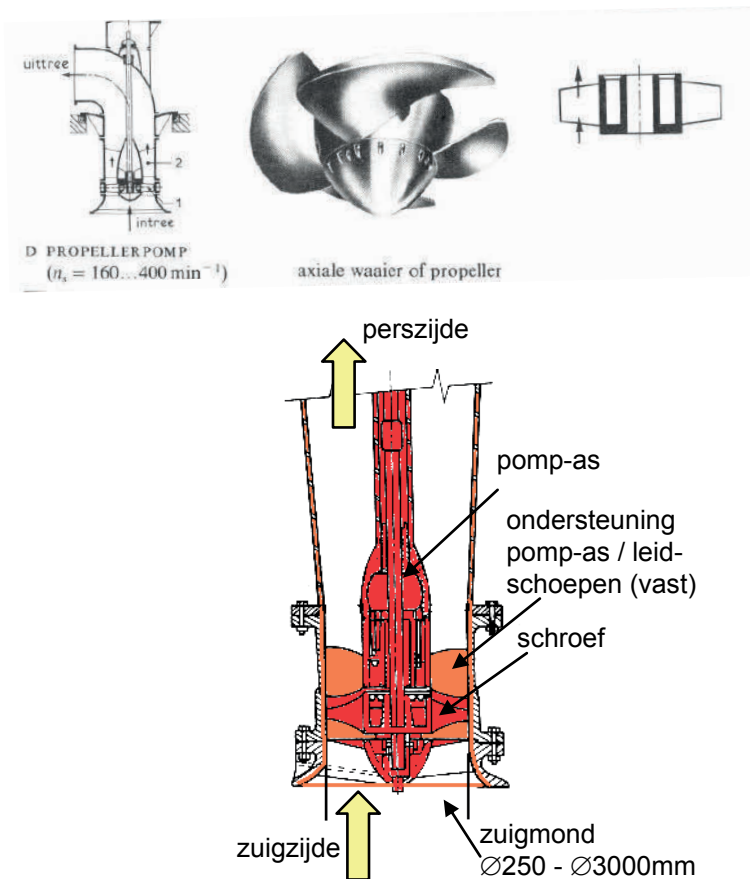
Schroefpompen laten zich onderverdelen in twee uitvoeringsvormen:

- Open schroefpomp
- Gesloten schroefpomp

Vaak worden deze pompen in verticale uitvoering toegepast.

FIGUUR 3.17

PRINCIPE VAN DE SCHROEFPOMP



Obstakels schroefpompen:

Stilstaand:

- wand aanzuigleiding
- wand persleiding
- ondersteuning pomp-as / leidschoepen

Bewegend:

- schroef
- pomp-as (bij de open pompen)

Mogelijke schade door:	
Inzuiging	X
Stroomsnelheid + turbulentie	X
Druk	X
Aanraking	X
Cavitatie	X

Globaal gezien zal het drukverloop in een schroefpomp eenzelfde patroon laten zien als bij de centrifugaalpomp, zie hiervoor Figuur 3.14.

3.7 CONCLUSIES

Van de diverse typen opvoerwerken zijn de fysieke eigenschappen bekend, de *vaste* (wanden etc.) *bewegende* (schoepen etc.) obstakels zijn benoemd en mogelijk optredende schadebeelden kunnen worden herleid.

De dynamische obstakels zijn veelal nog onbekend, hierbij moet gedacht worden aan:

- Drukverloop in het opvoerwerk
- Snelheidsprofielen in het opvoerwerk
- Krachtenwerking in het opvoerwerk.

Deze dynamische obstakels hebben naar verwachting een significante bijdrage in optredende schade profielen bij vissen.

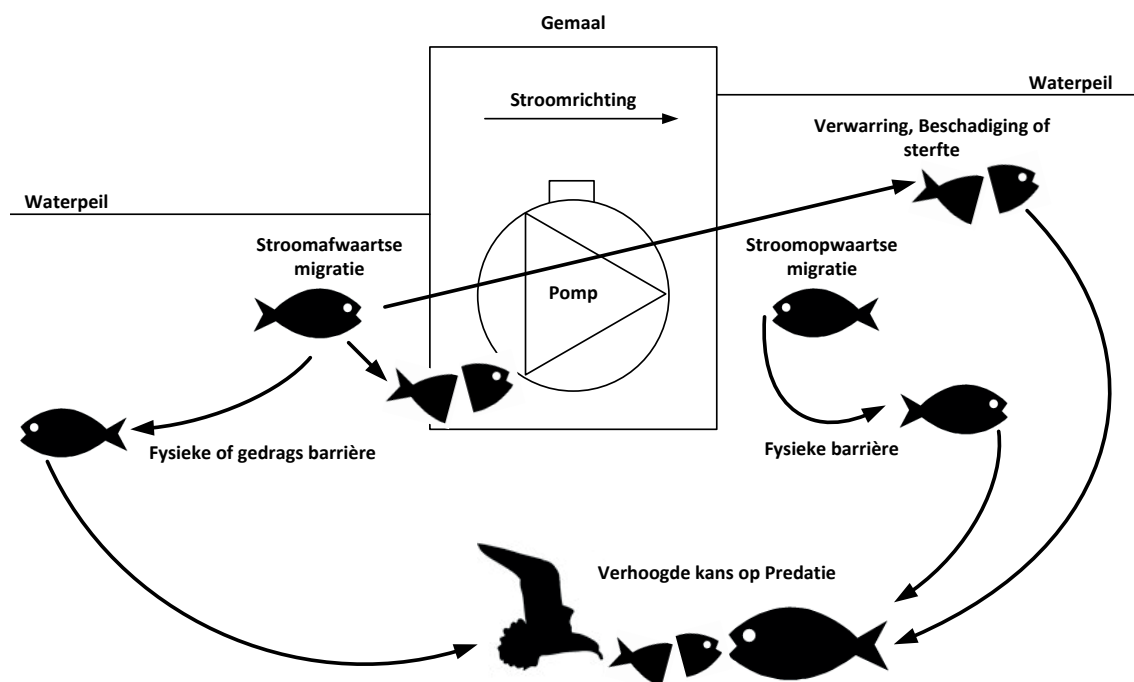
4

VISSCHADE DOOR GEMALEN

4.1 ALGEMEEN

De visvriendelijkheid van gemalen bestaat uit twee factoren en wel visoverleefbaarheid en vispasseerbaarheid en manifesteert zich op het niveau van individuele vissen en op het niveau van populaties. De verschillende vormen van schade (bepalend voor de visoverleefbaarheid) die samen gaan met het passeren van het gemaal, worden veroorzaakt door botsing met de schoepen of andere bewegende of stilstaande delen, snelle drukverschillen, turbulentie en stroomsnelheid (*hydraulic shear*) en cavitatie. Vispasseerbaarheid wordt bepaald door fysische factoren (grofvuil rooster en afmetingen, beïnvloeding van stroomsnelheden) enerzijds en gedragsfactoren (geluid, trilling, licht) anderzijds. Weinig is bekend omtrent de specifieke oorzaken binnen het complex van factoren waaraan de vissen worden blootgesteld. Deze kennis is echter wel noodzakelijk om te komen tot visvriendelijke ontwerpen van gemalen en het beheer daarvan. Onderstaand wordt dieper ingegaan op de verschillende mechanismen die schade kunnen veroorzaken bij het al dan niet passeren van het gemaal.

FIGUUR 4.1 EFFECTEN VAN GEMALEN OP VIS EN VISMIGRATIE



4.2 SCHADEVERSCIJNSELEN

In Nederland heeft het onderzoek zich in hoofdzaak gericht op de hoeveelheid schade aan de vissen die aan de uitstroomzijde worden gevangen (*black-box benadering*). De waargenomen schade aan vissen die een gemaal hebben gepasseerd is variabel en kan bestaan uit externe zichtbare schade als decapitatie of afrukken van lichaamsdelen, scheuren, schaven en schubverlies, en niet zichtbare interne schade als bloedingen, breuk van de wervelkolom, scheuren van darm of zwemblaas.

Aangenomen wordt dat de factoren als gevolg waarvan vis schade ondervindt tijdens het passeren van een gemaal vergelijkbaar zijn als die bij waterkrachtcentrales, met name bij centrales met *low-head* turbines (<10 m). Hierbij zijn verschillende gevarenczones te onderscheiden, o.a. beschreven door Davies (2000), Cada *et al.* (1997) bij turbines van een waterkrachtcentrale in de USA. Deze zijn toepasbaar voor de passage van gemalen. Onderstaand worden een aantal mechanismen besproken zoals deze bekend zijn bij de problematiek rond waterkrachtcentrales.

Germonpré *et al.*, (1994) hebben een theoretische beschouwing gegeven over de visschade en mortaliteit bij gemalen. De beschrijving van de mechanismen is hierop gebaseerd en verder uitgebreid met de meest recente kennis, vooral afkomstig van kennis omtrent mechanismen bij waterkrachtcentrales. Een groot deel van deze kennis omtrent schadeprofielen is ontleend aan Turnpenny *et al.*, (1992). Zij hebben geïnventariseerd (o.a. op basis van biologische laboratoriumexperimenten) wat de schade is van vissen die een turbine van een getijdencentrale passeren.

4.2.1 INZUIGEN (ENTRAINMENT) EN SCHADE BIJ DE INZUIGOPENING

ALGEMEEN

Tijdens de drift (met name vislarven) of stroomafwaartse gerichte trek (obligate migratoren als aal) zijn een aantal factoren die bepalen of een vis wel of niet wordt ingezogen door het gemaal. In buitenlandse literatuur wordt gesproken over *entrainment*. Deze entrainment hangt af van de mate waarin vissen worden afgeschrikt door hydraulische omstandigheden, de mate waarin vissen zich kunnen oriënteren (bijvoorbeeld door aanwezigheid van kunstlicht), dan wel worden aangetrokken (lokstroom /capaciteit gemaal), geluid of trilling van het gemaal, specifiek gedrag van vissen en de aanwezigheid en dimensies van roosters.

LOKALE EN HYDRAULISCHE OMSTANDIGHEDEN

In diep water (> 10 m) werd bovenstrooms van de waterkrachtcentrale gedurende de nacht zoekgedrag van aal waargenomen op verschillende dieptes, nabij wateroppervlak en bodem (Haro *et al.*, 2000). Ook bij een experiment met hydro-akoestische merken in schieraal voor de instroomopening van de WKC Lith werd dit schrikgedrag niet waargenomen (Spierts *et al.*, 2008). Dicht bij de turbine werd de stroomsnelheid van het water hoger dan de maximale sprint snelheid van de alen en werden ze simpelweg meegezogen.

Hydraulische omstandigheden voor de inzuigopening zijn bepalend of vissen ook daadwerkelijk kunnen ontsnappen. De gemiddelde stroomsnelheid voor het inzuigpunt of het rooster is bij voorkeur niet groter dan 0,5 m/s. Ingeval van een rooster zou een te hoge stroomsnelheid kunnen leiden tot extra schade. Vissen die niet in staat zijn te ontsnappen raken vastgedrukt op het rooster (zgn. *impingement*). Door verplettering, uitputting en/of fysieke beschadiging of verwijdering bij reiniging van het rooster kunnen vissen uiteindelijk sterven (Larinier *et al.*, 2002).

Op verschillende manieren is het gedrag van aal onderzocht aan de bovenstroomse zijde van waterkrachtcentrales of in modelgoten. Uit de onderzoeken bleek dat aal een actief gedrag vertoont, in tegenstelling tot een passieve drift. Ze vertonen weerzin om de turbines in te trekken en zoeken naar andere manieren van passage. Bij stroomsnelheden beneden de 0,5 m/s zijn ze in staat om de turbines te ontwijken en stroomopwaarts te migreren. Tussen de pogingen om te passeren, rusten de alen uit in zones met lage stroomsnelheden. Deze bevindingen kunnen model staan voor het gedrag van aal bovenstrooms van gemalen. Voor andere soorten (met uitzondering van salmoniden) is minder –of niets– bekend omtrent gedrag voor inzuigpunten.

Naast hydraulische omstandigheden is aanwezigheid van een alternatieve route bepalend of vis het gemaal kan ontsnappen. Bij onderzoek naar de migratie van vis bij gemaal IJmuiden bleek de uittrek via de spuisluisen veel hoger dan via het gemaal (Kruitwagen & Klinge, 2008). Dit ondanks de waterverdeling tussen de delen van het zeesluizencomplex (spuicomplex 27%, gemaalcomplex 42% en Noordersluis 31%). Het gedrag van uittrekkende vissen (schieraal) ter plaatse van de inzuigopening zou hier mogelijk een rol kunnen spelen.

Vanaf het najaar en in de winterperiode kan vis zich ophouden in de buurt van de inzuigopening van gemalen (overwintering- of schuilgebied). De vis die zich hier ophoudt is niet per definitie gemotiveerd om te migreren, ze worden verrast als het gemaal wordt aangezet en dientengevolge ingezogen.

ORIËNTATIE

Verondersteld wordt dat de drift van kleine vis, met name het larvale stadium, groter is dan die van volwassen vis. Dit is ondermeer aangetoond in grote stuwmeren van Rusland, waarbij het grootste deel van de stroomafwaartse migratie wordt gedaan door vislarven en juveniele vis, tot ca. 10 cm lengte en 1 jaar oud (Pavlov *et al.*, 2002). De omvang van larvale drift is in Nederland nooit onderzocht. Wel is uit onderzoeken naar ingezogen vis bij koelwatercentrales bekend dat het met name om kleine vis (4-80 mm) gaat (Hadderingh, 1978).

Oriëntatiemechanismen van vis ontwikkelen zich in de loop der jaren. Bij vis in het larvale stadium is alleen de optische oriëntatie ontwikkeld. Naar verwachting vindt het grootste deel van de trek of drift plaats in de donkerperiode. Verlichting kan de vislarven aantrekken, voor larvale drift is dit aangetoond door Pavlov *et al.* (2002). Bovendien is oriëntatie bij verlichting mogelijk, waardoor betere omstandigheden worden gecreëerd om inzuiging te voorkomen. Verder geldt dat volwassen aal juist licht mijdt en daardoor inzuiging van aal kan worden beperkt (Hadderingh, *et al.*, 1992; Hadderingh, 1993; Hadderingh & Smythe, 1997).

GELUID

Geluid veroorzaakt trillingen onder water en kan zodoende vis afschrikken. Bij gemalen kan een dergelijk effect worden verwacht indien deze veel trillingen bewerkstelligen. Mogelijk zou het type aandrijving hierbij een rol kunnen spelen, bijvoorbeeld dieselmolens. Ook het type pomp kan een rol spelen. Zo zal een vijzel meer geluid (of geluid van een andere frequentie) produceren dan een schroefpomp. Voorbeeld is de Hooydonkse Molen. Hier bleek verhoudingsgewijs de meeste passerende vis via de vispassage te gaan en slechts een fractie door de vijzel terwijl de verdeling van het debiet het tegenovergestelde zou doen verwachten (vijzel 1,2 m³/s; vispassage 0,028 m³/s; Merks & Vriese, 2006).

SPIJLAFSTAND VAN ROOSTERS

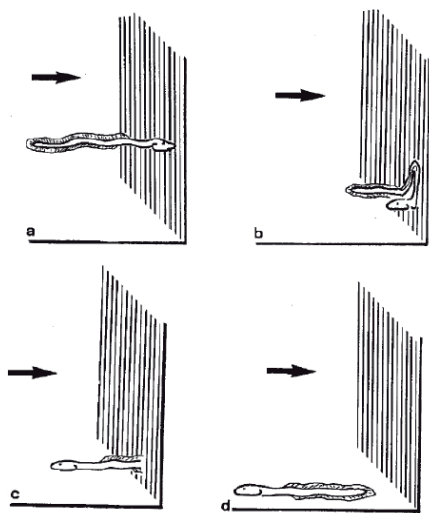
De spijlafstand van een grof vuilrooster bepaalt of een vis wel of niet kan passeren en dus wordt ingezogen door het gemaal. Voor vislarven zal dit minder van belang zijn aangezien deze altijd zullen passeren, tenzij een spijlafstand van enkele millimeters (en een snelheid < 20 cm/s voor het rooster) wordt gehanteerd. Roosters met een spijlafstand van 10 cm of meer zullen alleen grote vissen kunnen weren. Voor de meeste volwassen vissen zal een spijlafstand van 20 mm voldoende zijn. Voor schieraal vanaf 60 cm is een spijlafstand ≤ 15 mm gewenst (Dumont *et al.*, 2005).

Van (schier)alen is het bekend dat ze zich oriënteren op de waterstroom en zich laten meevoeren (of zwemmen actief) naar zee. Zodoende bereiken ze de uittrekpunten bij gemalen. Diverse onderzoeken bij waterkrachtcentrales hebben aangetoond dat aal niet direct de turbine inzwemt, maar eerste een schrikreactie vertoont veroorzaakt door geluid en het in contact komen met het vuilrooster. Vervolgens zullen ze gaan zoeken naar een alternatieve (veilige) route, rustplekken zoeken of nogmaals proberen de barrière te passeren. Voor aal is de schrikreactie t.o.v. roosters in een laboratorium aangetoond (zie figuur 4.2; uit Adam *et al.*, 1999). Bij beroepsvissers is dit gedrag al langer bekend. Aan de bovenstroomse zijde bij waterkrachtcentrales worden de schrikkende alen die stroomopwaarts zwemmen, gevangen door de fuikopening in omgekeerde richting te plaatsen.

Gosset *et al.* (2005) vonden een foerageergedrag van gezenderde schieraal bovenstrooms bij de waterkrachtcentrale Halsou (rivier Nive, Frankrijk). Dit gedrag werd afgewisseld met rustperiodes in zones met lage stroomsnelheden. Ook hier werd een schrikeffect van roosters voor de waterinname van de turbines waargenomen, dat toenam met een grotere afvoer van de rivier.

FIGUUR 4.2

VERONDERSTELD GEDRAG VAN SCHIERAAL



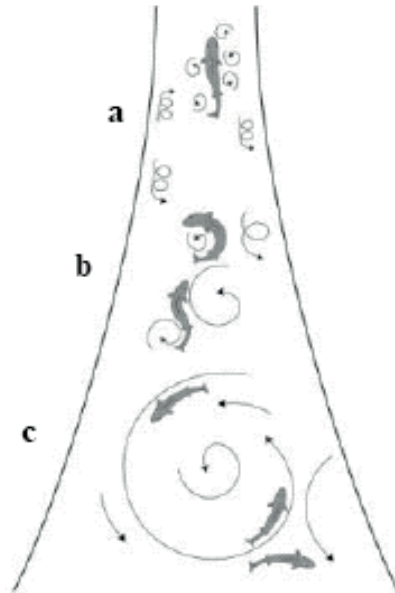
4.2.2 SCHADE DOOR STROOMSNELHEID EN TURBULENTIE

In alle gemaalpompen zal de stroming als gevolg van randeffecten en oppervlakteruwheid van structuren turbulent zijn in plaats van laminair. De mate van turbulentie vormt een schadefactor doordat vissen gedesoriënteerd raken en worden rondgeslingerd in het pomphuis. Turbulentie vindt plaats op een verschillend schaalniveau. Binnen in het gemaalhuis is turbulentie kleinschalig en kunnen stilstaande delen een veranderend stromingspatroon (*secondary flow*) teweeg brengen. Als de waterstroom het gemaalhuis verlaat vindt turbulen-

tie op steeds grotere schaal plaats, uiteindelijk uitmondend in steeds groter wordende neren (zie figuur 4.3). Genoemde onnatuurlijke stromingscondities leiden tot heftig ronddraaien of -tollen van vis waarbij schade kan ontstaan of de vissen gedesoriënteerd kunnen raken. Deze desoriëntatie leidt tot een grotere kans op predatie door o.a. roofvissen of visetende vogels (figuur 4.3c). Kleinschalige turbulentie treedt vooral op in de nabijheid van draaiende delen en kan leiden tot schubverlies en oppervlakkige verwonding (Figuur 4.3a).

FIGUUR 4.3

NIVEAUS VAN TURBULENTIE IN RELATIE TOT GROOTTE VAN DE VIS. UIT: ODEH & CADA, 2002



Deng *et al.* (2005) vonden op basis van laboratorium experimenten minimale, grote en fatale beschadigingen bij respectievelijke stroomsnelheden van 12,2, 13,7 en 16,8 m/s bij Chinook zalm (93-128 mm). Bij 12,2 m/s werden beschadigingen aan kieuwbogen waargenomen. Bij 16,8 m/s bestonden beschadigingen vooral uit oogbeschadiging, schaafwonden en evenwichtsverlies.

Naast de gevolgen van turbulentie leiden hoge tegengestelde stroomsnelheden tot sterke waterkrachten die op de vis worden uitgeoefend (*shear stress*). Tegengesteld stromende water-massa's werken hiermee als een schaar. Deze krachten treden vooral op in de nabijheid van de bewegende delen van de pomp. Schade die als gevolg hiervan bij vis ontstaat kan o.a. bestaan uit schubverlies, aantasting van slijmlaag, verpletteren van interne organen, interne bloedingen, oogbeschadiging (uitscheuren, eruit springen, bloeding), oogverlies en bloedende kieuwen (Turnpenny *et al.*, 1992). Germonpré *et al.* (1994) noemen een specifiek kenmerk betreffende de inversie van kieuwbogen. Als de kieuwbogen openstaan kan de kracht hierop voldoende zijn om de kop van het lijf te rukken. De weerstand tegen *shear* is soortafhankelijk. Experimenten door Turnpenny *et al.* (1992) toonden aan dat haringachtigen al bij lage wrijvingsweerstand (206 N/m²) sterfte vertoonden binnen 1 uur. Daarentegen vertoonden alen bij de hoogste wrijvingsweerstand (tot 3.410 N/m²) geen schade, anders dan wat slijmverlies of enige uitgestelde sterfte (7 dagen). Salmoniden vertoonden een grotere schade bij hogere wrijvingsweerstand, en hadden tot 10% uitgestelde sterfte na 7 dagen. Naar verwachting zal ook lengte en levenstadium een rol spelen bij de weerstand tegen wrijvingskrachten.

4.2.3 SCHADE DOOR DRUKVERSCHIL

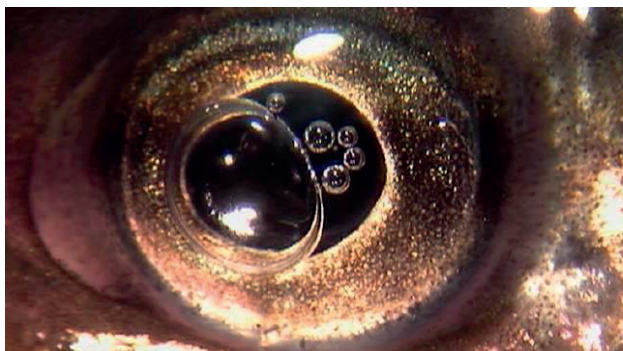
Bij het passeren van een pomp ondergaat een vis drukverschillen die elkaar snel opvolgen. Bij de inname wordt de druk opgebouwd, waarna deze bij de schoepen weer sterk daalt. Bij het verlaten van de pomp wordt de druk weer opgebouwd. Snelle drukfluctuaties zijn schadelijk voor vissen. Drukverschillen, met name door verschil in waterdiepte, worden opgevangen door de zwemblaas. Als een vis te snel drukverschillen ondergaat, ontstaat er overdruk in de zwemblaas (de druk van buiten neemt af maar de druk van de zwemblaas blijft groot). De zwemblaas zet uit omdat het bloed de gassen niet snel genoeg kan opnemen. Hierdoor beschadigt ondermeer de zwemblaas en de omliggende organen. In het bloed gaan gasmoleculen uit oplossing en vormen samen gasbellen. Deze gasbellen verstoren de bloedcirculatie en veroorzaken schade aan bloedvaten en weefsel. In het ergste geval kunnen bloedvaten scheuren waardoor er inwendige bloedingen kunnen ontstaan. Door de overdruk in ogen kunnen deze uitzetten, terwijl er ook in de ogen gasbellen kunnen ontstaan. Dit zijn min of meer de primaire effecten. Secundaire effecten zijn een positief drijfvermogen en abnormale zwembewegingen, met als gevolg uitputting, uitdroging en meer gevoelig voor predatie.

De schade verschilt afhankelijk van het type zwemblaas. Er zijn vissen met een open zwemblaas (physostome) zoals veel karperachtige vissoorten, en vissen met een gesloten zwemblaas (physocliste), waaronder baarsachtigen. In het algemeen geldt dat larven en juvenielen nog geen volledig ontwikkelde zwemblaas hebben, waardoor adulten eerder gevoelig zijn voor drukveranderingen dan juvenielen. De vissen met een open zwemblaas kunnen een snel drukverschil beter aan omdat zij de overmaat aan gas snel af kunnen voeren via de slokdarm en bek ('boeren'). Naast deze twee groepen zijn er ook nog vissen die geen zwemblaas hebben (o.a. platvissen) of vissen die een hybride categorie vormen –physostomecliste-, doordat ze het gas uit de zwemblaas gecombineerd kunnen afvoeren via de bloedbanen en via de bek. De aal is hier een voorbeeld van.

FIGUUR 4.4 SCHADE ALS GEVOLG VAN "SHEARING". DOOR HET OPENSTAAN VAN KIEUWBOGEN LEIDEN HOGE STROOMSNELHEDEN ERTOE DAT DE KOP WORDT AFGERUKT



FIGUUR 4.5 VORMING VAN GASBELLEN IN HET OOG DOOR DRUKVERSCHILLEN (ABERNERTHY ET AL., 2001)



4.2.4 SCHADE DOOR AANRAKING MET DELEN VAN DE POMP

Contact met componenten van het pompsysteem of in het gebied van de waterstroming leidt tot diverse verwondingen. Het gaat hier doorgaans om mechanische schade die veroorzaakt wordt door schaven, snijden of een klap. De omvang ervan hangt af van de afvoer/pomp-capaciteit, stroomsnelheid, aanwezigheid/aantal schoepen en ruimte tussen de schoepen. Snijwonden worden veroorzaakt door beknelling van vis in vernauwingen ter grootte van de vis (o.a. tussen schoep en mantel). Schade bestaat uit snijwonden, diepe insnijdingen en soms decapitatie (o.a. onthoofding of afsnijding lichaamsdelen). Een klap wordt veroorzaakt door aanraking met een bewegend deel van de pomp (schoepen). De kans dat een vis wordt geraakt door een bewegend deel hangt o.a. af van de grootte van de vis, het aantal schoepen en de tussenruimte, de rotatiesnelheid, de stroomsnelheid en afvoer. De schade loopt uiteen van directe sterfte tot oogbeschadiging, verlies van schubben en slijm laag, interne bloedingen, en hangt mede af van de rotatiesnelheid en vorm van de schoepen. Hiervoor bestaan verschillende theoretische benaderingen die uitgaan van formules voor de kans op aanraking met schoepen – zogenaamde *blade strike damage rates* (o.a. Von Raben, 1957; and Monten, 1985).

FIGUUR 4.6

SCHADE DOOR AANRAKING MET BEWEGEN-DE DELEN (LANGE & MERKX, 2005)



4.2.5 SCHADE DOOR CAVITATIE

Door hoge snelheden kan op sommige locaties in de pomp de druk in de vloeistof lager worden dan de dampdruk. Als de druk lager is dan de dampdruk, verdampt de vloeistof daar plaatselijk en ontstaan er dampbellen. Het ontstaan van dergelijke dampbellen wordt cavitatie genoemd. Cavitatie-erosie ontstaat wanneer de dampbellen terug in zones van hogere druk komen en imploderen. Deze implosies veroorzaken schokgolven die de materiële delen van de pomp en natuurlijk ook vissen kunnen beschadigen. In de vis leidt dit op lokaal niveau tot een gasexpansie, waardoor gevoelige weefsels, zoals bloedvaten, kunnen exploderen. Uitwendig is dit zichtbaar als bloeditstoringen, oogletsel en verpulvering van vlees. Vanuit de pomptechniek wordt er zoveel mogelijk naar gestreefd cavitatie te vermijden (om extra slijtage van pomponderdelen te voorkomen).

4.3 VISVRIENDELIJKHEID PER TYPE OPVOERWERK

4.3.1 STROOMOPWAARTS GERICHTE MIGRATIE

Hoewel dit niet verder is onderzocht, wordt verondersteld dat geen van alle bestaande gemalen –d.w.z. zonder vismigratievoorziening– stroomopwaartse migratie toelaat. In dat opzicht is er altijd een barrière voor stroomopwaartse vismigratie bij bestaande gemalen te verwachten. Een uitzondering vormt de aanwezigheid van een naastgelegen kunstwerk, bijvoorbeeld een inlaat ten behoeve van wateraanvoer, een schutsluis, spuisluis of het periodiek onder vrij verval lozen van water, waardoor vismigratie in stroomopwaartse richting wordt gefaciliteerd. De mate waarin migratie dan mogelijk wordt gemaakt is onduidelijk en afhankelijk van de specifieke kenmerken van de kunstwerken. In situaties langs de kust kunnen andere factoren een rol spelen. Zo maken soorten als aal (glasaalstadium) en bot (larvale en juveniele stadium) gebruik van zogenaamd selectief getijdentransport. Tijdens vloed stromen ze mee naar binnen en bij eb houden ze zich tegen of deels in de bodem op om te voorkomen dat ze weer terugstromen. Bij harde zoet-zout overgangen ontbreken de mogelijkheden voor selectief getijdentransport. In alle gevallen hoopt vis zich op voor gemalen en heeft daardoor een grotere kans op predatie door visetende vissen en/of vogels.

4.3.2 STROOMAFWAARTS GERICHTE MIGRATIE

Bij passage door gemalen kan schade ontstaan. De gehanteerde definitie van schade betreft waargenomen beschadiging of sterfte. Schade is weer te geven als:

$$\text{schade} = \text{kans} * \text{effect}$$

Effect wordt bepaald door factoren als drukverschillen, aanraking met pompdelen (mechanisch) of turbulentie. Naar verwachting veroorzaken de mechanische invloeden de grootste schade. Cavitatie is buiten beschouwing gelaten, omdat de verwachting is dat cavitatie in de meeste pompen nauwelijks voorkomt. Deze genoemde effecten zijn in de voorgaande paragrafen behandeld.

De kans dat één van de effecten optreedt, hangt af van type opvoerwerk, capaciteit, opvoerhoogte en toerental. Derhalve verschilt de aard en omvang van de schade per type opvoerwerk.

Onderstaand is per opvoerwerk een korte beschrijving gegeven van de relatie tussen opvoerwerk en veronderstelde schade. De veronderstelde schade is een theoretische beschouwing, die enerzijds is gebaseerd op de verrichte onderzoeken en anderzijds berust op kenmerken van opvoerwerk en risicofactoren die zich daarbij voordoen. In de onderzoeken naar vischade bij gemalen wordt soms onderscheid gemaakt in schade en sterfte. Tabel 4-1 geeft een totaal overzicht van de onderzoeksresultaten naar schade per opvoerwerktuig. Op basis hiervan is een gemiddelde schade/sterfte (%) bepaald per type opvoerwerk en capaciteit, toerental en opvoerhoogte. In bijlage 3 is aangegeven welke locaties het betreft en door wie de onderzoeken zijn uitgevoerd.

TABEL 4-1 OVERZICHT VAN ONDERZOEKSRISICOTOEGANG NAAR SCHADE PER OPVOERWERKTUIG

Type gemaal/ opvoerwerktuig	Debiet (m ³ /min)	Toerental (r/min)	Opvoer- Hoogte (m)	Totaal gevangen	Aal		Overige vissoorten		Gemiddelde schade/ sterfte
					schade% aal	sterfte% aal	schade% overige	sterfte% overige	
Vijzelgemaal	660	22	0,3	150	0	0	1		0
Vijzelgemaal	660	22	0,3	91			1		1
Vijzelgemaal	35♣	37	3,6	290	37	0	25	20	20
Vijzelgemaal	100	30	2	1009			14	1	8
Vijzelgemaal	30	39	2,9	517	10	4	20	44	20
Schepradgemaal	1920	6	0,3	25	0	0	0	0	0
Schroefcentrifugaalpomp	525	200	5,4	163		50		29	40
Schroef- of propellerpompen	255	360	5,4	34		100		88	94
Schroefcentrifugaalpomp	505	143	2,4	?	0	0	14	0	4
Schroef- of propellerpompen	20	837	2,37	430			13	1	7
Schroef- of propellerpompen	2500	80	0,6	495	30	0	19	4	13
Schroef- of propellerpompen	60	500	2,7	24	100	100	100	100	100
Schroef- of propellerpompen	37,5	735	1,15	?	100	100	100	100	100
Schroef- of propellerpompen	15600	64	0,7**)	875	71	52	0	0	31
Schroef- of propellerpompen	200	165	0,6	227	30	8	100	100	60
Centrifugaalpomp	1080	59	1,7 ***)	635	0	0	1	1	1
Centrifugaalpomp	690	70	1,7 ***)	23	0	0	0	0	0
Centrifugaalpomp	690	70	1,7 ***)	129	0	0	0	0	0
Centrifugaalpomp	157	78,5	2,8				59	10	35
Centrifugaalpomp	60	49	5	189	1	0	68	16	21

4.3.2.1 Scheprad

Gemalen die gebruik maken van schepraderen veroorzaken weinig tot geen schade aan vis. De grote dimensies zijn relatief gunstig bij het passeren door vissen. Een laag toerental van schepraderen zal weinig kans geven tot aanraking met bewegende delen. Schade bij schep-radgemalen is alleen bij het boezemgemaal Spaarndam (1920 m³/min bij 6 rpm) onderzocht. Hier is geen schade waargenomen. Er wordt verondersteld dat er een barrière-effect optreedt vanwege het geluid en de trillingen dat dit type gemaal produceert.

4.3.2.2 Vijzelgemalen

Bij vijzelgemalen is er kans op mechanische schade door aanraking met bewegende delen (eerste winding van de vijzel) stilstaande delen (wand behuizing vijzel, aanzuig- en persleiding). Er is 1 boezemgemaal onderzocht (gemaal Halfweg; capaciteit 660 m³/min, 22 rpm). Hier werd nauwelijks tot geen schade waargenomen. Bij vijzelgemalen in poldergebieden is wel schade waargenomen. De waargenomen schade lijkt te zijn veroorzaakt door mechanische schade (insnijdingen, schaafplekken etc.). Vissen raken beschadigd door aanraking met de eerste winding of doordat vissen bekneld raken tussen het draaiende wormwiel en de buitwand. Schade als gevolg van drukverschillen worden niet verwacht omdat er in de vijzel sprake is van atmosferische druk. De gemiddelde waargenomen schade en directe sterfte bij aal is respectievelijk 16% en 1% en bij overige vissoorten respectievelijk 12% en 22%.

Een traag draaiende vijzel met een grote diameter (capaciteit) lijkt in potentie een visvriendelijk alternatief te vormen. De bestaande visvriendelijke varianten worden in het volgende hoofdstuk besproken. Het is niet ondenkbaar dat vijzelgemalen meer geluid en trillingen veroorzaken dan andere gemalen waardoor een grotere barrièrewerking mag worden verwacht.

TABEL 4-1

GEMIDDELDE SCHADE-/STERFTEPERCENTAGES BIJ PASSAGE DOOR VIJZELGEMALEN

	Boezemgemaal (> 660 m ³ /min)		Poldergemalen (30-100 m ³ /min)	
	Aal	Overige vissoorten	Aal	Overige vissoorten
Schade door pompdelen (mechanisch/druk of shear)	0%	<1%	ca. 20%	ca. 20%

4.3.2.3 Centrifugaalpompen

Bij centrifugaalpompen is er kans op mechanische schade door botsing met stilstaande delen (leischotten, wand huis, zuig- of persleiding) of bewegende delen (waaier). Relatief hoge toerentallen komen voor bij centrifugaalpompen. Kans op aanraking met bewegende delen is aanzienlijk. De diameter van de zuig- en persbuis is doorgaans klein, ca. 20-40 cm diameter. Hierdoor neemt de kans op botsing met de wand toe. Bovendien komen hierdoor hoge stroomsnelheden voor in de persleiding, waardoor wrijvingskrachten ("shear") optreden. Doordat het water radiaal uittreedt, heeft vis een grote kans om tegen de wand van de perszijde te botsen.

Er zijn tot nu toe 4 verschillende gemalen met centrifugaalpompen onderzocht op het optreden van schade na passage. De waargenomen schade is wisselend. De gemiddelde schade en sterfte bij aal is kleiner dan 1%. Bij overige vissoorten is de gemiddelde schade 26% en gemiddelde sterfte 5%. De grotere boezemgemalen (gemaal Gouda cap. 690 m³/min bij 70 rpm en gemaal Katwijk 1080 m³/min bij 59 rpm) laten geen tot nauwelijks schade zien. De kleinere centrifugaalpompen (cap. 140 m³/min bij 250 rpm en 60 m³/min bij 49 rpm) laten wel duidelijk schade zien.

Een conclusie kan zijn dat vooral de kleinere centrifugaalpompen uitwendige en inwendige schade veroorzaken bij vissen. Germonpré *et al* (1994) beschrijven de waargenomen schade bij een centrifugaalpomp, waarbij de visueel waargenomen schade soortafhankelijk is en vooral verband lijkt te hebben met de aanraking van pomponderdelen. Schade als oogverlies of oogkwetsuur en aan kieuwdeksels bij brasem en blankvoorn lijken te duiden op schade door drukfluctuaties of "shear" (opvoerhoogte is 5 m).

Bij grotere gemalen lijkt de kans op schade door aanraking met onderdelen van de pomp kleiner. Dergelijke gemalen hebben een groot volume (debiet) en een minder hoog toerental. Wel is er bij de (boezem)gemalen versuffing of sterfte zonder uitwendige schade waargenomen, dat lijkt te duiden op schade door sterke turbulentie/stroomsnelheden of mogelijk grote drukverschillen.

TABEL 4-2

GEMIDDELDE SCHADE-/STERFTEPERCENTAGES BIJ PASSAGE DOOR CENTRIFUGAALPOMP

	Boezemgemalen (> 690 m ³ /min)		Poldergemalen (60-140 m ³ /min)	
	Aal	Overige vissoorten	Aal	Overige vissoorten
Schade door pompdelen (mechanisch/druk of shear)	<1%	1%	<1%	ca. 50%

4.3.2.4 Schroefcentrifugaalpomp

Bij schroefcentrifugaalpomp kunnen vissen mechanische schade oplopen als gevolg van aanraking met bewegende delen (as, schoepen schroef, waaier) of stilstaande delen (leischoe- pen, wand van huis, zuig- en persleiding). Door zijdelings uittreden van het water ontstaat extra kans op botsing tegen de wand van de persleiding.

Er zijn een tweetal gemalen van dit type onderzocht op schade. De gemiddelde waargenomen schade en sterfte bij aal was 0% respectievelijk 25% en bij overige vissoorten was dit respectie- velijk 7% en 15%. De schade is in hoofdzaak beoordeeld als mechanische schade. Het is niet ondenkbaar dat er tevens schade ontstaat als gevolg van drukverschillen.

TABEL 4-3

GEMIDDELDE SCHADE-/STERFTEPERCENTAGES BIJ PASSAGE DOOR SCHROEFCENTRIFUGAALPOMP

	Boezemgemaal (> 505 m ³ /min)		Poldergemaal (524 m ³ /min)	
	Aal	Overige vissoorten	Aal	Overige vissoorten
Schade door pompdelen (mechanisch/druk of shear)	0%	<1%	ca. 20%	ca. 20%

4.3.2.5 Schroefpompen

Bij schroefpompen heeft passerende vis kans om mechanische schade op te lopen als gevolg van aanraking met bewegende delen (as of schoepen) of stilstaande delen (wand huis, aan- zuig- of persleiding). De kans op mechanische schade is groter bij poldergemalen, dan bij grote boezemgemalen. Door grotere dimensies van het huis, zuig- en persleiding en de door- gaans lagere toerentallen bij boezemgemalen is vis beter in staat om ongeschonden te passe- ren. Bij schroefpompen is de waaier in het algemeen kort op de leischoeppen gebouwd, bij de BVOP is dit niet het geval.

Net als bij centrifugaalpomp is de kans op schade door snelle drukverschillen aanwezig. Dit hangt af van de opvoerhoogte en aanzuigdiepte.

Bij alle schroefpompen (7) is schade geconstateerd. De gemiddelde schade en sterfte bedragen voor aal respectievelijk 66% en 60% en voor overige vissoorten 55% en 49%. Het type schade bij schroefpompen lijkt te duiden op mechanische schade door bewegende delen of door beklem- ming tussen bewegende en stilstaande delen. De schadepercentages bij poldergemalen zijn groter dan bij boezemgemalen. Kleinere dimensies en een groter toerental leiden tot een gro- tere kans op schade. In sommige onderzoeken zijn schade-/sterftepercentages tot 100% waar- genomen. Opmerkelijk is dat aal een grotere kans lijkt te hebben op schade bij boezemgema- len dan de overige vissoorten. Kruitwagen *et al* (2008) geven als oorzaak het zwemgedrag van aal, die zich bij voorkeur tegen de wand drukt en daardoor kans heeft op beklemming tussen wand en schoepen. Vissen die zich in het midden van de waterkolom begeven, kunnen tussen de schoepen zwemmen of manoeuvreren. In de nabijheid van de schoepen neemt de stroom-

snelheid sterk toe, waardoor er kans bestaat op schade door scharende krachten (“shear”). Bij sommige schubvissen is ontschubbing, afgerukte kieuwdeksels, verlies van ogen waargenomen dat hier mogelijk verband mee houdt.

FIGUUR 4.7

GESLOTEN SCHROEFPOMP (GEMAAL SAMMERSPOLDER)



TABEL 4-4

GEMIDDELDE SCHADE-/STERFTEPERCENTAGES BIJ PASSAGE DOOR SCHROEFPOMP

	Boezemgemalen (> 2.500 m ³ /min)		Poldergemalen (20-255 m ³ /min)	
	Aal	Overige vissoorten	Aal	Overige vissoorten
Schade door pompdelen (mechanisch/druk of shear)	ca. 50%	<10%	ca. 65%	ca. 80%

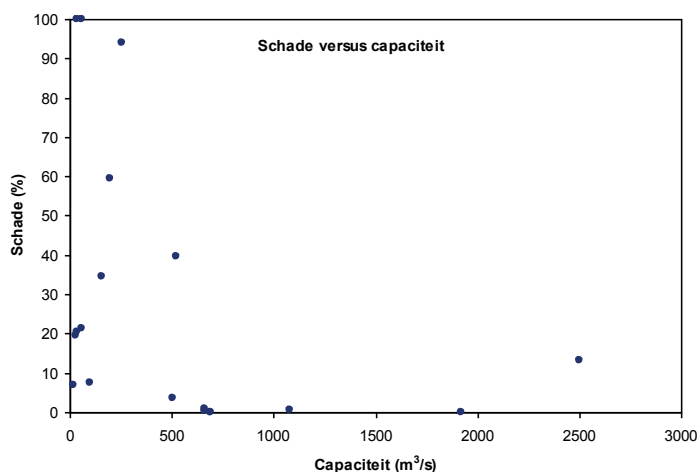
4.3.3 RELATIE MET ANDERE FACTOREN (TOERENTAL, CAPACITEIT EN OPVOERHOOGTE)

In het voorgaande is onderscheid gemaakt in kleine gemalen (polder) en grote gemalen (boezem). Capaciteit van pomp is daarmee een factor die bepalend is voor de mate waarin schade wordt veroorzaakt. Een grotere capaciteit noodzaakt tot grotere dimensies van pomp en pomphuis, waardoor kans op aanraking met delen voor vis wordt verkleind. Een hiermee samenhangende factor is het toerental. Naarmate de afmeting groter wordt zal het toerental afnemen. Daarnaast is een hoger toerental nodig bij grotere opvoerhoogten. Om inzicht te krijgen in de relatie tussen capaciteit, toerental of opvoerhoogte en de schade is de waargenomen schade uitgezet tegen deze factoren. Daarbij is uitgegaan van de gemiddelde schade/sterfte van aal en overige vis samen zoals is waargenomen bij de onderzoeken. Bij geen enkele relatie is er sprake van duidelijk verband (correlatie). Verschillen worden veroorzaakt door afhankelijkheid van type pomp, uitvoering van waaier/schoepen, opvoerhoogte/toerental en wijze waarop het onderzoek is uitgevoerd (gedwongen blootstelling of natuurlijke trek). Wel is er een duidelijke trend waarneembaar en dus is er mogelijk sprake van een relatie met de factoren.

De waargenomen schadepercentages liggen ver uit elkaar, maar laten desondanks een afnemende trend zien bij een toenemende capaciteit (zie Figuur 4.8).

FIGUUR 4.8

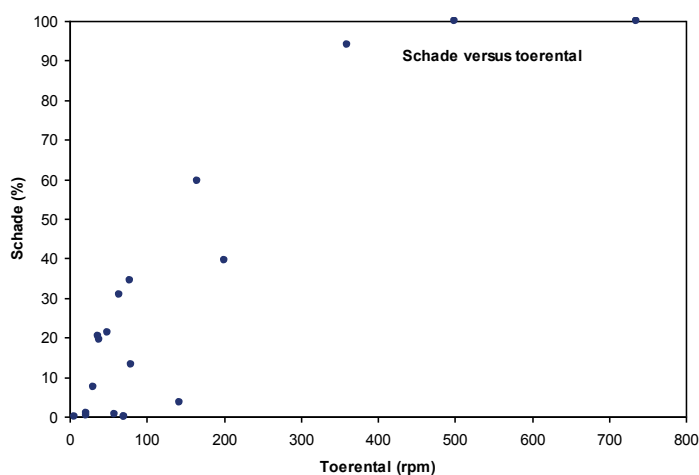
RELATIE CAPACITEIT EN SCHADE PERCENTAGE



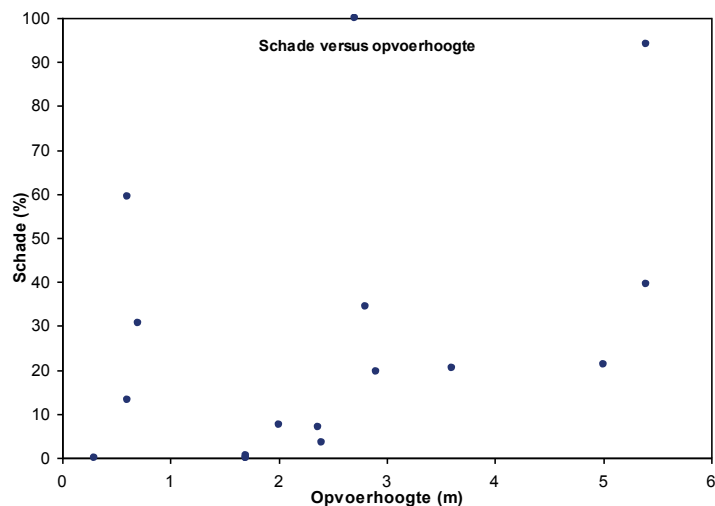
Een duidelijker verband wordt gevonden met het toerental (zie figuur 4.9). Hiertoe is het resultaat bij gemaal de Haandrik niet meegenomen, in verband met een hoog toerental en lage sterfte. Bovendien betrof het hier in hoofdzaak kleine vis (tot 12 cm) die het gemaal in de onderzoeksperiode passeerde. Er is een kleine relatie aantoonbaar tussen schade en opvoerhoogte. Zowel bij lage opvoerhoogte als bij grote opvoerhoogte zijn grote schadepercentages waargenomen. Aspecten als toerental en pomptype spelen waarschijnlijk een grotere rol. Er lijkt een positieve relatie tussen opvoerhoogte en schade aanwezig. Bij toenemende opvoerhoogte is een groter toerental benodigd en is er extra kans op schade. Een duidelijke relatie tussen schade als gevolg van drukverschillen bij toenemende opvoerhoogte lijkt niet aanwezig (figuur 4.10).

FIGUUR 4.9

RELATIE TOERENTAL EN SCHADE PERCENTAGE



FIGUUR 4.10 RELATIE OPVOERHOOGTE EN SCHADE PERCENTAGE



4.4 CONCLUSIES

- De grootste schadepercentages (slechts 1 onderzoek) worden waargenomen bij schroefpompen. Van dit type is bij kleinere pompen (poldergebieden) het schaderisico groter dan bij grote pompen (boezemgemalen);
- Het meest visvriendelijk lijkt het schepradgemaal. Ook de vijzel is visvriendelijk te noemen, dit is zeker het geval bij grotere vijzelgemalen (boezemgemaal);
- Het schadeprofiel is meestal onduidelijk. Veelal lijkt de veroorzaakte schade mechanisch, maar ook andere oorzaken kunnen hieraan ten grondslag liggen (o.a. druk en turbulentie). Meer inzicht in het schadeprofiel is gewenst;
- In algemene zin kan worden gesteld dat het onduidelijk is in welke mate gemalen een barrière vormen vanwege een afschrikkend effect door geluid, trillingen, grof vuil rooster etc.;
- Bij grotere opvoerhoogten moet een pomp echter op een hoger toerental gedraaid worden om de opvoerhoogte te kunnen realiseren, hetgeen ten koste zal gaan van de visvriendelijkheid.

TABEL 4-5 GLOBALE SCHADEPERCENTAGES VAN POMPTYPEN

Opvoerwerktuig (# onderzoeken)	Boezemgemalen		Poldergemalen	
	Aal	Overige vissoorten	Aal	Overige vissoorten
Schepradgemaal (1)	0%	0%	0%	0%
Vijzelgemaal (5)	0%	<1%	ca. 20%	ca. 20%
Centrifugaalpomp (5)	<1%	1%	<1%	ca. 50%
Schroefcentrifugaalpomp (2)	0%	<1%	ca. 20%	ca. 20%
Schroef- of propellerpomp (7)	ca. 50%	<10%	ca. 65%	ca. 80%

FIGUUR 4.11 GEMAAL JOHAN VEURINK



5

RESULTATEN INVENTARISATIE GEMALEN IN NEDERLAND

5.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van informatie over bestaande gemalen in Nederland.

De inventarisatie van gemalen is gericht op technische en ecologische (gevolgen van gemalen voor de vis) informatie. Hierbij is gebruik gemaakt van de bij Visadvies aanwezige databestanden met gegevens van gemalen en migratieknelpunten. Daarnaast zijn waterbeheerders benaderd.

5.2 GEGEVENS

De ecologische aspecten die zijn geïnventariseerd, zijn onder andere:

- vissoorten;
- visgedrag (trekdrang, zoet/zout, soort trek, dagritme, stroom op- en afwaarts);
- tijdstip (seizoen, dag/nacht, hoog/laag).

Deze dataset is uitgebreid met technische aspecten als:

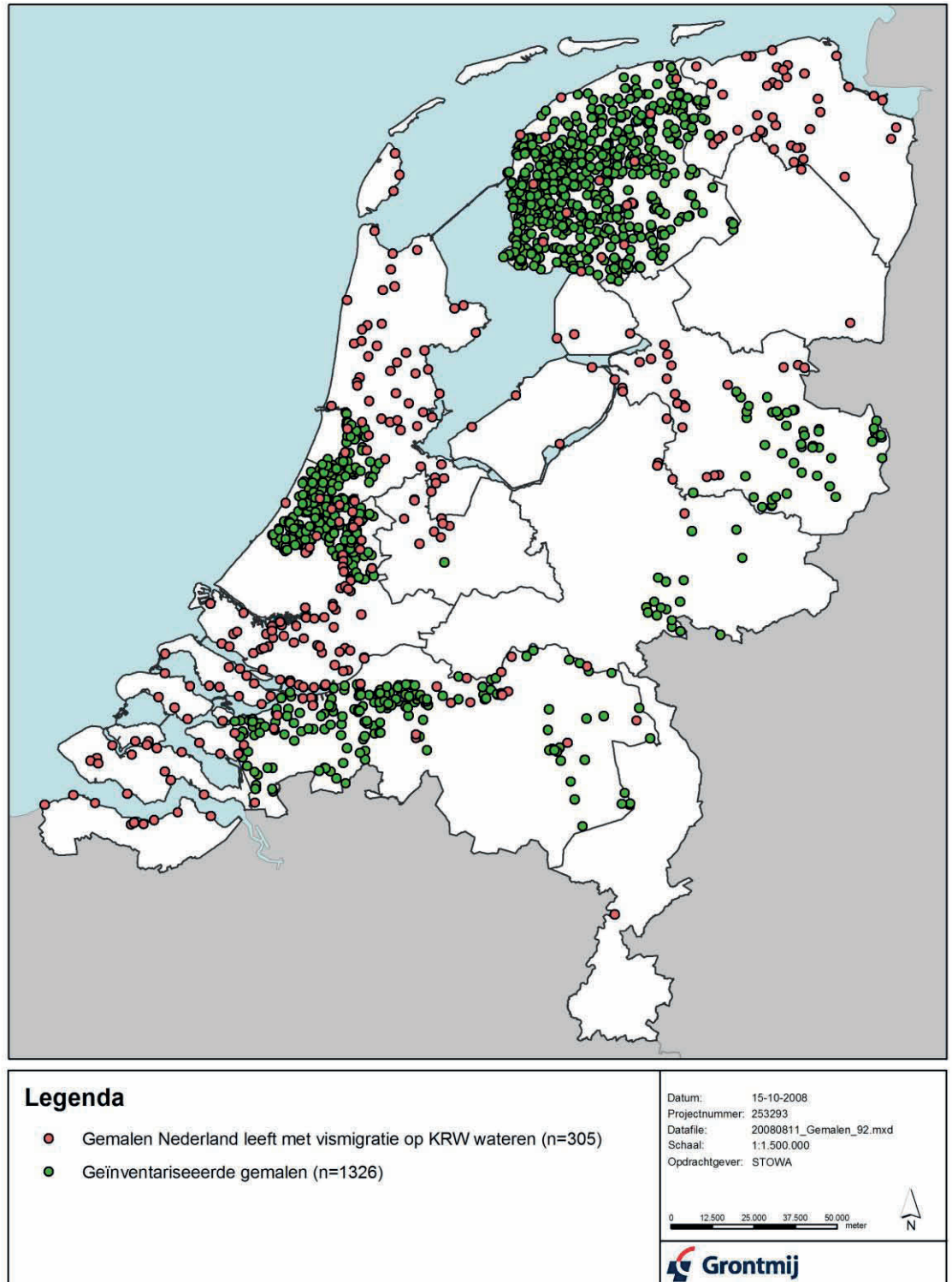
- type pomp;
- capaciteit;
- opvoerhoogte;
- krooshek;
- geluid;
- trilling.

5.3 GEÏNVENTARISEERDE OPVOERWERKEN

Onderstaande Figuur 5.1 geeft een indruk van de geïnventariseerde opvoerwerken. Van circa 1.200 opvoerwerken zijn de X- en Y-coördinaten bekend.

FIGUUR 5-1

OVERZICHT GEÏNVENTARISEERDE GEMALEN, WAARVAN LOCATIE EN CAPACITEIT BEKEND IS



5.4 BRUIKBAARHEID GEGEVENS

De kwaliteit van aangeleverde informatie verschilt enorm. Sommige waterbeheerders hebben alle gevraagde informatie direct beschikbaar, andere hebben alleen summieri informatie. Daarnaast is de vraag wat de kwaliteit is van de aangeleverde informatie, gezien de beperkte doorlooptijd van het project is er geen mogelijkheid geweest om controles uit te voeren. In totaal hebben 23 waterbeheerders gegevens opgestuurd. Onderstaande tabel laat de belangrijkste kenmerken van de database zien.

TABEL 5-1 OVERZICHT DATABASE – TECHNISCHE GEGEVENS

# gemalen in Nederland	+/- 5.000	
# opvoerwerken in Nederland	+/- 10.000	
# opvoerwerken in database	3.806	
- waarvan van	3.211	de capaciteit (Q) bekend is
- waarvan van	2.813	het type opvoerwerk (T) bekend is
- waarvan van	998	de opvoerhoogte (H) bekend is
- waarvan van	845	de Q, T én H bekend zijn
- waarvan van	204	de draaiuren bekend zijn
- waarvan van	0	de toerentallen bekend zijn

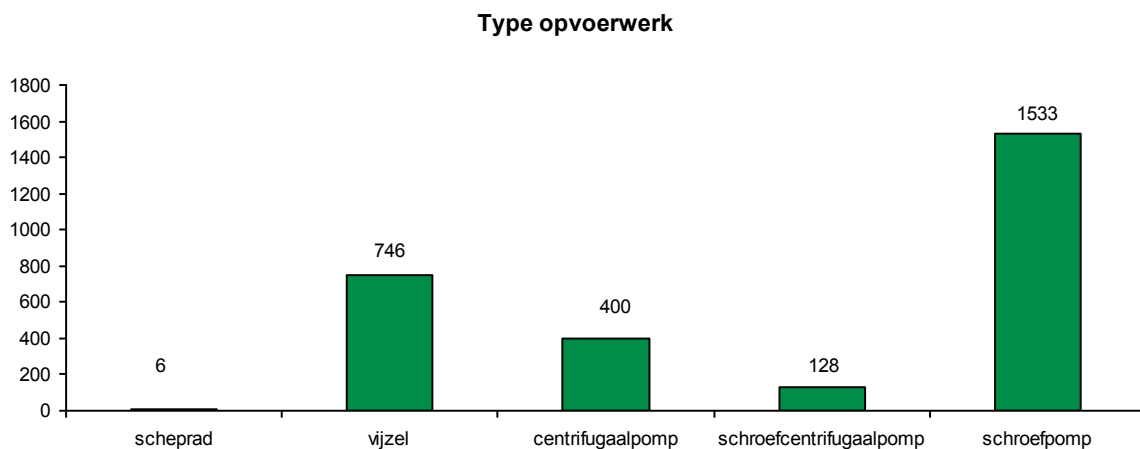
Uit bovenstaande tabel valt af te leiden dat in principe van geen enkel opvoerwerk volledige technische gegevens bekend zijn. Hierdoor is het onmogelijk om een gedetailleerd beeld te schetsen van het functioneren van het opvoerwerk versus vispasseerbaarheid.

De database kan wel gebruikt worden om trends te herkennen en conclusies op hoofdlijnen te trekken. In vervolgonderzoeken dient de database kwantitatief en met name kwalitatief uitgebreid te worden. De volgende paragrafen geven een overzicht van de gegevens van de database.

5.5 TOEGEPASTE OPVOERWERKEN

Van 2.813 van de geïnventariseerde opvoerwerken is het type bekend. Onderstaande figuur toont de differentiatie in de opvoerwerken.

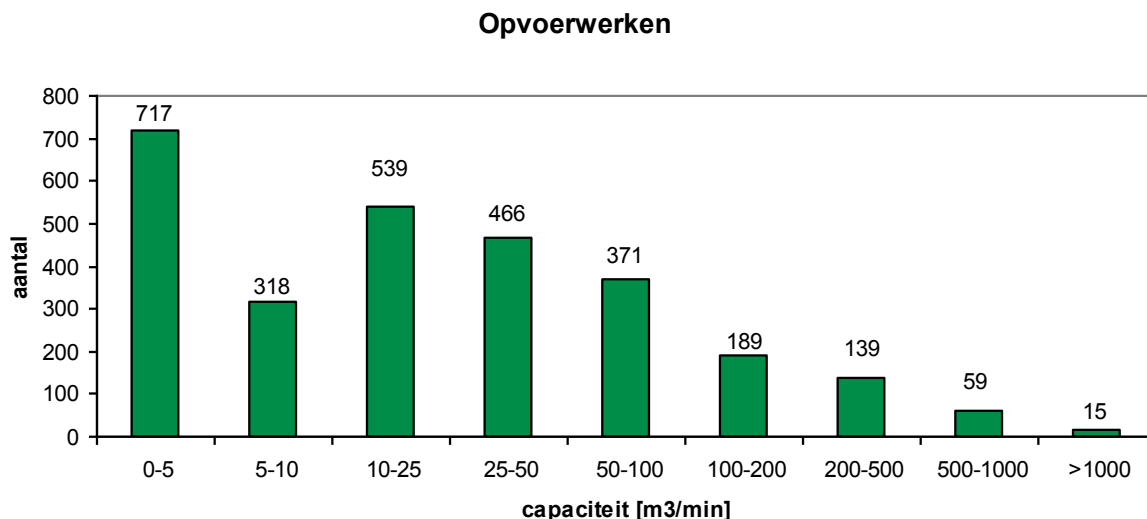
FIGUUR 5.2 GEÏNVENTARISEERDE OPVOERWERKEN – TYPE



Figuur 5.2 laat zien dat schroefpompen verreweg het meeste worden toegepast onder de geïnventariseerde opvoerwerken.

FIGUUR 5.3

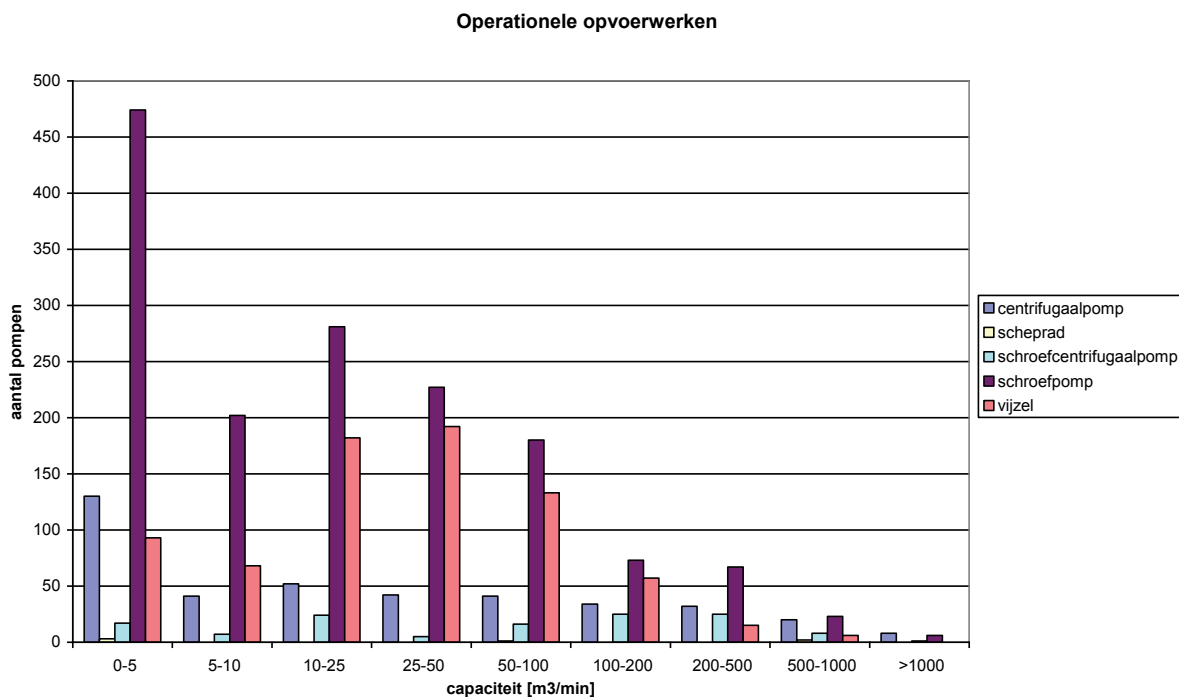
GEÏNVENTARISEERDE OPVOERWERKEN – CAPACITEIT



Uit Figuur 5.3 kan worden geconcludeerd dat circa 25% van de opvoerwerken een capaciteit kleiner dan 5 m³/min heeft, circa 56% een capaciteit kleiner dan 25 m³/min heeft, en circa 85% een capaciteit kleiner dan 100 m³/min heeft.

FIGUUR 5.4

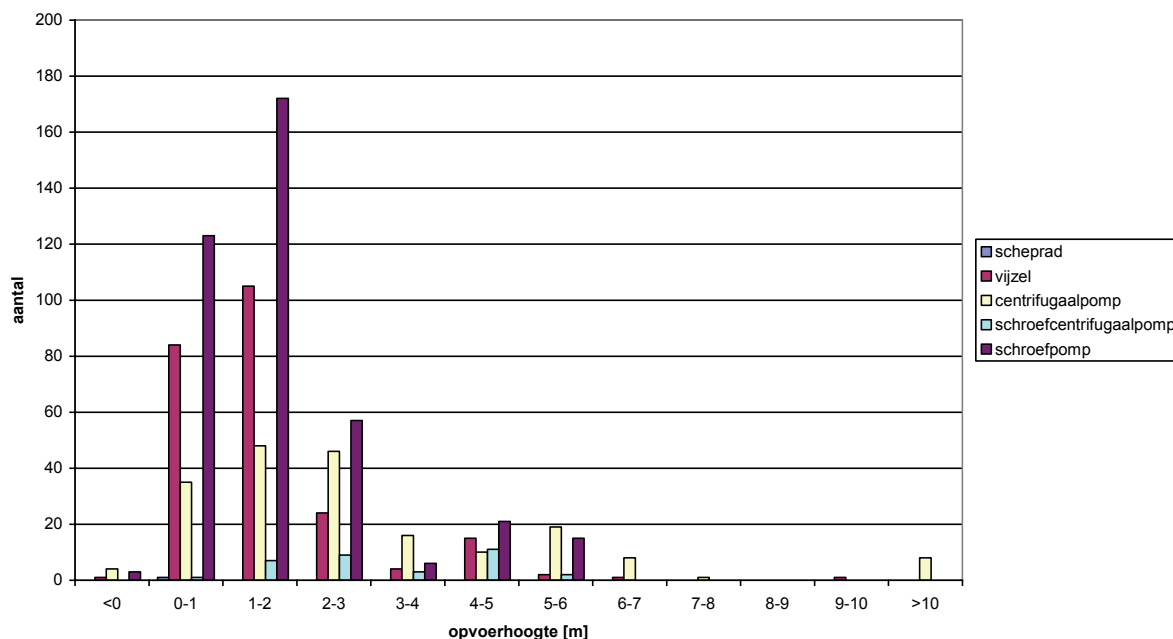
GEÏNVENTARISEERDE OPVOERWERKEN – CAPACITEIT PER TYPE



Figuur 5.4 laat zien dat onder de geïnventariseerde opvoerwerken schroefpompen in alle capaciteitsranges het meest worden toegepast.

FIGUUR 5.5

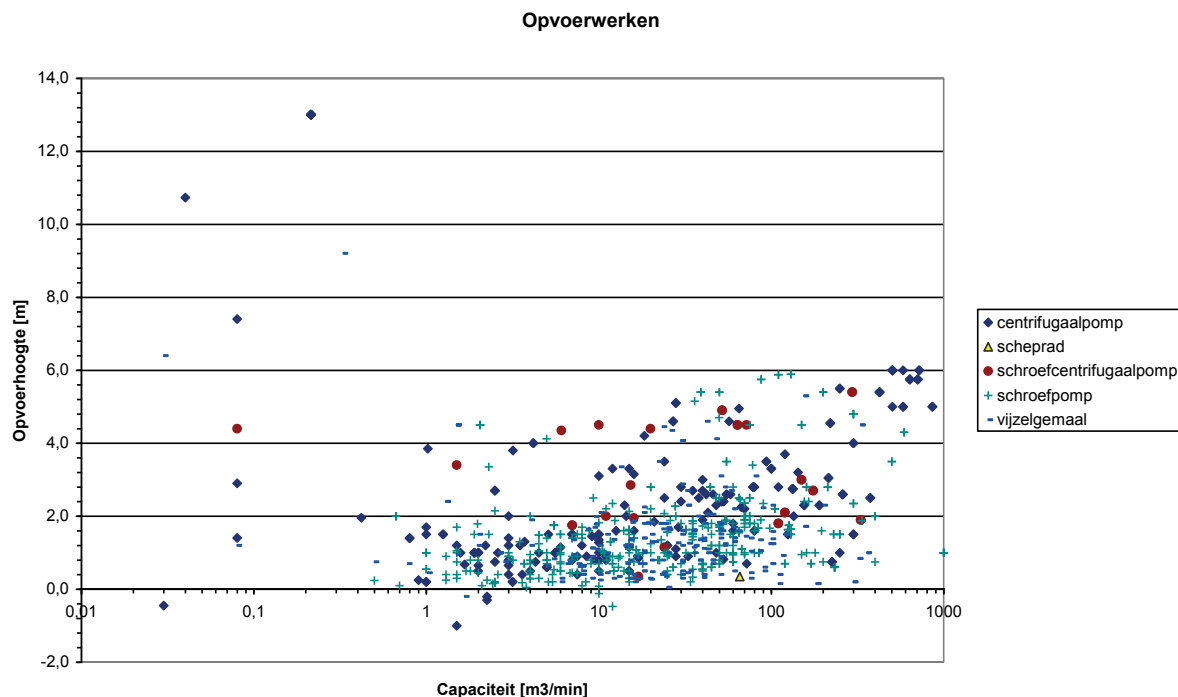
GEÏNVENTARISEERDE OPVOERWERKEN – OPVOERHOOGTE PER TYPE



Uit Figuur 5.5 valt te concluderen dat het grootste deel van de opvoerwerken een relatief lage opvoerhoogte heeft. Circa 30% van de opvoerwerken heeft een opvoerhoogte van minder dan 1 meter, circa 67% is minder dan 2 meter en circa 83% heeft een opvoerhoogte van minder dan 3 meter. Het aantal opvoerwerken met een opvoerhoogte van 7 meter of hoger is zeer laag. Zoals reeds eerder gezegd worden schroefpompen het meest toegepast, gevolgd door vijzels. Echter, de opvoerwerken met een opvoerhoogte van 10 meter of meer zijn uitsluitend uitgevoerd met centrifugaalpompen.

FIGUUR 5.6

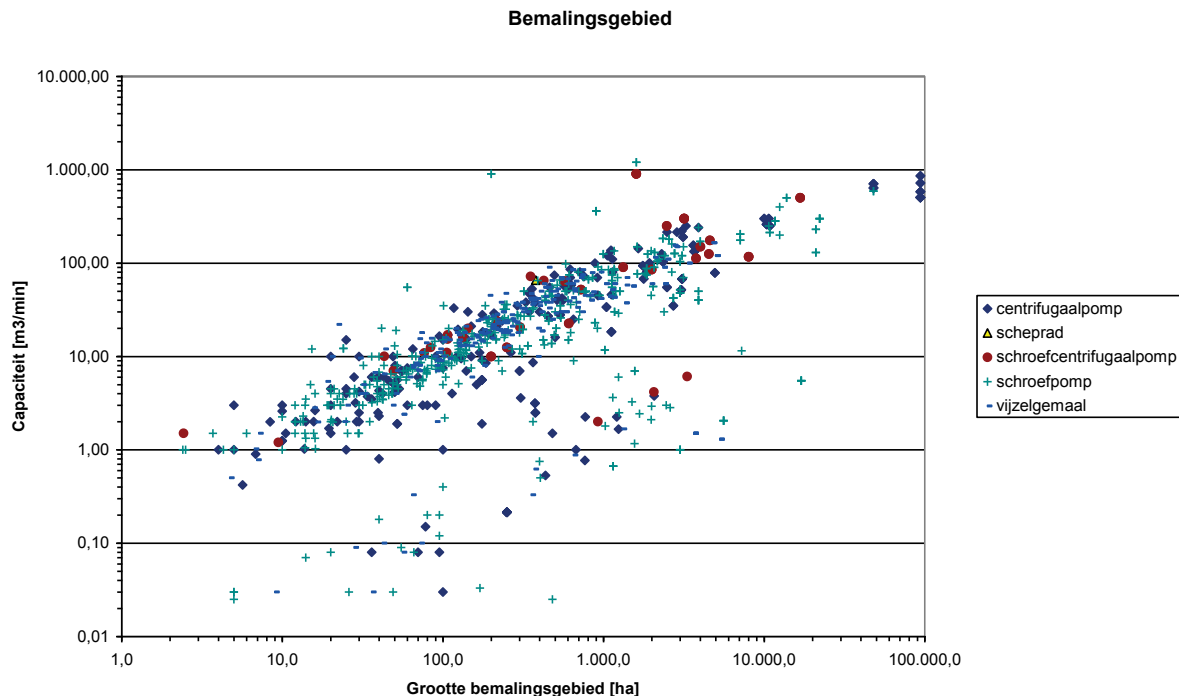
GEÏNVENTARISEERDE OPVOERWERKEN – CAPACITEIT VS. OPVOERHOOGTE



Figuur 5.6 toont de werkpunten van de operationele opvoerwerken. Duidelijk is dat de kenmerken van het merendeel van de opvoerwerken zijn:

- opvoerhoogte < 3 meter;
- capaciteit $1 < Q < 100 \text{ m}^3/\text{min}$ ligt.

FIGUUR 5.7 GEÏNVENTARISEERDE OPVOERWERKEN – BEMALINGSGEBIED VS. CAPACITEIT



Volgens figuur 5.7 is er voor bemalingsgebieden van 10 tot 1000 ha. in de meeste gevallen een lineair verband tussen de capaciteit van gemalen en de oppervlakte van het bemalingsgebied.

5.6 VISSCHADE EN ECOLOGISCHE ASPECTEN

Bij twaalf gemalen is door de waterbeheerder aangegeven dat er sprake is van visschade. De waargenomen schade is niet gekwantificeerd of nader omschreven. Van een aantal locaties zijn onderzoeksresultaten bekend, deze staan beschreven in Bijlage 3. De volgende pomptypen zijn genoemd: centrifugaalpomp (2), schroefcentrifugaalpomp (2), dompelpomp (1), Schroef- of propellerpompen (6) en vijzelgemalen (2). De opvoerhoogte van de pompen varieert van 0,7 m tot 5,4 m. Door sommige waterbeheerders is ecologische informatie weergegeven. Krooshekken die er voorkomen hebben een spijlafstand van 8, 9, 15, 40 en 60 cm. Van een tweetal gemalen is bekend dat ze verlicht zijn in de avond/nacht. Ook is bij twee gemalen aangegeven dat ze geluid/trillingen veroorzaken.

Omdat de aangeleverde gegevens beperkt zijn en variëren in compleetheid en detailniveau zijn deze gegevens niet verder gebruikt bij de beoordeling van visschade bij bestaande gemalen. Hiervoor zijn alleen de reeds uitgevoerde veldonderzoeken als bron geraadpleegd.

5.7 CONCLUSIE

In de database is van een representatief geachte hoeveelheid gemalen inmiddels de nodige informatie vastgelegd. Van geen enkel gemaal is de informatie echter al compleet. De belangrijkste reden hiervoor is dat de waterbeheerders zelf niet over de gegevens beschikken of dat deze informatie niet gemakkelijk te achterhalen is. Met name de informatie met betrekking tot visschade en ecologische aspecten is tot nu toe zeer summier.

Dit neemt niet weg dat de database nu al interessante mogelijkheden biedt ten aanzien van inventarisatie van de visschadelijkheid van gemalen. Door dwarsverbanden te leggen met reeds uitgevoerde onderzoeken zijn interessante conclusies te trekken. Hierop wordt in het volgende hoofdstuk ingegaan.

Geadviseerd wordt om de database verder uit te breiden en aanvullend onderzoek te doen om de database up-to-date te krijgen. Dit is van belang om een representatief beeld te krijgen van de Nederlandse situatie en tevens kunnen de gegevens uit de database worden gebruikt om referentieoplossingen te genereren in het afwegingskader.

6

POTENTIËLE VISSCHADE DOOR GEMALEN

IN NEDERLAND

6.1 METHODE

Om de omvang van het probleem van vissterfte als gevolg van passage door gemalen inzichtelijk te maken wordt in dit hoofdstuk op basis van de gegevens in de gemalendatabase, de gegevens verkregen uit het literatuuronderzoek en expert judgement van Grontmij en VisAdvies getracht te komen tot een extrapolatie van schade aan vis naar het landelijk niveau. Hierbij wordt uitgegaan van de resultaten van diverse onderzoeken zoals weergegeven in Tabel 6.1 op basis waarvan een robuuste inschatting van schade/sterfte aan vis door diverse typen opvoerwerktuigen is gemaakt in hoofdstuk 4 (Tabel 6.2). Hierbij wordt geen onderscheid meer gemaakt tussen directe sterfte en schade, maar wordt aangenomen dat veroorzaakte schade op termijn ook leidt tot sterfte. In genoemde Tabel 6.2 worden de opvoerwerken onderverdeeld in boezemgemalen en poldergemalen. Deze verdeling is indicatief voor de capaciteit van de opvoerwerken (boezemgemalen: grote capaciteit; poldergemalen: kleine capaciteit). In het algemeen kan worden gesteld dat een grotere capaciteit leidt tot minder schade aan vis. Er is slechts één onderzoek beschikbaar naar het effect van een schepradgemaal. Hieruit bleek dat geen schade aan vis werd veroorzaakt. In de verdere schadeberekeningen is dit type opvoerwerk buiten beschouwing gelaten.

TABEL 6-1 OVERZICHT VAN ONDERZOEKRESULTATEN NAAR SCHADE PER OPVOERWERKTUIG

Type gemaal/ opvoerwerktuig	Debiet (m³/min)	Toerental (r/min)	Opvoer- Hoogte (m)	Totaal gevangen	Aal		Overige vissoorten		Gemiddelde schade/sterfte
					schade% aal	sterfte% aal	schade% overige	sterfte% overige	
Vijzelgemaal	660	22	0,3	150	0	0	1		0
Vijzelgemaal	660	22	0,3	91			1		1
Vijzelgemaal	35	37	3,6	290	37	0	25	20	20
Vijzelgemaal	100	30	2	1009			14	1	8
Vijzelgemaal	30	39	2,9	517	10	4	20	44	20
Schepradgemaal	1920	6	0,3	25	0	0	0	0	0
Schroefcentrifugaalpomp	525	200	5,4	163		50		29	40
Schroef- of propellerpompen	255	360	5,4	34		100		88	94
Schroefcentrifugaalpomp	505	143	2,4	?	0	0	14	0	4
Schroef- of propellerpompen	20	837	2,37	430			13	1	7
Schroef- of propellerpompen	2500	80	0,6	495	30	0	19	4	13
Schroef- of propellerpompen	60	500	2,7	24	100	100	100	100	100
Schroef- of propellerpompen	37,5	735	1,15	?	100	100	100	100	100
Schroef- of propellerpompen	15600	64	0,7**)	875	71	52	0	0	31
Schroef- of propellerpompen	200	165	0,6	227	30	8	100	100	60

Type gemaal/ opvoerwerktuig	Debiet (m³/min)	Toerental (r/min)	Opvoer- Hoogte (m)	Totaal gevangen	Aal		Overige vissoorten		Gemiddelde schade/sterfte
					schade% aal	sterfte% aal	schade% overige	sterfte% overige	
Centrifugaalpomp	1080	59	1,7 ***)	635	0	0	1	1	1
Centrifugaalpomp	690	70	1,7 ***)	23	0	0	0	0	0
Centrifugaalpomp	690	70	1,7 ***)	129	0	0	0	0	0
Centrifugaalpomp	157	78,5	2,8				59	10	35
Centrifugaalpomp	60	49	5	189	1	0	68	16	21

TABEL 6-2 STERFTEPERCENTAGES DOOR DE VERSCHILLENDE OPVOERWERKEN

Opvoerwerk (# onderzoeken)	Boezemgemalen		Poldergemalen	
	Aal	Overige vissoorten	Aal	Overige vissoorten
Scheprad (1)	0%	0%	0%	0%
Vijzel (5)	0%	< 1%	ca. 20%	ca. 20%
Centrifugaalpomp (5)	< 1%	1%	< 1%	ca. 50%
Schroefcentrifugaalpomp (2)	0%	< 1%	ca. 20%	ca. 20%
Schroefpomp (7)	ca. 50%	< 10%	ca. 65%	ca. 80%

Op basis van de gegevens voorhanden in de gemalendatabase kan een meer gedetailleerde verdeling worden gemaakt naar capaciteit en aantallen opvoerwerken per type (Tabel 6-3). Het betreft in totaal 2.813 opvoerwerken die representatief worden geacht voor het in Nederland aanwezige totaal aantal opvoerwerken in het oppervlakte water, zijnde circa 5.000 (bron: 2001 RWS Meetkundige dienst, WIS-BORIS).

TABEL 6-3 AANTALLEN VAN DE VERSCHILLENDE TYPEN GEÏNVENTARISEERDE OPVOERWERKEN EN HUN CAPACITEIT

Capaciteit (in m³/min)	Type opvoerwerk					
	Scheprad	Vijzel	Centrifugaal- pomp	Schroef- centrifugaalpomp	Schroef- pomp	Totaal
0-5	3	93	130	17	474	717
5-10	0	68	41	7	202	318
10-25	0	182	52	24	281	539
25-50	0	192	42	5	227	466
50-100	1	133	41	16	180	371
100-200	0	57	34	25	73	189
200-500	0	15	32	25	67	139
500-1000	2	6	20	8	23	59
>1000	0	0	8	1	6	15
Totaal	6	746	400	128	1533	2813

Uit de database zijn beperkt gegevens beschikbaar over het aantal draaiuren per opvoerwerk. Deze zijn als gemiddelden weergegeven in Tabel 6-4 per type opvoerwerktuig. In totaal zijn draaiuren beschikbaar van 28 vijzels, 81 centrifugaalpompen, 78 schroefpompen, terwijl er in de database geen gegevens voorhanden waren van het aantal draaiuren van schroefcentrifugaalpompen. Bij de extrapolatie naar landelijke schade is er vanuit gegaan dat het gemiddeld aantal draaiuren van dit type gelijk is aan dat van de schroefpompen. Het betreft hier

dus een aanname. De variatie in aantal draaiuren per opvoerwerk is echter groot, waarmee in de extrapolatie naar landelijk niveau een aanzienlijke foutenmarge geïntroduceerd kan worden. Op de aannames wordt later in dit hoofdstuk nog teruggekomen.

TABEL 6-4

GEMIDDELD AANTAL DRAAIUREN PER TYPE OPVOERWERK

Gemiddeld aantal draaiuren per type opvoerwerktuig			
Opvoerwerktuig	#	Uren (gemiddeld)	Etmalen
Vijzel	28	3400	142
Centrifugaalpomp	81	2200	92
Schroefcentrifugaalpomp	0	?	?
Schroefpomp	78	1900	79

Van een deel van de schade onderzoeken die voorhanden zijn is een berekening gemaakt van de biomassa vis die per m³ door het opvoerwerktuig passeert. Om dit te kunnen doen is het noodzakelijk dat in de rapportage van die onderzoeken (niet altijd was dit het geval, waarvoor niet alle onderzoeken konden worden gebruikt) gegevens beschikbaar waren van:

- 1) de capaciteit van het opvoerwerk tijdens het onderzoek;
- 2) het aantal uren dat de vangstconstructie achter het opvoerwerk heeft gehangen;
- 3) gegevens over de vangst in kilogrammen of aantallen vis met bijbehorende lengte verdeling.

Indien gewichtsgegevens ontbraken kon het gewicht worden berekend op basis van de lengte-gewichtsrelatie van de onderhavige vissoorten. Tabel 6-5 geeft een overzicht van de vispassage door de gemalen in g/m³. Hierbij is gedifferentieerd naar schubvis en aal. In het ideale geval zou ook inzicht kunnen worden verkregen in de variatie (standaarddeviatie) van de passage van vis in grammen per kubieke meter, door gegevens van elke afzonderlijke waarnemingsperioden (meestal nacht) te gebruiken. Veelal waren deze gedetailleerde gegevens niet voorhanden en moest worden volstaan met het totaal van de visgegevens en het totale debiet gedurende het onderzoek. Mede hierom kon geen standaarddeviatie worden berekend. Overigens is wel duidelijk geworden uit de onderzoeken dat de passage van vis per waarnemingsperiode aanzienlijk variabel is (grootweg van praktisch 0 tot vele malen de gemiddelde waarde). Aan dit aspect zou in (rapportages van) toekomstig onderzoek meer aandacht moeten worden besteed om meer inzicht te verkrijgen waardoor genoemde variatie ontstaat (kan te maken hebben met visaanbod, maar ook met specifieke omstandigheden die de omvang van de vispassage beïnvloeden). Bij de berekening van het totale gemiddelde voor aal zijn de nulwaarnemingen bij Haanwijk en Snelrewaard niet meegenomen. De vis die door de gemalen passeerde was kleiner dan 14 cm. Mogelijk kon schieraal hier niet passeren door de aanwezige vuil roosters of lagen de gemalen niet in de trekroute van de schieraal.

TABEL 6-5

VISPASSAGE DOOR GEMALEN IN G/M³

Vispassage in g/m ³		
Gemaal	Aal	Schubvis
Katwijk	0,025	0,025
Haanwijk	-	0,019
Snelrewaard	-	0,011
Halfweg vijzel	0,003	0,002
Halfweg De Wit vijzel	0,016	0,004
Spaarndam	0,002	0,001
Gouda	0,002	0,002
Gemiddeld	0,010	0,009

Het gemaal Katwijk scoort het hoogst in grammen vis per m³, bij Haanwijk en Snelrewaard passeert minder vis. Halfweg, Spaarndam en Gouda scoren aanzienlijk lager. De hoeveelheid vis die passeert is de resultante van het aanbod van vis (en daarmee afhankelijk van de aard van het bemalingsgebied) en de passeerbaarheid van de gemalen. Voor de extrapolatie naar het landelijk niveau is het gemiddelde van de waarnemingen genomen.

Bij deze extrapolatie is in de eerste instantie uitgegaan van de gemalen die in de database beschikbaar zijn. Als uitgangspunt is het gemiddelde aantal draaiuren voor de verschillende typen opvoerwerken genomen. Deze uren zijn uniform verdeeld naar voorjaar en najaar. De achterliggende gedachte hierbij is dat aal alleen in het najaar zal passeren (schieraaltrek). De aanname bij de verdere berekeningen is dus dat in het voorjaar geen aal door de gemalen passeert (dus geen passage van rode aal). Tevens is aangenomen dat overdag vis niet genegen zal zijn de gemalen te passeren en dat passage dus alleen 's nachts plaatsvindt. Hiermee wordt het aantal draaiuren waarin vis passeert teruggebracht tot de helft.

Als voorbeeld wordt hieronder een uitwerking gegeven voor de vijzel (op jaarbasis).

- gemiddeld aantal draaiuren van vijzels: 3400 uur;
- in het voorjaar: 1700 uur;
- in het najaar: 1700 uur;
- passage van alleen schubvis in het voorjaar gedurende de helft van de uren: 850 uur;
- passage van schubvis en aal in het najaar gedurende eveneens de helft van de uren: 850 uur.

Op basis van Tabel 6-3 zijn de aantallen van de verschillende typen opvoerwerktuigen gekoppeld aan de gemiddelde capaciteit (m³/min) in hun capaciteitscategorie. Voor de vijzels is dit weergegeven in onderstaande Tabel 6-6.

TABEL 6-6

GEWOGEN GEMIDDELDDE CAPACITEIT VAN EEN VIJZEL PER CAPACITEITSRANGE

Capaciteit range [m ³ /min]	Q _{gem} [m ³ /min]	# Vijzels
0-5	1,73	93
5-10	7,61	68
10-25	16,75	182
25-50	35,84	192
50-100	65,83	133
100-200	132,39	57
200-500	315,79	15
500-1000	680,00	6
Totaal		746

De indicatieve berekening voor de verschillende categorieën vijzels is als volgt verder gemaakt:

Visschade = capaciteit x aantal vijzels x tijdsduur x vispassage (g) x schadepercentage

Dit is gedaan voor het voorjaar waarbij alleen schubvis is betrokken en voor het najaar waarbij zowel schubvis als aal is betrokken. Voor de eerste categorie vijzels levert dit dan het volgende op:

TABEL 6-6 INDICATIEVE SCHADE AAN AAL EN SCHUBVIS VOOR DE GEÏNVENTARISEERDE VIJZELS [0-5 M³/MIN]

Categorie	Q _{gem} [m ³ /min]	# vijzels	Tijdsduur [min]	Vispassage [g vis/min]	Schadepercentage [%]	Visschade [g/j]
Voorjaar						
- schubvis	1,73	93	51.000	0,009	20	14.770
Najaar						
- schubvis	1,73	93	51.000	0,009	20	14.770
- aal	1,73	93	51.000	0,010	20	16.411

6.2 OMVANG VAN DE VISSTERFTE (PER TYPE OPVOERWERK EN NAAR LANDELIJK NIVEAU)

In de onderstaande tabellen is de vissterfte voor alle typen opvoerwerktuigen per capaciteitscategorie weergegeven, door toepassing van de methode beschreven in de vorige paragraaf. De toegepaste sterfte percentages komen uit Tabel 6.2, waarbij is aangenomen dat de lage sterftepercentages (boezemgemalen) van toepassing zijn bij een capaciteit vanaf 500 m³/min.

TABEL 6-7 INDICATIEVE STERFTE AAN AAL EN SCHUBVIS VOOR DE GEÏNVENTARISEERDE VIJZELS

Categorie	Q _{gem} [m ³ /min]	# vijzels	Sterftepercentage		Sterfte		Totale sterfte [g/j]
			aal [%]	schubvis [%]	aal [g]	schubvis [g]	
0-5	1,73	93	20	20	16.411	29.539	45.950
5-10	7,61	68	20	20	52.783	95.009	147.792
10-25	16,75	182	20	20	310.947	559.705	870.652
25-50	35,84	192	20	20	701.891	1.263.403	1.965.294
50-100	65,83	133	20	20	893.050	1.607.490	2.500.539
100-200	132,39	57	20	20	780.646	1.405.162	2.185.808
200-500	315,79	15	20	20	460.117	828.210	1.288.327
500-1000	680,00	6	0	1	0	37.454	37.454
>1000	0	0	0	1	0	0	0
					3.215.844	5.825.973	9.041.817
Totaal		746			3,2 ton/j	5,8 ton/j	9,0 ton/j

TABEL 6-8 INDICATIEVE STERFTE AAN AAL EN SCHUBVIS VOOR DE GEÏNVENTARISEERDE CENTRIFUGAALPOMPEN

Categorie	Q _{gem} [m ³ /min]	# pompen	Sterftepercentage		Sterfte		Totale sterfte [g/j]
			aal [%]	schubvis [%]	aal [g]	schubvis [g]	
0-5	2,24	130	1	50	961	86.486	87.447
5-10	6,93	41	1	50	938	84.387	85.324
10-25	14,76	52	1	50	2.533	227.953	230.486
25-50	35,37	42	1	50	4.902	441.205	446.108
50-100	67,66	41	1	50	9.154	823.896	833.050
100-200	134,79	50	1	50	22.240	2.001.632	2.023.872
200-500	299,22	16	1	50	15.799	1.421.893	1.437.692
500-1000	631,10	20	1	1	41.653	74.975	116.627
>1000	2062,50	8	1	1	54.450	98.010	152.460
					152.630	5.260.437	5.413.067
Totaal		400			0,2 ton/j	5,2 ton/j	5,2 ton/j

TABEL 6-9 INDICATIEVE STERFTE AAN AAL EN SCHUBVIS VOOR DE GEÏNVENTARISEERDE SCHROEFCENTRIFUGAAL POMPEN

Categorie	Q _{gem} [m ³ /min]	# pompen	Sterftepercentage		Sterfte		Totale sterfte [g/j]
			aal [%]	schubvis [%]	aal [g]	schubvis [g]	
0-5	0,94	17	20	20	1.055	1.898	2.953
5-10	6,20	7	20	20	2.864	5.156	8.020
10-25	15,97	24	20	20	25.296	45.534	70.830
25-50	35,70	5	20	20	11.781	21.206	32.987
50-100	76,78	16	20	20	81.080	145.943	227.023
100-200	138,40	35	20	20	319.704	575.467	895.171
200-500	310,12	15	20	20	307.019	552.634	859.653
500-1000	700,00	8	0	1	0	33.264	33.264
>1000	1200,00	1	0	1	0	7.128	7.128
					748.799	1.388.230	2.137.029
Totaal		128			0,7 ton/j	1,4 ton/j	2,1 ton/j

TABEL 6-10 INDICATIEVE STERFTE AAN AAL EN SCHUBVIS VOOR DE GEÏNVENTARISEERDE SCHROEFPOMPEN

Categorie	Q _{gem} [m ³ /min]	# pompen	Sterftepercentage		Sterfte		Totale sterfte [g/j]
			aal [%]	schubvis [%]	aal [g]	schubvis [g]	
0-5	2,24	474	65	80	196.691	435.746	632.437
5-10	6,78	202	65	80	253.711	562.067	815.778
10-25	15,32	281	65	80	797.486	1.766.739	2.564.226
25-50	35,05	227	65	80	1.473.914	3.265.286	4.739.200
50-100	67,06	180	65	80	2.236.116	4.953.856	7.189.972
100-200	138,96	114	65	80	2.934.627	6.501.327	9.435.954
200-500	282,71	26	65	80	1.361.673	3.016.629	4.378.301
500-1000	700,52	23	50	10	2.295.954	826.544	3.122.498
>1000	1066,67	6	50	10	912.003	328.321	1.240.324
					12.462.175	21.656.516	34.118.690
Totaal		1.533			12,5 ton/j	21,7 ton/j	34,2 ton/j

TABEL 6-11

INDICATIEVE TOTALE STERFTE AAN AAL EN SCHUBVIS

Opvoerwerk	Aal [ton/j]	Schubvis [ton/j]	Totaal [ton/j]
Scheprad	0	0	0
Vijzel	3,2	5,8	9,0
Centrifugaalpomp	0,2	5,2	5,2
Schroefcentrifugaalpomp	0,7	1,4	2,1
Schroefpomp	12,5	21,7	34,2
Totaal database	16,6	34,1	50,5
Totaal Nederland (factor 1,8) *	29,9	61,4	90,9

* In database 2.813 opvoerwerken, totaal in Nederland ca. 5.000 gemalen, opschaling dus $.000/2.813=1,8$

Op basis van het bovenstaande wordt gekomen tot een totale landelijke vissterfte ten gevolge van opvoerwerken in Nederland van circa 90 ton (30 ton aal en 60 ton schubvis). Deze uitkomst wordt in hoge mate bepaald door de gedane aannames. In de volgende paragraaf zal hier nader op worden ingegaan.

6.3 DISCUSSIE

ROBUUSTE STERFTEPERCENTAGES

Bij de berekeningen wordt uitgegaan van robuuste sterftepercentages per categorie opvoerwerk, verdeelt in sterftepercentages voor werken met een kleine capaciteit en werken met een grote capaciteit. De afzonderlijke percentages komen tot stand door te kijken naar de resultaten van de uitgevoerde onderzoeken en daar grofstoffelijk een gemiddelde van te bepalen. Bedacht moet worden dat het aantal uitgevoerde onderzoeken beperkt is, dat er grote verschillen zijn in aantallen gepasseerde vis en dat de resultaten in termen van sterfte van vis een aanzienlijke variatie kennen. Er is dus sprake van een generalisatie die maar in beperkte mate recht doet aan de variatie (in termen van aanbod van vis, van locatieafhankelijke aspecten als opvoerhoogte, vuilroosters, geluid, specifieke pompkarakteristieken) die er in werkelijkheid bestaat. Zolang er niet meer onderzoeksinformatie voorhanden is, valt hier weinig aan te doen.

DRAAIUREN

Van directe invloed op de omvang van de schade is het aantal draaiuren van de opvoerwerken, omdat deze als een vermenigvuldigingsfactor in de berekeningen zit. In de database waren maar van 187 opvoerwerken (4% van het totaal aantal opvoerwerken) het aantal draaiuren beschikbaar. Het lijkt onwaarschijnlijk dat dit representatief is voor het totaal aan opvoerwerken. Maar ook hier geldt, een betere berekening is niet te maken. Daarvoor dient meer informatie over draaiuren van opvoerwerken beschikbaar te komen, waarmee de database kan worden aangevuld. Overigens zal het aantal draaiuren van jaar tot jaar verschillen vertonen door klimatologische omstandigheden, waardoor de landelijke schade van jaar tot jaar kan wisselen.

GRAMMEN VIS PER KUBIEKE METER WATER

De gemiddelde vispassage door opvoerwerken kent een aanzienlijke variatie (factor 25 in Tabel 6-5). Voor aal en schubvis is gewerkt met een gemiddelde, gebaseerd op respectievelijk

5 en 7 onderzoeken, van 0,01 g/m³ voor aal en 0,009 g/m³ voor schubvis. De gebruikte dataset is dus uitermate beperkt. Uitgaande van de extremen in de dataset zou de totale vissterfte ongeveer tien keer zo klein of 2,5 keer zo groot kunnen zijn (respectievelijk 9 ton of 225 ton). Om tot een betere berekening te komen zijn resultaten nodig van veel meer onderzoeken.

SEIZOENSEFFECTEN, VERDELING DRAAIUREN

De draaiuren per categorie opvoerwerk zijn gelijkmatig verdeeld naar voorjaar en najaar. Niet duidelijk is of dit realistisch is. Als er meer draaiuren in het najaar zouden zijn, is de sterfte aan aal navenant groter. Ook is met betrekking tot aal gesteld dat deze alleen in het najaar passeert (schieraaltrek). De verwachting is echter dat ook rode aal in zijn habitat migreert en wellicht ook in het voorjaar door opvoerwerken kan passeren. Door alleen de schieraaltrek in de berekeningen mee te nemen, wordt de schade aan deze soort onderschat.

ALLEEN PASSAGE VAN VIS IN DE NACHT?

In de berekeningen is er vanuit gegaan dat passage van vis alleen in de nacht plaatsvindt (meeste monitoring heeft ook plaats gevonden in de nachtelijke uren), waarbij het aantal draaiuren dat vis kan passeren is gehalveerd. Hoewel het waarschijnlijk is dat vis het meest passeert in de nacht, is het zeker niet zo dat overdag totaal geen passage van vis plaats vindt. Een en ander is afhankelijk van locatiespecifieke kenmerken (diepte van aanzuiging, lichtcondities etc.). Hiermee is de berekende sterfte aan vis een onderschatting van de werkelijke sterfte.

CUMULATIEVE STERFTE IS NIET MEEGENOMEN

Voor een obligatoire migrant als de aal (de schieraal moet naar zee migreren om zich voort te planten) is het voor de hand liggend dat deze vanuit een poldergebied meerdere opvoerwerken moet passeren om in zee te geraken. Ook voor schubvis kan dit een rol spelen (migratie de polder in om zich voort te planten, migratie naar de boezem om te overwinteren en dit diverse keren in een levenscyclus). Het cumulatieve effect aangaande de sterfte is in de berekeningen niet meegenomen, waarmee de totale vissterfte waarschijnlijk wordt onderschat.

VORMT VISSTERFTE DOOR GEMALEN EEN PROBLEEM?

De vraag of er sprake is van een probleem, dient vanuit verschillende perspectieven te worden beantwoord. Een manier om er naar te kijken is te bezien welke sterftefactoren nog meer een rol spelen en welke omvang deze hebben. Voor aal is recent getracht dit in beeld te brengen in een studie die geacht werd bouwstenen bijeen te dragen voor het Nationaal aal beheerplan (Vriese *et al.*, 2007). In deze studie is een inschatting gemaakt van aalsterfte als gevolg van diverse knelpunten en mortaliteitsfactoren in Nederland (zie Tabel 6-12).

TABEL 6-12

INGESCHATTE AALSTERFTE DOOR KNELPUNTEN EN MORTALITEITSFACTOREN (VRIESE ET AL., 2007)

Mortaliteitsfactor	Sterfte schieraal (ton)	Sterfte rode aal (ton)
1). Barrières voor migratie	?	?
2). Waterkrachtcentrales	15,5	3,5
3). Gemalen	15-65	27-83
4). Visserij- beroepsvisserij	280	640
- sportvisserij	0	200-400
5). Aalsterfte door complex van factoren	17	?
6). Dioxines en dioxine-achtige PCB's	?	?
7). Aalscholvers	0	50

Zonder in detail te willen ingaan op de informatie uit bovenstaande tabel, kan worden gesteld dat de visserij de grootste sterftefactor vormt voor aal (let wel: voor zover bekend, de impact van andere knelpunten en mortaliteitsfactoren kon niet worden bepaald, terwijl deze aanzienlijk zouden kunnen zijn). De beroepvisserij onttrekt ongeveer 900 ton aal en de sportvisserij 200-400 ton. Dan lijkt de in deze studie berekende 30 ton aalsterfte door opvoerwerken maar een fractie. Bedacht moet echter worden dat hier min of meer sprake is van communiserende vaten. Aal die gedurende zijn levenscyclus gevangen wordt door de visserij kan niet sterven in opvoerwerken (sterker nog, er wordt juist vaak gevestigd voor opvoerwerken, omdat schieraal die hier niet genegen is te passeren, zoekgedrag gaat vertonen en dan juist goed in fuiken gevangen kan worden). Stel dat de visserij op aal volledig stilgelegd zou worden, dan wordt (los van sterfte door andere factoren) een groot deel van de aal schier en zou op termijn willen wegtrekken naar zee. Een zeker niet onaanzienlijk deel van deze aal zou moeten passeren door opvoerwerken om naar zee te kunnen migreren. De sterfte van aal door opvoerwerken zou hiermee navenant groter worden. Bezien vanuit het oogpunt van een duurzame aalpopulatie is het dus noodzakelijk dat impact van alle belangrijke mortaliteitsfactoren wordt verminderd, dus ook die van opvoerwerken.

Met betrekking tot schubvis is er geen beeld van de omvang van mortaliteitsfactoren. Voor een deel zijn er statistieken beschikbaar, bijvoorbeeld als het gaat om de aanvoer van snoekbaars en baars op het IJsselmeer en wellicht de onttrekking van pootvis. Zo was de aanvoer van bijvoorbeeld baars uit het IJsselmeer in 2006 37 ton. Samenvattende rapportages zijn beperkt voorhanden en dan eigenlijk alleen nog voor het IJsselmeer. Naast de impact van beroeps- en sportvisserij op schubvis zijn er andere sterfteoorzaken. Genoemd kunnen hierbij worden de onttrekking en lozing van koel- en proceswater (voornamelijk sterfte van vislarven en visbroed), riooloverstorten en andere calamiteuze lozingen, verlies van zoetwatervis naar zee bij harde zoet-zout overgangen (spuiwerken in het IJsselmeer, de Haringvlietdam etc., soms tonnen vis op dagbasis). Naar verwachting is de impact van deze factoren gezamenlijk vele malen groter dan de sterfte van zoetwatervis door opvoerwerken.

Daarmee is niet gezegd dat de sterfte van schubvis door opvoerwerken te verwaarlozen is. Uitgaande van een gemiddeld visbestand van 200 kg per hectare, vertegenwoordigd de berekende sterfte van schubvis door opvoerwerken de volledige sterfte van de visstand in een meer van 300 ha. Uitgaande van 300.000 ha binnenwater (sloten, kanalen, rivieren en meren) betreft de jaarlijkse sterfte dus grofweg 1/1000 van de aanwezige visstand (zonder de aalsterfte mee te nemen).

EFFECTEN OP HET NIVEAU VAN HET INDIVIDU

Het is duidelijk dat opvoerwerken in meer of mindere mate schade aan en sterfte van individuele vissen veroorzaken. Voor het individu betekent dit in aanzienlijke mate lijden met een uiteindelijke dood tot gevolg, wanneer een niet visvriendelijk opvoerwerk wordt gepasseerd. Daarnaast vormen opvoerwerken migratiebarrières waardoor individuen niet in staat zijn hun levenscyclus op normale wijze te doorlopen (zich niet kunnen voortplanten en ten gronde gaan, geen overwinteringslocaties kunnen vinden etc.). Uitgangspunt in het overheidsbeleid is de intrinsieke waarde van dieren; dieren zijn niet langer alleen zaken ten nutte van de bevolking, maar dragers van eigen waarden met een zelfstandige plaats in ons rechtstelsel. Op heldere wijze komt dit tot uiting in de in artikel 2 van de flora en faunawet verwoorde algemene zorgplicht voor ondermeer wilde dieren: *“De zorg (...) houdt in ieder geval in dat een ieder die weet of redelijkerwijs kan vermoeden dat door zijn handelen of nalaten nadelige*

gevolgen voor flora en fauna kunnen worden veroorzaakt, verplicht is dergelijk handelen achterwege te laten voor zover zulks in redelijkheid kan worden geleverd,...". De nadelige gevolgen van bepaalde typen opvoerwerken zijn duidelijk. Wanneer alternatieven hiervoor voorhanden zijn, die even goed functioneren en voldoen aan de te stellen eisen, niet meer kosten, dan kan dus in alle redelijkheid worden geleverd visvriendelijke opvoerwerken te installeren, op grond van het feit dat deze geen schade toebrengen aan het individu.

EFFECTEN OP HET NIVEAU VAN DE POPULATIE

Dat opvoerwerken schade veroorzaken aan visbestanden valt niet te betwijfelen. In deze studie is berekend dat een schade van 30 ton wordt toegebracht aan de aal en een schade van 60 ton aan schubvis, weliswaar met de nodige kanttekeningen. Of daarmee dan ook sprake is van een negatief effect op de vispopulatie is minder duidelijk (wel in termen van directe schade). De aanwezige vispopulatie (zowel qua soorten als qua omvang) is de resultante van een reeks van biotische en abiotische factoren en de humane impact erop in brede zin. De vispopulatie is dan ook geen constante. In de jaren van grootschalige eutrofiëring was het totale visbestand (in biomassa) in de Nederlandse binnenwateren zeer waarschijnlijk aanzienlijk groter dan nu het geval is.

Voor aal is redelijk in beeld welke mortaliteitsfactoren een rol spelen en welke omvang deze hebben. Voor schubvis is dit minder het geval. Voor aal kan worden gesteld dat de visserij op deze soort een aanzienlijk grotere impact op het bestand heeft dan de aanwezige opvoerwerken in de huidige situatie. Dit is echter absoluut geen reden om niets aan de impact van opvoerwerken te doen. Vanuit de EU Aalverordening wordt de verplichting opgelegd dat op termijn 40% van de natuurlijke productie (zonder humane impact!) van paairijpe schieraal naar zee kan ontsnappen. Naar verwachting zullen er maatregelen worden getroffen om de visserij te beperken. De georganiseerde sportvisserij heeft al aangekondigd over te zullen gaan tot een meeneemverbod op aal. Deze gunstige ontwikkelingen in de humane impact op het aalbestand kunnen teniet worden gedaan door de aanwezigheid van opvoerwerken. Naarmate er meer aal voorhanden is die naar zee wil trekken, zal de schade door opvoerwerken aan deze soort toenemen. Om op termijn de doelen uit de EU Aalverordening te kunnen realiseren is het noodzakelijk om zo veel mogelijk over te gaan tot het installeren van visvriendelijke opvoerwerken.

Een en ander geldt eveneens als wordt gekeken naar het totale visbestand in de Nederlandse binnenwateren. Waterbeheerders investeren grootschalig in maatregelen om de kwaliteit van de binnenwateren en het aanwezige visbestand daarin te vergroten, teneinde de doelen die worden gesteld vanuit de KRW te kunnen halen. Deze kwaliteitsverbetering wordt belemmerd door de aanwezige opvoerwerken die de omvang van het visbestand verkleinen en migratie van vis in sterke mate bemoeilijken. Het ligt voor de hand de negatieve effecten van opvoerwerken aan te pakken in een integrale benadering om tot kwaliteitsverbetering van de wateren en de visstand te komen.

6.4 CONCLUSIES

Gemalen vormen migratiebarrières bij zowel stroomop- als -afwaartse migratie. Uit een 14-tal onderzoeken is gebleken dat gemalen kunnen zorgen voor extra sterfte onder vis tijdens passage door gemaal. Op basis van de onderzoeken is de volgorde van visvriendelijkheid per opvoerwerk:

- 1 scheprad
- 2 vijzel
- 3 centrifugaalpomp
- 4 schroefcentrifugaalpomp
- 5 schroefpomp.

Kanttekeningen bij de tot nu toe uitgevoerde onderzoeken betreft de grote variatie in aantallen bemonsteringen, de variatie in bemonsteringsperiode, soms alleen natuurlijke trek en soms alleen gedwongen blootstelling, veelal is een beperkt aantal soorten gevangen, soms veel vissoorten. In alle onderzoeken geldt dat er nauwelijks een relatie wordt gelegd met omgevingskenmerken en pompkarakteristieken. In feite is op basis van de huidige informatie onvoldoende onderscheid te maken tussen centrifugaalpompen, schroefcentrifugaalpompen en schroefpompen

Op basis van de 14 onderzoeken en de voorlopige database is een eerste analyse gemaakt van de te verwachten visschade in Nederland. Deze exercitie dient te worden herhaald wanneer beide uitgangspunten meer en betere informatie verschaffen.

Uitgaande van de gemiddelde schade per pomptype en het gemiddeld aantal draaiuren, is de jaarlijkse schade na passage door het gemaal ca. 91 ton, opgesplitst in 30 ton aal en 61 ton schubvis. Qua dode visbiomassa zouden gemalen wel eens de grootste factor van onnatuurlijke doodsoorzaak kunnen zijn, buiten de visserij.

De schatting van totale visschade betreft een ruwe schatting. Er zijn nog tal van onzekerheden om heldere uitspraken te kunnen doen omtrent visschade bij gemalen.

Hieronder volgen beknopt de belangrijkste bevindingen:

- Bij stroomafwaartse migratie van vis door een opvoerwerk wordt schade toegebracht aan vis. De mate van schade is ondermeer afhankelijk van het type opvoerwerk.
- Opvoerwerken van het type scheprad lijken het meest visvriendelijk. Als kanttekening dient hierbij gemaakt te worden dat slechts één onderzoek voorhanden is waarbij geen schade aan vis werd geconstateerd.
- Overigens weerspiegelt zich dit niet helemaal in de gevonden schadepercentages bij de diverse gebruikte onderzoeken. De 5 onderzochte vijzels laten een robuust sterftepercentage zien dat grofweg gelijk is met de 2 onderzochte schroefcentrifugaalpompen. De 5 onderzochte centrifugaalpompen laten gemiddeld een lager sterftepercentage zien als het gaat om aal, maar een hoger percentage als het gaat om overige vissoorten. Bedacht moet worden dat het aantal onderzoeken beperkt is geweest en specifieke karakteristieken van de onderzochte opvoerwerken binnen een bepaalde categorie hierbij een rol kunnen spelen (in de zin van meer of minder sterfte). Duidelijk is wel dat de 7 onderzochte schroefpompen de hoogste mate van sterfte toebrengen.
- In algemene zin kan worden geconstateerd dat naarmate de capaciteit van een opvoerwerk groter is er minder schade wordt toegebracht aan passerende vis.
- Op basis van de gepresenteerde berekeningen is de landelijke sterfte aan vis door opvoerwerken bepaald op 91 ton vis, opgesplitst naar 30 ton aal en 61 ton schubvis;

- Omdat schroefpompen qua aantallen in Nederland veruit in de meerderheid zijn en deze ook nog eens de grootste schade aan vis veroorzaken, neemt dit type opvoerwerk de grootste visschade voor zijn rekening.
- Bij de uitgevoerde berekeningen zijn een reeks van aannames gedaan die mede bepalend zijn geweest voor de uitkomst. Het betreft hier aannames op het gebied van robuuste sterftepercentages, draaiuren, omvang van de passage van vis door de opvoerwerken, seizoenseffecten, alleen nachtelijke passage van vis, geen cumulatieve effecten etc. Meer inzicht met betrekking tot deze aannames kan leiden tot een betere vaststelling van de landelijke schade. Naar verwachting is de berekende schade een onderschatting van de werkelijke schade aan vis.
- Voor aal is er een redelijk beeld van de mortaliteitsfactoren. De schade aan aal door opvoerwerken is na de impact van de visserij één van de grootste mortaliteitsfactoren (voor zover bekend).
- Desalniettemin is de schade die aan aal wordt toegebracht door opvoerwerken maar een fractie vergeleken bij de mortaliteit van aal in de visserij (1100 ton versus 30 ton). Belangrijk is echter dat deze mortaliteitsfactoren zich gedragen als communicerende vaten; een geringere visserijsterfte van aal zal leiden tot een grotere sterfte van aal door opvoerwerken omdat meer aal naar zee zal gaan migreren waarmee de passage door opvoerwerken zal toenemen.
- Hoe de schade van opvoerwerken aan schubvis zich verhoudt tot de overige mortaliteitsfactoren is minder bekend dan voor aal. Wanneer de vergelijking met een gemiddeld visbestand in een water wordt gemaakt, kan gesteld worden dat de schade door opvoerwerken aan schubvis neerkomt op de volledige sterfte van de visstand in een 300 ha groot water. Uitgaande van 300.000 ha binnenwater komt dit neer op de sterfte van 1/1000 van het landelijke visbestand.
- Het is duidelijk dat opvoerwerken in meer of mindere mate schade aan en sterfte van individuele vissen veroorzaken. Voor het individu betekent dit in aanzienlijke mate lijden met een uiteindelijke dood tot gevolg, wanneer een niet visvriendelijk opvoerwerk wordt gepasseerd. Daarnaast vormen opvoerwerken migratiebarrières waardoor individuen niet in staat zijn hun levenscyclus op normale wijze te doorlopen (zich niet kunnen voortplanten en ten gronde gaan, geen overwinteringslocaties kunnen vinden etc.). Uitgangspunten in het overheidsbeleid en het wettelijk kader (o.m. flora en faunawet) maken duidelijk dat redelijkerwijs kan worden vereist over te gaan op visvriendelijke opvoerwerken, indien deze voldoen aan de te stellen eisen en niet meer kosten dan visonvriendelijke opvoerwerken op grond van veroorzaakte schade aan individuele vissen.
- Dat opvoerwerken schade veroorzaken aan visbestanden valt niet te betwijfelen. Of daarmee dan ook sprake is van een negatief effect op de vispopulatie is minder duidelijk (wel in termen van directe schade). Om echter op termijn de doelen uit de EU Aalverordening te kunnen realiseren is het noodzakelijk om zo veel mogelijk over te gaan tot het installeren van visvriendelijke opvoerwerken. Het ligt voor de hand de negatieve effecten van opvoerwerken aan te pakken in een integrale benadering om tot kwaliteitsverbetering van de wateren en de visstand te komen.
- De schatting van totale visschade door opvoerwerken betreft een ruwe schatting. Er zijn nog tal van onzekerheden om heldere uitspraken te kunnen doen omtrent visschade door opvoerwerken. Hiaten in kennis en bijbehorende onderzoeksvragen worden in hoofdstuk 8 verder uitgewerkt.

7

VISVRIENDELIJKE ALTERNATIEVEN

7.1 ALTERNATIEVEN VOOR OPVOERWERKEN

De volgende visvriendelijke opvoerwerken zijn er op de markt:

- visvriendelijke vijzels;
- hidrostalpompen;
- faunapompen.

Onderstaand worden verschillende pomptypen besproken en wordt tevens aangegeven wat de resultaten zijn van eventueel uitgevoerde evaluaties.

7.1.1 VISVRIENDELIJKE VIJZELS

7.1.1.1 Vijzelturbines

In de UK is in de rivier Dart een vijzel geplaatst die elektriciteit opwekt. De principewerking is vergelijkbaar aan een vijzel die in Nederland wordt gebruikt voor de afvoer van water. Bij een onderzoek naar schade werden meer dan 1000 vissen (betreffende bruine forel en regenboogforel) gebruikt, die gedwongen werden blootgesteld waarbij geen enkele schade bleek op te treden (FISHTeK Consulting, 2007). Van de smolts die op natuurlijke wijze passeerden werd alleen bij 1,4% van de vissen schade waargenomen. Deze schade bestond uit oppervlakkig schubverlies (onduidelijk of dit werd veroorzaakt door de vijzel of al reeds voor passage aanwezig was). Het ontwerp is visvriendelijker gemaakt door het verwijderen van een uitstekende punt van de aanzet van de vijzel in een rubberen hoekprofiel. Turbulentiewaarden waren erg laag, zodat er geen desoriëntatie van vis werd waargenomen.

Bij de Hooydonkse molen is een vijzelturbine in de Dommel aanwezig. Bij een evaluatie van de vistrap en naastgelegen vijzel passeerden in totaal 289 vissen de vijzel (Merkx & Vriese, 2007). De vis was met een gemiddelde lengte van 5,6 cm erg klein en werd gedomineerd door brasem. In totaal passeren 13 soorten. Bij geen enkele vis was zichtbare schade waargenomen. Vermijdingsgedrag door grotere vis en vissoorten werd verondersteld. Zo ging alle aal door de aanwezige vistrap, ondanks dat het debiet er door bij 50 keer lager was dan het debiet door de vijzel. Mogelijk oorzaken zijn de hydraulische omstandigheden en het hoge geluidsniveau (van lage frequentie) ter plaatse bij de inzuiging.

In Duitsland is een vijzelturbine geëvalueerd op mogelijke schade (Spah, 2001). Via gedwongen blootstelling werden 158 vissen (9 soorten) weer teruggevangen. Hiervan vertoonden 4,4% lichte schade, bestaande uit hoofdzakelijk schubverlies. De schade werd alleen bij kopvoorn en blankvoorn waargenomen.

Door FishFlowinnovations is een vijzelturbine ontworpen die ingezet kan worden als visveilige turbine om energie op te wekken. De vijzelturbine kan zowel ingezet worden voor het oppompen van water als turbine worden ingezet om energie op te wekken. Hierbij wordt de

vijzel zo opgesteld dat de bovenzijde van de vijzel lager staat dan het waterpeil waardoor het water de vijzel instroomt en door de waterdruk aangedreven wordt. Om de visveilige vijzel inzetbaar te maken als turbine wordt de vijzel voorzien van een motor die eveneens als generator kan fungeren. Daarnaast zijn de bladen van de vijzel niet alleen aan de onderzijde visveilig gemaakt door de bladen terug te laten lopen in de buis om de vijzel, maar is dezelfde aanpassing ook aan de bovenzijde van de vijzel doorgevoerd.

De vijzelturbine is voorzien van een hefmechanisme om de positie ten opzichte van de waterlaag aan te passen. Tijdens het gebruik als gemaal staat de vijzel in de hoge positie waarbij de bovenzijde van de vijzel hoger staat dan het waterpeil van het hoogste pand. Bij inzet van de vijzel als turbine staat de vijzel in de lage positie waardoor het waterpeil in het hoogste pand hoger staat dan de instroomopening van de vijzel. Zodoende stroomt het water de vijzel in en wordt deze aangedreven. De vijzel is in een meedraaiende behuizing gevat, zodat lekverliezen laag zijn. Er zijn nog geen praktijkervaringen opgedaan met de vijzelturbine.

7.1.1.2 Vijzel

Door de U.S. Bureau of Reclamation werd bij de Sacramento River (VS, Californie) een tweetal vijzelgemaal getest op schade bij het passeren van juveniele Chinook zalm. De vijzels hadden ieder een lengte van 11,08 m en een diameter van 3,05 m. Ze opereerden bij een rotatiesnelheid van 26,5 rpm en een debiet van 2,3-2,8 m³/s. Op basis van 27 keren een gedwongen blootstelling werd een overleving van 98,3-99% vastgesteld (McNabb *et al.*, 2003). Ook bij het volgen van de natuurlijke trek werd een geringe sterfte waargenomen. In totaal passeerden er 2591 vissen (27 soorten) en varieerde de overleving van 94-98%. De proef werd gelijktijdig uitgevoerd met een onderzoek naar schade bij een hidrostaalpompe (zie par. 7.1.2).

7.1.1.3 Buisvijzel

Onder de naam FishFlow Innovations ontwikkelden Witteveen+Bos en beroepsvisser Gerard Manshanden een buisvijzel, waarvan wordt verondersteld dat de problemen van conventionele vijzels wordt voorkomen. Bij conventionele vijzels loopt de schroef over de volle breedte door tot aan het uiteinde van de vijzel, waardoor de eerste windingen bij elke draai door het water slaan. Een tik van de eerste windingen kan vissen ernstig verwonden. In het visveilige vijzelgemaal neemt de breedte van de vijzelbladen gedurende de laatste windingen af, zodat de bladen teruglopen naar de buitenkant van de vijzel tot ze uiteindelijk op lijken te gaan in de buis rond de vijzel. De tweede toepassing in het FishFlow vijzelgemaal is dat de vijzel over de gehele lengte omhuld wordt. Deze omhulling draait mee in de goot, waardoor er geen ruimte meer bestaat tussen de vijzel en de wand. De omhulling en de aangepaste vijzelbladen zorgen ervoor dat de vijzel niet langer door het water slaat en vis niet meer beschadigd of beklemd kan raken. De eerste buisvijzel moet nog worden aangelegd. Een evaluatie is dus tot nu toe nog niet uitgevoerd.

7.1.1.4 "De Wit-vijzel"

De "de Wit-vijzel" bestaat uit een vijzel met één, twee of drie vijzelbladen, welke aan de instroomzijde een gestroomlijnde voorkant heeft (hebben). Deze vorm is zodanig gekozen dat elk vijzelblad van boven naar beneden, in de lengterichting van de vijzel-as gezien, ter plaatse van het einde van de halfronde vijzeltrog, niet eindigt doch nog over enige afstand doorloopt. Vanaf het punt waar de vijzeltrog stopt neemt de afstand van de buitenrand van elk vijzelblad tot de centrale vijzel-as(balk) in schuin neerwaartse richting steeds verder af totdat de buitenrand van elk vijzelblad samenvalt met de centrale vijzel-as(balk). Deze gestroomlijnde voorzijde van elk vijzelblad bevindt zich aldus buiten de normale vijzeltrog.

FIGUUR 7.1

PRINCIPE VAN EEN DE WIT-VIJZEL



Dit type vijzel is bij het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden op 3 locaties geïnstalleerd:

- in het gemaal Vleuterweide in Leidsche Rijn te Utrecht (1 x max. 32 m³/min. en 1 x max. 75 m³/min.);
- in het gemaal Sandwijck te De Bilt (max. 40 m³/min);
- in het gemaal Beerschoten te Driebergen-Rijsenburg (max. 30 m³/min).

In het gebied van Hoogheemraadschap van Rijnland is een “de Wit-vijzel” aangelegd bij gemaal Halfweg. Op 30 oktober, 8, 12, 28 en 29 november 2007 werd hier de natuurlijke trek door Kruitwagen & Klinge (2008) een “de Wit-vijzel” onderzocht bij gemaal Halfweg. De bemonstering is gelijktijdig uitgevoerd met de trek door de naastgelegen conventionele vijzel, voor resultaten zie voorgaande hoofdstuk. In totaal zijn 188 vissen gevangen, waaronder 24 alen. Het merendeel van de vangst bestond uit brasem (145 exemplaren). Er is alleen bij een snoekbaars (42 cm) schade geconstateerd. Deze leek te zijn platgedrukt door de vijzel. Tijdens de bemonstering is een groter aantal vissen gevangen achter “de Wit-vijzel” dan achter de conventionele vijzel. Dit zou mogelijk kunnen duiden op barrièrewerking door geluid of trillingen. Dit is moeilijk om aan te tonen, aangezien ook aspecten als morfologie ter plaatse een rol kunnen spelen. Op 8 november (2007) en 18 januari (2008) zijn vissen gedwongen blootgesteld aan de vijzel. In totaal zijn 67 vissen gevangen, waarvan er bij geen enkele schade is geconstateerd.

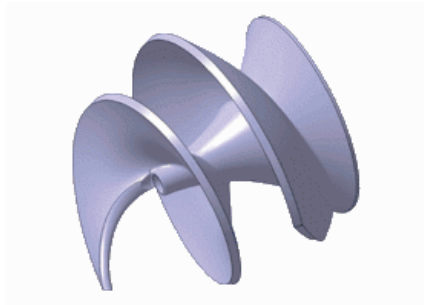
7.1.2 HIDROSTALPOMP

Hidrostal AG begon in 1953 als pompenfabriek in Lima (Peru). In 1960 werd door de eigenaar dhr. M. Stähle de schroeftype centrifugale impeller ontwikkeld (zie onderstaande afbeelding), te gebruiken voor het verpompen van levensmiddelen en vis.

De Hidrostal pomp is diverse malen onderzocht zowel in laboratorium condities (Patrick & Sims, 1985) als bij waterkrachtcentrales met een klein peilverschil (Holsapple *et al.*, 1981; Rogers & Patrick, 1985) en met een groot peilverschil (Patrick & McKinley, 1987). De pomp maakt dan een deel uit van een visbeschermingsysteem, waarbij vis wordt geleid, verpompt en uiteindelijk weer naar het water wordt terug getransporteerd.

FIGUUR 7.2

SCHROEFTYPE CENTRIFUGALE IMPELLER



Voor kwetsbare vissoorten zoals haringachtigen kan er schade ontstaan bij het verpompen. Deze schade is afhankelijk van het toerental (hoe hoger hoe meer schade) en van de vormgeving van de buizen (bij voorkeur geleidelijke overgangen). Over het algemeen wordt heel weinig schade toegebracht aan de vis. Sterke vissoorten, zoals de Amerikaanse aal (*Anguilla rostrata*), kunnen in hoge dichtheden (tot 547 dieren van 27-52 cm per 100 l) 10 meter worden opgepompt bij hoge toerentallen (1.200 omwentelingen per minuut) en ondervinden dan praktisch geen in- of uitwendige schade (m.u.v. wat schaafplekken). In totaal werden 2.300 alen verpompt onder verschillende visdichtheden waarna de alen tot 3 etmalen in opslag werden gehouden. Er was geen sterfte onder de alen (0%).

Bij de Tracy pumping plant in de VS werd door Helfrich *et al* (2001) geen significant effect op Chinook en Splittail op basis van gedwongen blootstellingen gezien. Na 130 gepaarde uitvoeringen inclusief controles werd een overleving van 99% gevonden en gemiddeld 93-96% na 96 uur in opslag. Ook bij de natuurlijke trek –waarbij 7.197 vissen werden gevangen (26 soorten) werd een overleving van 99% vastgesteld. De gebruikte pomp had een diameter van 41 cm. Door McNabb *et al.* (1998) is op experimentele basis een hidrostalpompe onderzocht met een diameter van 91 cm, die werd geplaatst in de Sacramento River. Hier werd een relatief lage mortaliteit en schade waargenomen. Later werd deze pomp vergeleken met een tweetal grote vijzels op dezelfde locatie (McNabb *et al.*, 2003). Gedurende 40 keren gedwongen blootstelling werd een overleving van 96,5-99,5% geconstateerd. Bij natuurlijke trek varieerde de overleving van 94-98%.

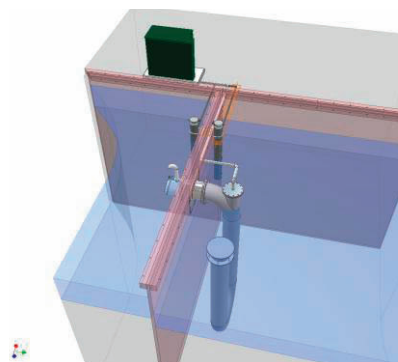
Op grond van dergelijke resultaten mag worden verwacht dat inzet van Hidrostal pompen bij gemalen perspectieven biedt met betrekking tot visvriendelijkheid. Hidrostal pompen zijn in praktijk in Nederland nog niet onderzocht, bovendien is het de vraag of het gaat om hetzelfde type impeller (zie figuur 7.2).

7.1.3 VOPO FAUNAPOMP

Speciaal voor het levend verpompen van diverse levende wezens in het oppervlaktewater naar een iets hoger gelegen gebied ontwikkelde VOPO Pompen- en Machinefabriek B.V. een Faunapomp waarbij het principe is gebaseerd op de werking van een mammoet of air-liftpomp. De werking is even simpel als doeltreffend: Door in één buis van een U-bocht lucht te injecteren zal door verlaging van de soortelijke massa het water/lucht mengsel met de levende wezens opstijgen/ verpompt worden naar het hoger gelegen niveau. Er bevinden zich in de U-buis geen draaiende delen, waardoor vissen ed. niet beschadigen. In het beheersgebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier zijn een tweetal faunapompen gerealiseerd. De werking ervan is tot nu toe niet onderzocht.

FIGUUR 7.3

FAUNAPOMP VAN VOPO



7.2 ALTERNATIEVEN VOOR HET SYSTEEM

7.2.1 BYPASSES

Bypasses zijn alleen functioneel indien er sprake is van afdoende bescherming of afleidingsmechanismen voor het inname punt. De DWA (2006) maakt onderscheid in bypass systemen voor bodemgebonden vissoorten (aal) en vissoorten die in de bovenste waterlagen migreren (smolts van zeeforel, zalm), dit in verband met het positioneren van de inzwemopening in de waterkolom. In relatief ondiepe wateren zal het mogelijk zijn om deze over de gehele waterdiepte te realiseren. Bij diepe wateren zal qua positionering een keuze moeten worden gemaakt.

Ook andere, naastgelegen kunstwerken kunnen dienst doen als bypass systemen. Te denken valt aan scheepvaartsluizen, spuisluizen, stuwen of vrije lozingskokers. Onderzoek naar efficiëntie van de positie van de bypass is schaars. Uit onderzoek naar de bypass efficiëntie voor schieraal bij een kleine waterkrachtcentrale (Halsou) in de rivier Nive, waarbij een bodembypass werd vergeleken met een oppervlakte bypass, bleek 3 tot 4 keer zoveel via de bodembypass te migreren (Gosset *et al.*, 2005). Naast de keuze voor waterdiepte, is het belangrijk om de juiste afvoer, dimensionering, uitvoering/vormgeving, locatie en positie van uitstroom vast te stellen. Een en ander is afhankelijk van doelvissoort, vormgeving van de locatie en de hydraulische omstandigheden. Hiervoor wordt verwezen naar de bestaande handboeken (DWA, 2006; Larinier *et al.*, 2002).

In Nederland is tot dusver 1 type bypass systeem toegepast, wat is gebaseerd op venturi werking. Het betreft de gepatenteerde Manshanden gemaalvispassage. De eerste Manshanden gemaalvispassage, gelegen bij gemaal Meerweg nabij Haren (Gr.), is op 19 maart 2005 geopend (H₂O, nr. 9, 2006). De voorziening heeft tot doel een veilige stroomafwaartse migratie van vis langs het bestaande gemaal, mogelijk te maken. Het principe van de Manshanden gemaalvispassage berust op twee stappen: het weghouden van vissen bij de gemaalpompen door het toepassen van stroboscooplampen en het bieden van een alternatieve route stroomafwaarts, waarbij gebruik wordt gemaakt van een Venturi-pomp. Middels een vernauwing achter een gemaalpomp en het realiseren van twee zij-inlaten komt een onderdruk tot stand waardoor water via de zij-inlaten om de gemaalpompen wordt geleid. De vissen gebruiken vervolgens deze route om stroomafwaarts te komen. In 2005 is deze voorziening gedurende een maand getest. Onderstaande Tabel 7-1 geeft de resultaten.

TABEL 7-1

RESULTATEN VAN DE GEMAALPASSAGE TE HAREN (H₂O, NR. 9, 2006)

Aantal gepasseerde vissen	8354
Aantal vissoorten	10 (aal, baars, brasem, pos, snoek, ruisvoorn, blankvoorn, alver, rivierprik, riviergrondel)
Lengte range vissen	5-78 cm
Beschadiging/sterfte vissen met zowel Venturi-pomp als stroboscoopverlichting aan	0%
Beschadiging/sterfte vissen met de Venturi-pomp aan maar stroboscoopverlichting uit	18-23%
Beschadiging/sterfte vissen met zowel Venturi-pomp als stroboscoopverlichting uit	100% (vis groter dan 10 cm).

7.2.1.1 Collector systemen (trap and transport)

Op korte termijn zijn maatregelen niet overal realiseerbaar. Om toch binnen afzienbare tijd maatregelen te nemen, wordt bij waterkrachtcentrales gebruik gemaakt van zogeheten trap and transport maatregelen. In Nederland zou een dergelijke maatregel voor de schieraal kunnen worden ingezet. Deze wordt bovenstrooms van gemalen gevangen en in kustwateren weer uitgezet. Eenzelfde systeem kan worden ingezet voor het vangen van glasaal, die bovenstrooms wordt uitgezet. Laatstgenoemde is op basis van experiment ingezet bij gemaal Scheveningen en gemaal Katwijk (Kroes *et al.*, 2008).

In de Verenigde Staten wordt d.m.v. een Transvac pump (een voorganger van de Canavac) vis opgepompt en verzameld voor stroomopwaartse trek van Alewives –een haringachtige vis *Alosa pseudoharengus*– bij een waterkrachtcentrale in de Seabrook River in Maine, een onderdeel van de Fort Halifax Project (med. Gail Wippelhauser). De waargenomen sterfte was laag en efficiëntie was het hoogst bij grote concentraties van vis benedenstroom van de dam. Het pomptype is afkomstig uit de visindustrie, een korte toelichting is te vinden op <http://www.transvac.com>. Een dergelijke maatregel valt onder de categorie trap and transport en werd gedurende 15 jaar ingezet, eveneens bij andere waterkrachtcentrales in dezelfde rivier.

7.2.2 GEDRAGBARRIÈRES

Gedraggerichte barrières zijn bedoeld om de vis van locatie te doen veranderen met stimuli die het gedrag van de vis beïnvloeden. Het doel is om aan te trekken, te geleiden of af te schrikken. De literatuur meldt systemen die gebruik maken van:

- luchtballonnen en water-jet gordijnen;
- elektrische velden;
- licht;
- geluid of drukgolven;
- hybride gedragsbarrières, waarbij een hogere effectiviteit wordt verondersteld van verschillende stimuli.

De inzet van dergelijke systemen is vaak bij grote waterkrachtcentrales of omvangrijke waterinname punten. Er worden doorgaans één of meerdere doelsoorten gekozen, omdat het gedrag van vissoorten sterk wisselend kan zijn, o.a. volwassen aal schrikt van licht en smolts van zalm worden hierdoor juist aangetrokken. Van belang is dat er wordt voldaan aan randvoorwaarden, zoals voldoende helderheid bij toepassing van licht, gedrag van te geleiden of af te schrikken vissen, een stroomsnelheid die dusdanig is dat vissen ook kunnen anticiperen op de gedragsbarrière. Onderstaand wordt kort ingegaan op systemen van licht en geluid, of een combinatie daarvan, omgekeerde waterstroming en fysieke barrières en de locaties waar

dit is toegepast. Voor meer gedetailleerde informatie en informatie omtrent overige systemen wordt verwezen naar standaardwerken, o.a. DWA (2006), Larinier *et al.*, (2002), Turnpenny & O'Keefe (2005).

7.2.2.1 Licht

Het oog van de vis is sterk gevoelig voor lichtintensiteit. Vissen vertonen duidelijke reacties op licht. Onderscheid wordt gemaakt in een *positieve fototaxis* als ze zich naar de lichtbron verplaatsen of een *negatieve fototaxis* als ze daarvan wegblijven. Deze fenomenen zijn sinds geruime tijd bekend in de beroepsmatige visserij, waarbij zij door middel van verlichting de vangst beogen te vergroten. Voor glasaal wordt verlichting gebruikt om deze aan te trekken. Daarentegen vertoont de rode aal en schieraal een negatieve fototaxis voor verlichting. Van oudsher wordt hiervan gebruik gemaakt door beroepsvissers die de aal op deze manier geleiden naar de opening van fuiknetten of andere vangmiddelen (Drimmelen, 1951).

Er bestaan verschillende lamptypen, waarvoor geldt dat de grootst lichtsterkte de maximaal haalbare reactie bij vissen teweegbrengt. Er zijn sinds de jaren '50 talloze experimenten uitgevoerd om met licht vis te verjagen of aan te trekken (zie onderstaande tabel). Bij gemalen is licht als afweer (stroboscooplampen) tot nu toe toegepast bij gemaal Meerweg in Haren. De gehanteerde flitsintensiteit is niet bekend.

TABEL 7-2 OVERZICHT VAN GANGBARE LAMPTYPEN OM VIS MEE AF TE SCHRIKKEN (DWA, 2006)

Type	Spectrum	Golflengte	Bijzonderheden
Gloeilampen	Continu	< 400 tot> 750 nm	Lichtsterkte: max. 1000 W
Natriumlamp	Discontinu	Max. 550 en 675 nm	-
Quiksilver-Damp- Lamp	Discontinu	Max. 400,440,550,580, 625 en 700 nm	Lichtsterkte: max. 2000 W
Fluorescerende lamp	Discontinu	Max. 430, 550 en 610 nm	Lichtsterkte: max. 55 W
Stroboscooplamp (KEMA)	Onbekend	Wit licht, Spectrum ca. 400 Tot 700 nm	Frequentie: max. 600 per min
Stroboscooplamp (Xenon)	Discontinu	Max. 400 bis 570 nm	Frequentie: max. 66 - 1090 per min

7.2.2.2 Geluid

Vissen zijn in staat om geluid onder water te horen. Vissen zijn in te delen in drie categorieën: hoorspecialisten (60 dB), geen specialisten met luchtblaas (80-100 dB) en soorten zonder luchtblaas (110 dB). Voor sommige vissen is geluid een onderdeel van hun leven, met name voor de hoorspecialisten kan geluid een belangrijk middel zijn om elkaar op gevaren te wijzen. Er zijn verschillende systemen op de markt om vissen af te schrikken met geluid, o.a. sound projector array (SPA), Bio Acoustic Fish Fence (BAFF, geluid en luchtbellens), FishStartle™ System, Loeffelman-systeem, poppers etc. Een overzicht van bestaande systemen is gegeven door Vriese (1993), Beijer (2003). De bestaande systemen worden met wisselend resultaat toegepast bij waterkrachtcentrales en inlaten (o.a. ten behoeve van koelwater). Bij gemalen in Nederland zijn tot dusver geen geluidsystemen geïnstalleerd om vis te weren. De toepasbaarheid ervan is onduidelijk en hangt mede af van de te weren soorten.

7.2.2.3 Combinatie van stimuli

Efficiëntie van systemen kan worden verhoogd door stimuli te combineren. In de UK wordt met succes een akoestisch afweersysteem gebruikt in combinatie met stroboscoop lampen (Benacre, East Anglia) om vissen weg te jagen bij een gemaal alvorens deze wordt aangezet. Het systeem bleek zeer succesvol, tevens bij lage watertemperaturen (*schrift. med.* Andy. Turnpenny).

7.2.2.4 Tijdelijk omgekeerde waterstroming (VOPO)

VOPO presenteert een systeem dat vis afschrikt die zich ophouden in de buurt van het gemaal. Voordat de pomp opstart draait deze even terug. De vissen schrikken hiervan, zwemmen weg en komen niet in de pomp terecht. Een demonstratie van het systeem wordt met een onderwatercamera op www.youtube.com gepresenteerd.

7.2.3 FYSIEKE BARRIÈRES

Fysieke barrières betreffen schuin geplaatste metalen roosters voor het geleiden of beschermen van vissen bij waterinname punten (o.a. waterkrachtcentrales, inname t.b.v. koelwater of gemalen). Ze worden doorgaans toegepast bij kleine waterkrachtcentrales en bij inname punten o.a. t.b.v. drinkwater. Bij grote waterkrachtcentrales worden eerder gedragsgebaseerde systemen toegepast in verband met de omvang van het rooster die hier nodig zou zijn. Op basis van de huidige beschikbare kennis kan worden gesteld dat voor aal geldt dat roosters worden toegepast met een kleine spijlafstand, betreffende (EIFAC/ICES, 2007):

- 9 mm voor mannelijke schieralen;
- < 15 mm voor vrouwelijke schieralen.

Een rooster met spijlafstand van 20 mm zou alen tot 70 cm kunnen doorlaten bij een stroomsnelheid van 0,5 m/s (Adam *et al.*, 2001). Voor andere soorten zou een grotere spijlafstand afdoende kunnen zijn om te beschermen of geleiden. Voor zover bekend zijn in Nederland (of buitenland) nog nooit roosters toegepast bij gemalen om vis te weren of te geleiden. De vervuilingsgraad van wateren zou hierin belemmerend kunnen werken. Een toepassing van de combinatie grof vuilrooster en daarachter een fijn rooster zou denkbaar zijn.

In de Verenigde Staten worden vijzelpompen en hidrostalpompen met een geringe opvoerhoogte weliswaar als meest visvriendelijk beschouwd voor robuuste vissoorten, maar niet per definitie als meest efficiënt (vis aantrekken en motiveren om de pomp in te zwemmen). Daarom wordt bij de meeste locaties een oplossing gezocht die zich richt op het voorkomen van inzuigen met conventionele fysieke barrières (o.a. fijnmazig roosters, vuilrooster of louvresystemen) in plaats van ze te laten passeren door de pomp (*schrift. med.* Alexander Haro).

7.3 OPLOSSINGEN STROOMOPWAARTSE MIGRATIE

Er bestaat een veelheid aan oplossingen voor het optrekbaar maken van een gemaal in stroomopwaartse richting. De oplossingen zijn te categoriseren naar natuurlijk, seminatuurlijk, technisch of een aangepast beheer. In hoofdzaak zijn in Nederland technische oplossingen gerealiseerd bij gemalen. Voorbeelden hiervoor zijn opgenomen in het handboek vismigratie (Kroes & Monden, 2005). Naast dit overzicht is onlangs een Manshanden hevelvispassage op de markt gebracht door FishFlow Innovations (www.fishflowinnovations.nl), en een opvangbak, die vis aantrekt met een pomp en geregeld water onder vrij verval loost in de polder door TAUW (gemaal Kolhorn en het gemaal De Kaag).

7.4 CONCLUSIES

Visvriendelijke opvoerwerken die er tot nu toe zijn gerealiseerd in Nederland betreffen:

- vijzels (de Wit-vijzel),
- hidrostaalpompen en
- faunapompen.

Van deze opvoerwerken is alleen de zogenaamde De Wit vijzel tot nu toe op visvriendelijkheid geëvalueerd. Een ander type vijzel, de zogenaamde buisvijzel, is nog niet gerealiseerd in Nederland. Hidrostaalpompen zijn geëvalueerd in de VS. Het is onduidelijk in hoeverre hetzelfde type is toegepast in Nederland. Ook de gerealiseerde faunapompen zijn nog nooit geëvalueerd op visvriendelijkheid. De mate waarin vis daadwerkelijk wil passeren via de genoemde visvriendelijke opvoerwerken is niet bekend.

Van de opvoerwerken die zijn voorzien van een bypass is er tot nu toe één gerealiseerd, te weten het venturigemaal te Haren (Waterschap Hunze en Aa's). Overige maatregelen zijn het wegvangen en aan de andere zijde van het opvoerwerk uitzetten, en kunnen vooral op korte termijn effect hebben.

Het weggagen van vissen bij opvoerwerken kan op verschillende manieren worden gedaan. Ze zijn vooral gebaseerd op het gedrag van vissen. In Nederland staat de toepassing nog in de kinderschoenen, er is nauwelijks ervaring mee opgedaan. Alleen bij het eerder genoemde opvoerwerk in Haren is een stroboscooplamp ingezet om vis te verjagen. Ook met het fysiek weren van vis, door gebruikmaking van fijnroosters, is geen ervaring opgedaan. Er is geen kennis beschikbaar in welke mate vissen worden afgeschrikt door het geluid van opvoerwerken of worden geweerd door grofvuilroosters.

Oplossingen voor stroomopwaarts gerichte migratie bestaan er in uiteenlopende oplossingen. Hiervoor wordt verwezen naar de bestaande literatuur op dit gebied.

8

AFWEGINGSKADER

8.1 ALGEMEEN

In dit hoofdstuk wordt een afwegingskader gepresenteerd waarmee de waterbeheerder wordt begeleid om tot een visvriendelijke situatie te komen. Bij het afwegingskader draait het om de definitie van “visvriendelijk”, die is gebaseerd op twee onderdelen:

- vispasseerbaarheid (gericht op populatie)
- visoverleefbaarheid (gericht op individu).

Beide aspecten zijn gerelateerd aan soort en afmeting van vissen en zijn dus niet eenduidig te formuleren. Afhankelijk van de lokaal voorkomende soorten en afmetingen moet worden vastgesteld wat de meest visvriendelijke variant is. Het afwegingskader zal moeten leiden tot een optimale balans van benodigde functionaliteit en mogelijke visvriendelijkheid.

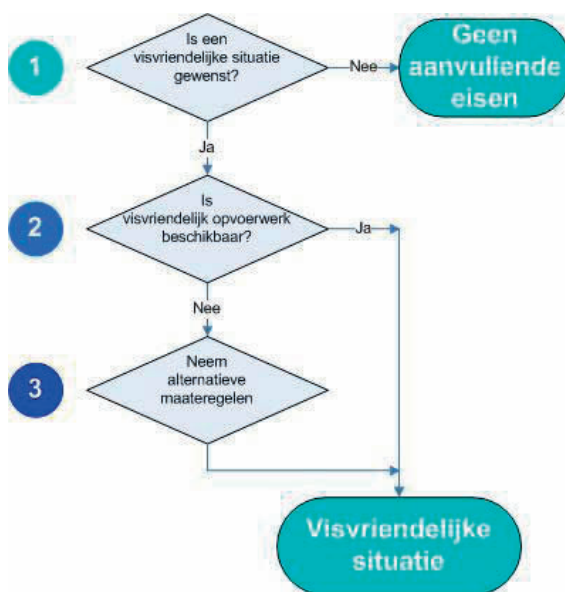
Op dit moment is nog niet alle informatie beschikbaar om het afwegingskader compleet te kunnen invullen, dit zijn de kennishiaten. De onderzoeksvragen hebben tot doel deze kennishiaten op te vullen, zodat het afwegingskader volledig kan worden toegepast.

8.2 ACHTERGROND

Onderstaand is het afwegingskader weergegeven. Belangrijkste uitgangspunt voor het afwegingskader is de waterbeheerder te faciliteren in zijn afweging. In feite bestaat het hele besluitproces slechts uit drie vragen, weergegeven in Figuur 8.1.

FIGUUR 8.1

AFWEGINGSKADER



Indien geconstateerd wordt dat de lokale situatie niet om een visvriendelijke oplossing vraagt, zijn geen aanvullende eisen aan het opvoerwerk benodigd.

Indien er wel een visvriendelijke situatie gewenst is, dan dient deze bij voorkeur gerealiseerd te worden door visvriendelijke opvoerwerken.

Indien gezien de specifieke situatie geen visvriendelijk opvoerwerken toe te passen zijn, kunnen alternatieve maatregelen (als roosters, licht of geluid) er voor zorgen dat uiteindelijk toch een visvriendelijke situatie gerealiseerd wordt.

8.3 BENODIGDE KENNIS

8.3.1 BESCHIKBARE KENNIS

Om de vragen uit het afwegingskader te kunnen beantwoorden is de nodige informatie benodigd.

De *eerste* vraag dient te worden beantwoord met lokale kennis. De aanwezige ecologische situatie en ecologische (beleids)doelstellingen liggen hieraan ten grondslag.

8.3.2 KENNISHIATEN

Voor de *tweede* vraag is algemene kennis benodigd. Vooralsnog is deze niet volledig voorhanden. Er is onvoldoende kennis over het functioneren van pompen en mogelijke schadeprofielen bij vissen. Om een juist antwoord te kunnen geven op deze vraag is dus aanvullend onderzoek nodig.

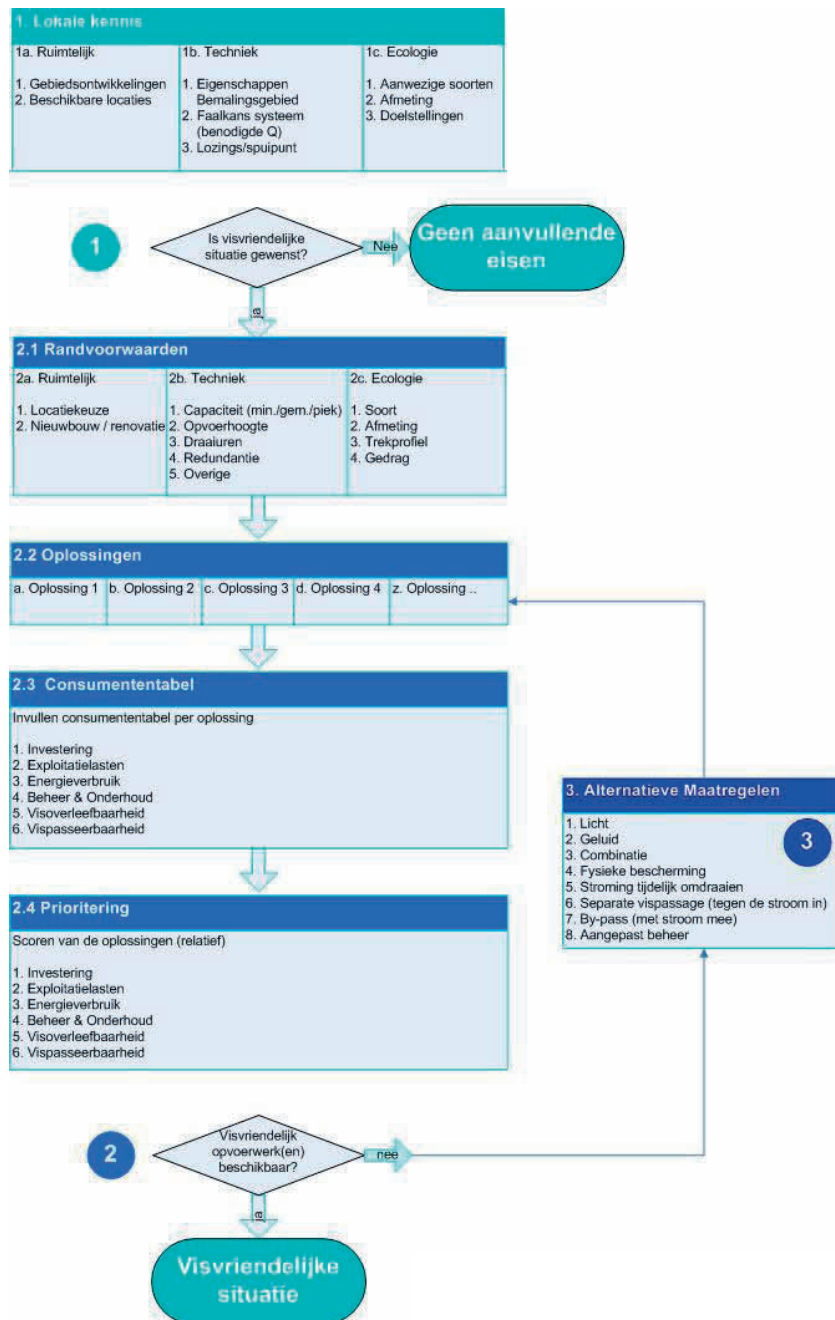
Voor de *derde* vraag is eveneens algemene kennis benodigd. Evenals bij vraag twee is deze nog niet volledig voorhanden. Kennis over gedrag van vissen en effectiviteit van verschillende maatregelen ontbreekt. Aanvullend onderzoek is benodigd om deze vraag te kunnen beantwoorden.

8.4 GEBRUIK AFWEGINGSKADER

Onderstaand schema laat zien hoe het afwegingskader gebruikt kan worden. Per onderdeel wordt vervolgens een korte toelichting gegeven. Per basisvraag hebben de activiteiten dezelfde kleur. In Bijlage 6 is een voorbeeld opgenomen hoe het afwegingskader gebruikt kan worden.

FIGUUR 8.2

UITWERKING AFWEGINGSKADER



8.5 VRAAG 1: VISVRIENDELIJKE SITUATIE GEWENST

Om te komen tot een goed inzicht in de situatie is in eerste instantie lokale kennis benodigd. Deze lokale kennis is benodigd op een drietal vlakken:

- 1 Ruimtelijk
- 2 Technisch
- 3 Ecologisch

Het is van het grootste belang dat reeds in deze fase van het project deze drie kennisgebieden worden gekoppeld. Onderstaande vragen dienen dan ook steeds in het licht van alle drie deze aspecten te worden beschouwd.

8.5.1 RUIMTELIJKE KENNIS

De ruimtelijke ontwikkelingen moeten bekend zijn en mogelijke locaties moeten worden vastgesteld. Duidelijk moet zijn waar mogelijkheden en onmogelijkheden liggen. Deze kunnen op planologisch, technisch en/of ecologisch vlak liggen.

8.5.2 TECHNISCHE KENNIS

Belangrijk is om vast te stellen wat het bemalingsgebied daadwerkelijk is dat het gemaal moet gaan ontwateren. Uiteraard de omvang moet bekend zijn, maar ook welke faalkans voor inundatie wordt gehanteerd. Immers, een gebied wat 1x per 100 jaar mag overstromen vergt een groter gemaal, dan hetzelfde gebied wat 1x per 10 jaar mag overstromen. De benodigde piekcapaciteit is bij de laatste situatie beduidend kleiner.

Tevens moet worden vastgesteld wat het gewenste lozings-/spuipunt is. In combinatie met locatiekeuze is deze keuze van invloed op de benodigde opvoerhoogte.

8.5.3 ECOLOGISCHE KENNIS

STEL VAST WELKE VISSOORTEN ZICH ROND HET GEMAAL BEVINDEN/GEWENST ZIJN

Voor de gebieden waaraan het opvoerwerk grenst, moet worden vastgesteld welke soorten ervan gebruik (gaan) maken. In eerste instantie zijn de ecologische doelstellingen/streefbeelden van de waterbeheerder richtinggevend. Verder kunnen monitoringgegevens of expertkennis van medewerkers worden gebruikt. Indien er geen kennis aanwezig is, kan worden besloten om een visstandbemonstering uit te voeren.

STEL VAST VOOR WELKE SOORTEN EN AFMETINGEN VISOVERLEEFBAARHEID EEN RANDVOORWAARDE IS

Soort en stadium dienen te worden vastgesteld. Het schadeprofiel van een opvoerwerk kan per soort en levensstadium een verschillend beeld laten zien. Zo vertonen soorten een afwijkend zwemgedrag en kunnen zich daardoor anders gedragen in de maalkoker van het opvoerwerk. Ook de periode (dag, nacht, najaar, voorjaar) kan wisselend zijn. Van vislarven of vis-eieren mag worden verwacht dat ze zich laten meevoeren met de stroming en dus een minder uitgesproken zwemgedrag vertonen. Wel zal dit stadium gevoeliger zijn voor botsingen, drukverschillen of turbulentie.

DEFINIËREN VAN ECOLOGISCHE DOELSTELLINGEN

In principe vertonen alle soorten ook in meer of mindere mate migratie. Dit is van belang voor de uitwisseling tussen populaties en ten behoeve van migratie tussen paai-, opgroei- en overwinteringsgebieden. In hoeverre standvissoorten migratiebehoefte hebben, hangt af van het betreffende gebied en de wijze van beheer (zie Hoofdstuk 8). Soorten als snoek, baars, blankvoorn komen voor in alle genoemde watertype, met uitzondering van de brakke en zoute wateren. In brakke/ zoute watertypen gaat het om soorten als harder, bot, zeebaars, tong, haring, sprat, wijting en grote en kleine zeenaald. Voor deze soorten is de migratiebehoefte afhankelijk van lokale omstandigheden, zoals aanwezigheid van geschikte habitat of de mogelijkheid van extreme omstandigheden als bijvoorbeeld een extreem winterpeil. Een wijze van prioritering, bij het wel of niet vispasseerbaar maken van opvoerwerken voor standvissoorten, is die naar omvang van het gebied. Grote gebieden (veel wateroppervlak of oeverlengte) kunnen een hogere prioriteit krijgen bij het vispasseerbaar maken. Kleine peilvakken krijgen een lagere prioriteit.

Voor een bepaald aantal soorten is de overweging van vispasseerbaarheid eenduidiger. Dit betreffen zogenaamde obligaate migrerende vissoorten. Deze soorten migreren doorgaans over grotere afstanden tussen paai-, opgroei-, foerageer- en overwinteringgebieden. Onderscheid is te maken in diadrome (tussen zoet en zout migrerend) vissoorten als aal of drie-doornige stekelbaars, en vissoorten die in zoet water vergelijkbare migraties vertonen, zoals winde en rivierprik.

Passeerbaarheid met de stroming mee kan via het opvoerwerk, mits deze geen schade veroorzaakt, of via speciale bypasses. Passeerbaarheid in stroomopwaartse richting geschiedt via een vispassage. Ten aanzien van het vispasseerbaarheid is meer kennis over gedrag van vissoorten bij opvoerwerken gewenst. Het gaat hier in eerste instantie om de lawaaiproductie van het gemaal en de hieraan gerelateerde kans op inzuiging voor het opvoerwerk.

Indien vispasseerbaarheid een randvoorwaarde is, dan dienen tevens migrerende vissoorten het opvoerwerk veilig te kunnen passeren.

8.5.4 CONCLUSIE

Wanneer bovenstaande aspecten zijn belicht, kan worden vastgesteld of een visvriendelijke situatie al dan niet gewenst is.

8.6 VRAAG 2: KEUZE VAN OPVOERWERK

8.6.1 HOOFDINDELING OPVOERWERKEN

Indien geconstateerd is dat een visvriendelijke situatie gewenst is, gaat de zoektocht beginnen naar de best mogelijke oplossing. Hierbij gaat de voorkeur uit naar het toepassen van visvriendelijke opvoerwerken.

Op basis van beschikbare kennis en expertise kunnen opvoerwerken in drie groepen worden onderverdeeld, zie onderstaande Tabel 8-1.

TABEL 8-1 ONDERVERDELING OPVOERWERKEN

MEEST VISVRIENDELIJK	Opmerkingen
1 Scheprad	Er is tot nu toe 1 schepradgemaal onderzocht (boezemgemaal).
Buisvijzel**	Het betreft hier expert judgement, dit type is tot nu toe in nog niet in Nederland gerealiseerd.
Hidrostaal**	Het betreft hier expert judgement, dit type is tot nu toe in nog niet in Nederland gerealiseerd.
2 De Witvijzel***	Er is 1 De Wit vijzel onderzocht (boezemgemaal).
VOPO faunapomp**	Het betreft hier expert judgement, dit type is tot nu toe in nog niet in Nederland getest.
Vijzel	
3 Schroefcentrifugaalpomp	
bv. Beveron	
BVOP	
Centrifugaalpomp	
Schroefpomp	
bv. Horizontale schroefpomp	
Open schroefpomp	
MINST VISVRIENDELIJK	

Deze onderverdeling geeft in de praktijk echter te weinig onderscheid, omdat een keuze uit de 1e of 2e groep niet altijd mogelijk is. Wanneer men “veroordeeld” is door lokale omstandigheden tot een pomp uit groep 3, dan is het nu onmogelijk om de meest visvriendelijke oplossing te kiezen.

Van slechts weinig pomptypen is bekend wat hun visvriendelijkheid is. Voorts is het niet de verwachting dat eenduidige rangorde op te stellen valt van de verschillende hoofdtypen opvoerwerken in groep 3. Dit komt door de grote diversiteit op de markt aan pompen uit deze groep en de overlap in hun toepasbaarheid. In het ene geval kan een schroefpomp visvriendelijker zijn dan een schroefcentrifugaalpomp en vice versa. Tabel 8.1 zal geen uitsluitsel kunnen bieden over de meest visvriendelijke oplossing.

Om toch te garanderen dat te allen tijde de meest visvriendelijke pomp wordt gekozen, zouden dus alle op de markt beschikbare pompen getest moeten worden, hetgeen onbegonnen werk is.

Daarom wordt in het afwegingskader de nadruk gelegd op het gebruik van gezond verstand en een integrale benadering. Op basis van een aantal technische parameters kan met het huidige kennisniveau al het een en ander geconcludeerd worden over visvriendelijkheid van opvoerwerken, te weten:

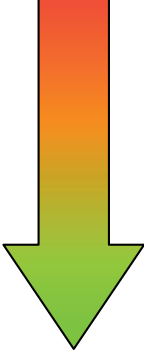
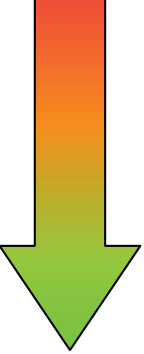
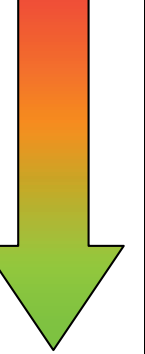
- Capaciteit
- Waaierdiameter
- Opvoerhoogte
- Toerental
- Aantal draaiuren.

8.6.2 MOGELIJKE OPLOSSINGEN

De kunst is om tot een optimale afstemming te komen tussen bovenstaande parameters. Het afwegingskader beoogt daarom om de waterbeheerder te begeleiden in deze besluitvorming. Met behulp van Figuur 8.3 kunnen diverse oplossingen worden bedacht, die uiteindelijk voldoen aan de gestelde randvoorwaarden.

FIGUUR 8.3

OVERZICHT VAN DE INVLOED VAN DE BELANGRIJKSTE PARAMETERS OP DE VISVRIENDELIJKHEID VAN OPVOERWERKTUIGEN IN NEDERLAND, GEBASEERD OP DE HUIDIGE STAND VAN ZAKEN QUA KENNISNIVEAU (2008).

	Capaciteit	Waaierdiameter	Opvoerhoogte	Toerental	Aantal draaiuren
	LAAG	KLEIN	HOOG	HOOG	GROOT
VISONVRIENDELIJK					
VISVRIENDELIJK					
	HOOG	GROOT	LAAG	LAAG	KLEIN

Zo kan bijvoorbeeld de maximum capaciteit maar 1x per jaar te hoeven worden aangesproken terwijl de rest van het jaar slechts 10% van $Q_{\max}$ beschikbaar hoeft te zijn. Oplossing 1 kan zijn dat één pomp wordt geïnstalleerd (inclusief eventuele redundantie), Oplossing 2 kan zijn dat er twee pompen (een kleine en een grote, inclusief eventuele redundantie) wordt opgesteld. Zo zijn er diverse oplossingen mogelijk.

Op basis van eigen kennis, kennis bij leveranciers en/of adviseurs worden vervolgens voor deze oplossingen de technisch beste pompen gekozen. Indien meerdere pompen geschikt zijn kunnen dus meerdere alternatieven worden vastgesteld. Van al deze alternatieven worden een aantal basis zaken vastgesteld:

- Benodigde investering
- Exploitatielasten
- Energieverbruik
- Beheer- & Onderhoudsituatie
- Visoverleefbaarheid
- Vispasseerbaarheid.

Op basis van beschikbare informatie wordt een Consumententabel opgesteld:

FIGUUR 8.4

CONSUMENTENTABEL

Oplossing	<i>Beschikbare kennis</i>				<i>Kennishiaat</i>	
	Investering	Exploitatie	Energie	B&O	Visoverleefbaarheid	Vispasseerbaarheid
1.1						
1.2						
2.1						
...						

Invulling o.b.v. kennis van:
waterbeheerder /
pompleverancier /
adviseur

Invulling o.b.v. kennis uit
onderzoeksvragen

De Beheer & Onderhoudsituatie kan wellicht niet altijd effectief worden uitgedrukt in geld (bv. benodigde FTE), wel is vaak duidelijk dat het ene alternatief minder B&O vergt dan het andere. Een relatieve score kan hier dus ook ingevuld worden.

Hoewel van de specifieke pompen wellicht geen kennis beschikbaar is over de visvriendelijkheid, kan op basis van kennis opgedaan uit de onderzoeksvragen wel een relatieve rangorde worden opgesteld.

Vervolgens kan de informatie van de diverse alternatieven “gescoord” worden en komt er een rangschikking in de alternatieven tot stand.

Indien gewenst kunnen weegfactoren worden meegegeven aan de verschillende criteria en kan een definitieve rangorde worden opgesteld van de alternatieven.

In Bijlage 6 is een voorbeeld opgenomen hoe deze vragen ingevuld kunnen worden.

8.6.3 KEUZE VAN DE OPLOSSING

Op basis van de consumententabel kan de keuze worden gemaakt voor de meest visvriendelijke oplossing. Indien op basis van andere criteria niet voor een visvriendelijke oplossing gekozen kan worden, dienen aanvullende maatregelen te worden genomen.

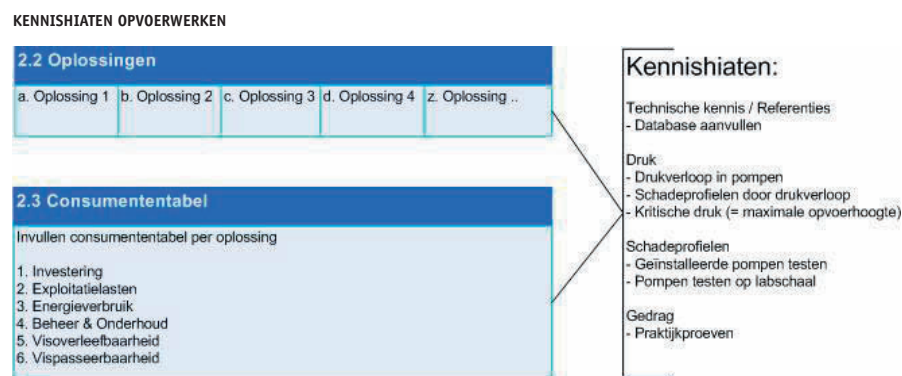
8.6.4 KENNISHIATEN

Nu is nog te weinig bekend van de visvriendelijkheid van de diverse opvoerwerken die in de markt beschikbaar zijn. Allereerst dient een beter beeld te worden verkregen welke pomptypen in welke getale daadwerkelijk in Nederland worden toegepast. De huidige inventarisatie biedt daartoe onvoldoende zekerheid. Op basis van een representatieve database kunnen goede referenties worden gevonden en kunnen eventuele vervolgonderzoeken gericht worden uitgevoerd.

Uit de voorafgaande hoofdstukken is tevens gebleken dat de huidige kennis, onder andere ten aanzien van het drukverloop in en de schadelijkheid van bepaalde pomptypen (in relatie met capaciteit, opvoerhoogte en toerental) en kennis over het gedrag van vis nog duidelijk hiaten vertonen.

Met aanvullende informatie kan een betere rangschikking gemaakt worden van visvriendelijkheid van opvoerwerken. Geadviseerd wordt aanvullend onderzoek uit te voeren naar de onderlinge verhoudingen in visvriendelijkheid tussen diverse opvoerwerken. Hieraan kunnen veldonderzoek of modelonderzoek ten grondslag liggen. In Bijlage 4 zijn de gesignaleerde kennishiaten verder uitgewerkt tot een onderzoeksadvies.

FIGUUR 8.4



8.7 VRAAG 3: ALTERNATIEVE MAATREGELEN

Indien blijkt dat er geen visvriendelijke oplossing mogelijk is, moet worden bekeken welke alternatieven beschikbaar zijn om gestelde ecologische randvoorwaarden wel te bereiken. Aangezien er situaties zullen blijven bestaan waar geen goede visvriendelijke oplossing voor handen is vanwege functionaleisen aan het opvoerwerk, zal de afweging gemaakt moeten worden welke visvriendelijke alternatieven wel voor handen zijn. Overige alternatieven hebben betrekking op het onpasseerbaar maken van het gemaal, eventueel in combinatie met het vispasseerbaar maken van het opvoerwerk, middels andere maatregelen.

8.7.1 ONPASSEERBAAR MAKEN VAN OPVOERWERKTUIG

Het onpasseerbaar maken van een gemaal kan door fysieke wering of door het creëren van een gedragsbarrière. Fysieke wering kan door een fijnrooster toe te passen (eventueel achter een grofvuil rooster). Hiermee kunnen verschillende vissoorten in uiteenlopende lengte-

klassen worden geweerd. Dit fijnrooster zal eveneens gereinigd moeten worden. Belangrijk aandachtspunt bij het toepassen van fijnroosters zijn de optredende stroomsnelheden. Deze dient zodanig te zijn dat vis aan het rooster kan ontsnappen en geen inpingement optreedt.

Een andere mogelijkheid is het toepassen van een gedragsbarrière, zoals licht of geluid, of een combinatie van beide. Dergelijke systemen zijn soortafhankelijk, omdat soorten (en levensstadia daarvan) verschillend gedrag vertonen ten opzichte van stimuli. Uiteindelijke keuze van het systeem is afhankelijk van locatie, dimensies van het opvoerwerk en de soorten die er voorkomen.

8.7.2 VISPASSEERBAAR MAKEN VAN OPVOERWERKTUIG

Indien het opvoerwerktuig niet (veilig) passeerbaar is, of aan de andere kant vis afschrikt, is het voor de obligaat migrerende soorten van belang dat er een alternatieve route wordt geboden, dat wil zeggen een veilige bypass. Naast een veilige bypass kan het gewenst zijn om het opvoerwerk optrekbaar te maken met een vispassage. Het Handboek Vismigratie geeft hiervoor mogelijke oplossingen (Kroes & Monden 2005). Naast alternatieve oplossingen zou een ander beheer van het opvoerwerk kunnen bijdragen in vismigratie. Deze optie dient nader bestudeerd te worden en is bovendien locatieafhankelijk.

8.7.3 KENNISHIATEN

Ten aanzien van de inzetbaarheid van overige alternatieven bestaan veel kennishiaten. Vragen aangaande aspecten als; het effect van stroboscooplicht als stimulus om vis weg te schrikken (en evt. geleiding naar bypasses), de mogelijkheid om overige alternatieven tijdelijk bij opvoerwerken in te zetten, de efficiëntie en reacties van vis op stimuli (licht, geluid, omgekeerde waterstroming, combinaties), in hoeverre grofvuil roosters momenteel als fysieke barrière werken, de mogelijkheden voor toepasbaarheid (kosten en beheer) van bepaalde systemen, kunnen niet direct beantwoord worden. In Bijlage 4 zijn de gesignaleerde kennishiaten verder uitgewerkt tot een onderzoeksadvies.

FIGUUR 8.4

KENNISHIATEN ALTERNATIEVE MAATREGELEN



8.8 CONCLUSIES

Het afwegingskader wat gepresenteerd is leidt tot een besluitvormingstraject, waarbij geborgd is dat een visvriendelijke situatie wordt gecreëerd, indien deze gewenst is.

Op dit moment is echter nog onvoldoende kennis beschikbaar om het volledige besluitvormingstraject in te kunnen invullen. De kennishiaten zijn in dit hoofdstuk benoemd en uitgewerkt tot een onderzoeksadvies in Bijlage 4.

BIJLAGE 1

BELEID IN RELATIE TOT SCHADE AAN VIS DOOR GEMALEN

WETTELIJK KADER VOOR DE BESCHERMING VAN VIS

Flora- en Faunawet

De Flora- en faunawet is, met uitzondering van de zorgplicht (zie kader op de volgende pagina), alleen van toepassing op de aangewezen beschermde soorten. Voor de vissen zijn dit de volgende soorten:

beekprik, bermpje, bittervoorn, elrits, gestippelde alver, grote modderkruiper, houting, kleine modderkruiper, meerval, rivierdonderpad, rivierprik, steur.

Voor deze soorten geldt dat het verboden is de dieren te doden, te verwonden, te vangen, te bemachtigen of met het oog daarop op te sporen (artikel 9), de dieren opzettelijk te veront- rusten (art. 10), de nesten, holen of andere voortplantings- of vaste rust- of verblijfplaatsen te beschadigen, te vernielen, uit te halen, weg te nemen of te verstoren (art. 11) en eieren van de dieren te zoeken, te rapen, uit het nest te nemen, te beschadigen of te vernielen. Daarnaast is het verboden deze dieren te bezitten, te vervoeren of voor de handel te gebruiken. Bovendien is het verboden dieren en planten in de vrije natuur uit te zetten of uit te zaaien.

Er is ontheffing of vrijstelling mogelijk van de Flora- en Faunawet. Hierin is onlangs een en ander veranderd. Er gelden twee categorieën, de lichte en de zware toets:

Lichte toets

Voor de vissoorten bermpje, kleine modderkruiper, meerval en rivierdonderpad geldt dat er een vrijstelling van artikel 8 t/m 12 van de FFwet geldt, mits de activiteiten worden uit- gevoerd op basis van een door de Minister van LNV goedgekeurde gedragscode (zie kader hieronder). Deze activiteiten zijn: bestendig beheer en onderhoud of bestendig gebruik of ruimtelijke ontwikkelingen. Ontheffing voor deze soorten is mogelijk als de activiteiten geen afbreuk doen aan gunstige staat van instandhouding van de soort.

Gedragscode

De gedragscode moet door de minister van LNV worden goedgekeurd. In de gedragscode moet staan hoe er het beste kan worden gehandeld. In de gedragscode geeft een sector zelf aan welke gedragslijnen men volgt om het schaden van beschermde soorten zo veel mogelijk te voorkomen, bijvoorbeeld: altijd eerst inventariseren welke soorten voorkomen op het terrein waar werkzaamheden moeten plaats vinden, aanpassen van de planning (bijvoorbeeld niet werken in het broedseizoen), duidelijk markeren en afschermen van een hol (bijvoorbeeld een dassenburcht), preventieve maatregelen nemen om te voorkomen dat een soort zich vestigt op een terrein waar werkzaamheden zijn gepland enz.

Zware toets

Voor de vissoorten beekprik, bittervoorn, elrits, gestippelde alver, grote modderkruiper, hou- ting, rivierprik en steur geldt ook een vrijstelling voor activiteiten als bestendig beheer en onderhoud of bestendig gebruik, mits uitgevoerd op basis van de gedragscode. Echter voor activiteiten in het kader van bestendig beheer en onderhoud in de landbouw en bosbouw en bestendig gebruik, voor artikel 10, voor activiteiten in het kader van ruimtelijke ontwikkeling en voor andere activiteiten dan hierboven genoemd, is een ontheffing nodig.

Een ontheffingaanvraag voor deze soorten wordt getoetst aan drie criteria:

1. er is sprake van een in of bij de wet genoemd belang¹
2. er is geen alternatief,
3. doet geen afbreuk aan gunstige staat van instandhouding van de soort.

Deze drie criteria vormen de zogenaamde uitgebreide toets. De drie criteria staan naast elkaar en niet na elkaar (aan alle drie moet voldaan zijn).

Algemene zorgplicht

De flora en faunawet bevat in artikel 2 een zorgplicht voor alle in het wild levende soorten, dus niet alleen de soorten die binnen de Flora- en faunawet expliciet zijn aangewezen. Deze luidt:

“De zorg (...) houdt in ieder geval in dat een ieder die weet of redelijkerwijs kan vermoeden dat door zijn handelen of nalaten nadelige gevolgen voor flora of fauna kunnen worden veroorzaakt, verplicht is dergelijk handelen achterwege te laten voor zover zulks in redelijkheid kan worden gevegd, dan wel alle maatregelen te nemen die redelijkerwijs van hem kunnen worden gevegd teneinde die gevolgen te voorkomen of, voor zover die gevolgen niet kunnen worden voorkomen, deze zoveel mogelijk te beperken of ongedaan te maken.”

De vraag is of redelijkerwijs kan worden gevegd om kunstwerken, met name gemalen, visveilig te maken. Deze vraag zal mede worden bepaald door de kosten van de maatregel in verhouding tot het ecologische belang. Het overtreden van artikel 2 van de Flora- en faunawet is op zichzelf niet strafbaar gesteld, maar wordt in ogenschouw genomen als verzwarende factor bij de beoordeling van wel strafbaar gestelde verbodsbepalingen.

Nieuwbouw van gemalen

De bouw van gemalen valt onder ruimtelijke inrichting. Voor de bouw van gemalen geldt daarom voor categorie 2 soorten de vrijstellingsregeling van de gedragscode. Voor categorie 3 soorten is ontheffing nodig als verwacht wordt dat de bouwactiviteiten schadelijk kunnen zijn. Het gebruik van gemalen valt in zijn geheel niet onder de vrijstellingsregeling van de gedragscode. Voor zowel categorie 2 als ook categorie 3 soorten is daarom ontheffing nodig.

Ontheffingsplicht

De bouw van gemalen is ontheffingsplichtig als bouwactiviteiten schadelijk kunnen zijn voor categorie 3 soorten. Zoals hierboven al genoemd kan voor categorie 2 soorten met de gedragscode worden gewerkt. De bouw van een gemaal staat daarbij in beginsel los van het latere gebruik. De maatregelen die nodig zijn voor ontheffing komen dan ook overeen met de algemene maatregelen voor bouwproject (los van de functie van het gebouw).

Ook het gebruik van gemalen is ontheffingsplichtig als dit schadelijk is voor wettelijk beschermde soorten. Omdat de gedragscode niet van toepassing is, geldt dit voor categorie 2 en 3 soorten. Hierbij valt vooral te denken aan het doden van vissen bij de passage door het gemaal. Als individuen in het geding komen maar het effect op de populatie verwaarloosbaar is, dan kan zonder maatregelen ontheffing worden verleend. Is dit niet het geval, dan zal het nodig zijn om gemalen visveilig te maken. Visveilig betekent dat vissen niet worden beschadigd of gedood door het gebruik van het gemaal.

¹ Zoals: Onderzoek en onderwijs; repopulatie en herintroductie; bescherming van flora en fauna; veiligheid van het luchtverkeer; volksgezondheid of openbare veiligheid; dwingende redenen van openbaar belang; het voorkomen van ernstige schade aan vormen van eigendom; belangrijke overlast veroorzaakt door die-ren; uitvoering van werkzaamheden in het kader van bestendig beheer en onderhoud in de landbouw en bosbouw; bestendig gebruik; uitvoering van werkzaamheden in het kader van ruimtelijke inrichting of ontwikkeling.

VISSERIJWET

De Visserijwet 1963 vormt de basis van de Nederlandse visserijwetgeving. De Wet bevat zowel rechtstreeks toepasselijke bepalingen als bevoegdheden voor het opstellen van nadere regelgeving. De Minister van LNV is verantwoordelijk voor uitvoering van de Visserijwet. De Wet dient mede als wettelijke basis voor de uitvoering van de verplichtingen voor Nederland die voortvloeien uit het gemeenschappelijk visserijbeleid van de Europese Gemeenschap en internationale visserijverdragen.

De Visserijwet maakt een onderscheid tussen zeevisserij, kustvisserij en binnenvisserij. Deze drie soorten visserij zijn in de Wet afzonderlijk geregeld. Onder zeevisserij wordt verstaan “het vissen in zee, met inbegrip van het vissen in de visserijzone en in daaraan grenzende, bij [AMvB] als zeegebied aangewezen wateren”; onder kustvisserij “het vissen in de bij [AMvB] als kustwater aangewezen wateren” en onder binnenvisserij “het vissen in de overige wateren van Nederland”. Het besluit van 21 april 1970, houdende uitvoering van artikel 1, vierde lid, onder b en c, van de Visserijwet 1963 (Besluit aanwijzing zeegebied en kustwateren) wijst een aantal (additionele) gebieden aan als “zeegebied” en “kustwater”. De visserijzone is de zone ingesteld krachtens de Machtigingswet instelling visserijzone, waarvan de buitengrens overeenkomt met de grens van het Nederlands continentaal plat en de Nederlandse EEZ. Met betrekking tot effecten van gemalen is alleen het deel van de Visserijwet met betrekking tot de binnenvisserij van belang. De Visserijwet geeft regelgeving ten aanzien van vistuigen die mogen worden toegepast (en de voorwaarden waar onder) en voor vissoorten die onder deze wet vallen, gesloten tijden (mag niet worden gevestigd of vis in bezit hebben) en minimummaten. Tabel B1-1 (aan het einde van deze bijlage) geeft het overzicht. Er volgen geen verplichtingen ten aanzien van vismigratie uit de Visserijwet.

GEZONDHEIDS- EN WELZIJNSWET VOOR DIEREN (GWWD)

De zorgplicht van de mens voor het dier is wettelijk geregeld in de GWWD. Deze wet heeft in hoofdzaak betrekking op gehouden dieren (dieren in de beschikkingsmacht van de mens). Een uitzondering op de regel vormt artikel 36 (vangnetbepaling). Dit artikel is van toepassing op gehouden en op in de vrije natuur levende dieren. Lid 1 van art. 36 stelt: het is verboden om zonder redelijk doel of met overschrijding van hetgeen ter bereiking van zodanig doel toelaatbaar is, bij een dier pijn of letsel te veroorzaken dan wel de gezondheid of het welzijn van het dier te benadelen. Artikel 36 lid 3 luidt: een ieder is verplicht hulpbehoevende dieren de nodige zorg te verlenen.

Door toepassing van gemalen wordt aan vissen pijn of letsel toegebracht, dan wel wordt de gezondheid of het welzijn benadeeld. Echter, toepassing van gemalen dient een redelijk doel, namelijk het vrijwaren van de mens van overstromingen. De vraag zou nog gesteld kunnen worden of er sprake is van het overschrijden van hetgeen ter bereiking van zodanig doel toelaatbaar is. Maar ook deze vraag is snel beantwoord, als gekozen moet worden tussen grootschalige schade ten gevolge van overstroming, dan wel verlies van mensenlevens, is schade aan vis relatief onbelangrijk.

Desalniettemin, de discussie rondom het wel of niet onthouden van zorg aan grote grazers in natuurgebieden is hier relevant. De beleidslijn van de overheid is dat slechts minimale zorg hoeft te worden gegeven, vanwege de beperkte beschikkingsmacht van de mens in dit kader (min of meer vrij levende dieren in grote natuurterreinen). De Koninklijke Neder-

landse Maatschappij voor Diergeneeskunde brengt hier echter tegen in dat sprake is van een keuze, namelijk het uitzetten van dergelijke dieren in dit soort terreinen en dat daarmee de beperkte beschikkingsmacht in de hand wordt gewerkt (uitvloeisel is van eerder gemaakte keuze). Op voorhand zouden consequenties voor gezondheid en welzijn in beeld moeten worden gebracht, zodat deze gewaarborgd kunnen worden (http://www.animalfreedom.org/paginas/informatie/contactbladjuli_2002.html). Het plaatsen van gemalen is eveneens een keuze bij de inrichting van het watersysteem. Op voorhand zou nagedacht moeten worden over de consequenties voor vis en mogelijkheden om pijn, letsel, benadeling van de gezondheid of het welzijn te vermijden. Temeer daarvoor de technieken voorhanden zijn om vis te beschermen tegen deze invloeden.

WET OP DE DIERPROEVEN (WOD)

Het toepassen van gemalen heeft geen relatie met de WOD. Echter, onderzoek naar schade veroorzaakt door gemalen kan wel in de werkingssfeer van deze wet liggen. Bij gedwongen blootstelling van vis aan gemalen etc. waarbij een wetenschappelijke vraag beantwoord wordt, is sprake van een dierproef (Artikel 1, lid 1·e). Voor een dergelijke proef dient een proefplan te worden geschreven en aan de Dier Experimenten Commissie te worden voorgelegd ter goedkeuring. Daarnaast mogen dierexperimenten alleen uitgevoerd worden door bevoegde personen (ex artikel 9 en ex artikel 12). Toezicht op de proefdieren ligt in handen van de proefdierdeskundige (ex artikel 14).

DE RODE LIJSTEN FLORA EN FAUNA

De Rode lijsten flora en fauna omvatten verdwenen, ernstig bedreigde, bedreigde, kwetsbare en gevoelige planten en dieren in Nederland. Voor het Ministerie van LNV zijn de Rode lijsten mede richtinggevend voor het te voeren natuurbeleid. Het Ministerie streeft ernaar dat een volgende rode lijst, die per soortgroep elke tien jaar verschijnt, kleiner zal zijn dan de huidige lijst. Hiertoe stimuleert het Ministerie dat bij bescherming en beheer van gebieden rekening wordt gehouden met de rode-lijst soorten, en dat zo nodig en zo mogelijk aanvullende soortgerichte maatregelen zullen worden genomen. Daartoe zijn ook van een groot aantal soortgroepen de rode-lijst soorten als doelsoort voor het natuurbeleid geselecteerd en opgenomen in de beleidsdoelstelling voor de door het ministerie van LNV gedefinieerde natuurdoeltypen (Handboek Natuurdoeltypen, 2001). Van de verschillende overheden en terreinbeherende organisaties mag worden verwacht dat zij bij beleid en beheer rekening houden met de rode lijsten. Niet elke soort, die is opgenomen op de Rode lijsten, is aangewezen als beschermde inheemse plantensoort of diersoort in de Flora- en faunawet. Hierover zal later nadere besluitvorming plaatsvinden.

De rode lijsten zijn samengesteld aan de hand van twee criteria, te weten de trend en de zeldzaamheid. De rode lijst voor vissen was voorheen opgenomen in het besluit Rode lijst zoetwatervissen. In de eerste plaats is deze Rode lijst aangepast op het punt van naamgeving. Voorts is een zevental soorten geschrapt uit de lijst. Dit betreft de soorten elft, houting, paling, rivierprik, zalm, zeeforel en zeeprik. Deze soorten voldoen niet aan de criteria voor plaatsing van een soort op een Rode lijst. De lijst is uitgebreid met zoutwatervissen².

Verwacht mag worden van waterbeheerders dat zij bij nieuwbouw of renovatie van een gemaal rekening houden met Rode lijst soorten.

2 Verdwenen uit Nederland: trompetterzeenaald. In het wild verdwenen uit Nederland: zeepaardje. Ernstig bedreigd: glasgrondel, pijlstaartrog, zeestekelbaars. Bedreigd: adderzeenaald, grote koornaarvis, grote pieterman. Kwetsbaar: botervis, driedradige meun, ruwe haai, stekelrog. Gevoelig: gevlekte gladde haai, gevlekte griet, kleine slakdolf, vorskwab, zwarte grondel, ansjovis.

DE EU-HABITATRICHTLIJN

De EU-Habitatrichtlijn heeft als doel de biologische diversiteit in de Europese Unie in stand te houden. De Habitatrichtlijn heeft twee beschermingsstrategieën:

- 1). De bescherming van natuurlijke habitats en habitats van een aantal specifieke soorten (gebiedsbescherming). De bescherming van de natuurwaarden heeft gevolgen voor het gebruik in en rondom de gebieden. Activiteiten, plannen en projecten moeten vooraf worden getoetst op hun effecten op de natuur.
- 2). De strikte bescherming van soorten die belang zijn voor de Europese Unie. (soortbescherming). Daarvoor zijn soorten opgenomen in bijlagen van de Habitatrichtlijn. Bijlage II zijn dier- en plantensoorten van communautair belang voor de instandhouding waarvan aanwijzing van speciale beschermingszones vereist is, hierop staan de vissoorten beekprik, bittervoorn, elft, fint, grote modderkruiper, kleine modderkruiper, rivierdonderpad, rivierprik, zalm en zeeprik. Bijlage IV zijn dier- en plantensoorten van communautair belang die strikt moeten worden beschermd, hierop staan de vissoorten houting en steur. De soortbescherming vindt in Nederland plaats via de Flora- en Faunawet.

DE EU-BASISVERORDENING

In de EU-Basisverordening inzake international handel in bedreigde dier- en plantensoorten is één vissoorten opgenomen, de steur. Voor de steur geldt dat deze soort niet meer uit het wild mag worden gehaald omdat ze met uitsterven bedreigd zijn door internationale handel.

DE EU AALVERORDENING

Het gaat niet goed met de Europese aal (=paling): sinds de jaren 1960 zijn de vangsten gestaag afgenomen met ca. 75%, en sinds 2000 is de intrek van jonge aal (glasaal) niet meer boven de 5% van het historische niveau van voor 1980 geweest (Dekker 2004a; FAO/ICES 2007). Voor deze dalende trends zijn verschillende oorzaken geopperd, maar bij gebrek aan doorslaggevend en overtuigend bewijs, blijft de werkelijke oorzaak vooralsnog onduidelijk. Daarom is sinds 1998 door de Internationale Raad voor het Zeeonderzoek (ICES) geadviseerd uit voorzorg stringente beschermingsmaatregelen te nemen, en een internationaal herstelprogramma op te stellen (ICES 1999).

In 2007 is door de Ministerraad van de Europese Unie een voorstel van de Europese Commissie aangenomen voor een “Verordening tot Vaststelling van Maatregelen voor het Herstel van het Bestand van Europese Aal” (Commissie van de Europese Gemeenschappen 2007). In deze verordening wordt het doel (“het herstel van het bestand van Europese aal”) en streefbeeld (“40 % van ... [de natuurlijke productie van de paairijpe] schieraal kan ontsnappen naar zee...”) vastgesteld. De uitwerking, de keuze van beschermingsmaatregelen en de implementatie daarvan worden aan de lidstaten opgedragen. Hiertoe moeten de lidstaten eind 2008 voor elk van hun stroomgebieden een beheersplan bij de Commissie indienen, waarin de toestand van de aalstand en -visserij, het uitgewerkte streefbeeld, de te nemen maatregelen en de verificatie van het resultaat worden uitgewerkt. Bij ontstentenis van een beheersplan dienen de lidstaten noodmaatregelen te treffen, die de visserij (vangst en/of inspanning) met 50% beperken, of andere maatregelen te nemen met eenzelfde beschermend effect.

Een van de maatregelen die door de waterbeheerders kan worden genomen om de sterfte van (schier)aal te verminderen betreft het passeerbaar maken van gemalen voor aal (vis in het algemeen). Een en ander valt samen met de doelstellingen uit de KRW en de Benelux beschikking vrije vismigratie (waarover hieronder meer). Mede hierdoor hebben diverse waterbeheerders al doelstellingen geformuleerd met betrekking tot het realiseren van visvriendelijke gemalen. Vriese *et al.* (2007) geeft een eerste inschatting van de mogelijk omvang van de aalsterfte als gevolg van passage door gemalen.

RELATIE MET DOELEN UIT OVERIG VISGERELATEERD BELEID

DE BENELUX BESCHIKKING VRIJE VISMIGRATIE

De Benelux Economische Unie heeft al in april 1996 besloten tot de Beneluxbeschikking vrije vismigratie. De regeringen verzekeren de vrije migratie van vissoorten in alle hydrogeografische stroomgebieden. De migratie van de grote anadrome en katadrome trekvissoorten zal bij voorrang mogelijk gemaakt worden. Hieronder valt ook de aal. Het doel is deze vrije migratie voor 1 januari 2010 mogelijk te maken voor alle vissoorten in alle hydrogeografische stroomgebieden, ongeacht de beheerder hiervan (Beschikking Benelux, 1996). In 1999 heeft Nederland de Beneluxbeschikking ondertekend. Volgens de decembernota van 2006 dienen alle waterschappen dit jaar de knelpunten op het gebied van vismigratie in beeld te hebben gebracht. Er wordt gesteld dat visgeleidende maatregelen, voor zover ze relevant zijn voor vismigratie, ten minste dienen te worden gerealiseerd bij nieuw te bouwen of te verbeteren gemalen, stuwen, sluizen en waterkrachtcentrales (Decembernota, 2006).

In de Decemhernota 2006 zijn de volgende beleidsuitspraken gedaan die direct betrekking hebben op het onderwerp vismigratie:

Beleidsuitspraak:

“Om vismigratie naar ecologisch waardevolle wateren in binnen- en buitenland te bevorderen zullen de waterbeheerders in 2007 een lijst met prioritair op te heffen vismigratieknelpunten opstellen.”

Beleidsuitspraak:

“Visgeleidende maatregelen dienen, voor zover ze relevant zijn voor vismigratie, ten minste te worden gerealiseerd bij nieuw te bouwen of te verbeteren gemalen, stuwen, sluizen en waterkrachtcentrales (WKC's). Specifiek met betrekking tot de bestaande WKC's geldt bovendien de afspraak dat de aanleg van een visveilige turbine verplicht is, volgens het principe van de best beschikbare technologie zodra de bestaande turbine wordt vervangen. Daarnaast dienen op korte termijn bij de bestaande WKC's maatregelen te worden genomen ter bescherming van naar zee trekkende schieralen. Dit gezien de Europese conceptverordening voor het herstel van de aal. Tot slot zal in 2007 een proef met visgeleiding worden uitgevoerd bij een bestaande WKC.”

Omdat de oorspronkelijke Benelux beschikking bovenmatig ambitieus was, wordt gewerkt aan een nieuwe versie van deze beschikking mede in relatie tot het treffen van maatregelen om KRW doelen te halen (realiseren van vispassages). Inmiddels zijn prioritair vismigratieknelpunten (w.o. gemalen) geïdentificeerd en is er een aanvang gemaakt met het verankeren van deze aanpak in het beleid van de waterbeheerders (Kroes *et al.*, 2008). Uit deze

inventarisatie is duidelijk geworden dat meer dan 250 gemalen aanwezig zijn op KRW waterlichamen, waarvan een aanzienlijk deel is benoemd als prioritair knelpunt waarbij tevens een periode is gegeven waarbinnen deze knelpunten moeten worden opgelost.

Nederland heeft zich door ondertekening van de beschikking door Mr. H.A.F.M.O. van Mierlo, toenmalig minister van Buitenlandse Zaken en viceminister-president, op 26 april 1996 verplicht zich aan deze beschikking te houden. In praktijk is de beschikking in Nederland echter gedurende lange tijd vrijwel geheel buiten beeld verdwenen en zijn waterbeheerders in Nederland onbekend gebleven met de inhoud ervan. Tevens is van regelingen binnen de Benelux minder bekend in hoeverre deze een rechtstreekse werking hebben dan dat het geval is voor Europese regelgeving. Door ondertekening van Benelux-beschikkingen is de Nederlandse overheid echter verplicht zich aan afspraken die binnen de Benelux gemaakt, zijn te houden. Ook de Benelux-beschikkingen kunnen rechtstreekse werking hebben. Of dat het geval is hangt af van de inhoud van de betreffende bepalingen (waaronder datum-bepalingen en de mate van concreetheid van bepalingen). De Benelux beschikking vrije vismigratie is dermate concreet, noemt maatregelen en doelen en kent een tijdpad, waarmee deze een rechtstreekse werking heeft (Kruitwagen, 2008).

DE EU KADER RICHTLIJN WATER

De Europese Kader Richtlijn Water is in het leven geroepen ter verbetering van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater zodat dit chemische en ecologisch (weer) gezond wordt en ook voor toekomstige generaties geschikt is. De KRW hanteert de stroomgebieden van de Europese rivieren als indeling. Voor Nederland betekent dit vier stroomgebieden: Rijn, Maas, Schelde en Eems. Binnen deze gebieden worden waterlichamen onderscheiden. De overheid stelt de normen vast voor de verschillende kwaliteitselementen w.o. vis. Maatregelen voor verbetering van de ecologische- en chemische toestand van water in relatie tot vissen zijn o.a.:

- Het herstellen van zoet-zout overgangen per stroomgebied ter bevordering van vismigratie;
- Aanleg natuurlijke oevers en nevengeulen (habitatverbetering);
- Het creëren van vispassages bij migratiebarrières;
- Normering van hoeveelheden chemische stoffen ter verbetering van de reproductie van vis.

In de KRW worden maatlatten gehanteerd om de status van de verschillende kwaliteitselementen w.o. vis in waterlichamen te bepalen. In de maatlatten voor stromende wateren is de aal opgenomen, indicatief voor goede migratiemogelijkheden, mede een reden voor waterbeheerders om meer vismigratievoorzieningen aan te leggen. Dit is helaas niet het geval voor de maatlatten voor de niet lijnvormige stagnante wateren, hetgeen een omissie kan worden genoemd. Voor het behalen van de doelstellingen ten aanzien van vis als kwaliteitselement vormt de aanwezigheid van opvoerwerken een bedreiging, door een grotere sterfte van vis en het belemmeren van de migratiemogelijkheden.

BELEID TEN AANZIEN VAN WELZIJN VAN VISSEN

Naast de beleidsnota over dierenwelzijn zijn de laatste jaren een tweetal documenten verschenen die specifiek over welzijn van vissen gaan. Het betreffen: “De waarde van vis” (2002), een achtergronddocument bij de beleidsbrief welzijn vis en “Viswelzijn in beeld – verkenning ten behoeve van de beleidsagenda” (2003). Hoewel deze documenten qua reikwijdte verder gaan dan bijvoorbeeld de GWWD, gaat het uitsluitend om die invloeden op het welzijn van vis, die het gevolg zijn van rechtstreeks en doelbewust handelen van de mens dat erop is gericht om vis in zijn macht te krijgen, dan wel te houden en/of verder levend te behandelen. Dus om vangst en vangstmethoden, bijvangst, behandeling van gevangen vis, het doden van vis,

houderij omstandigheden en houderij activiteiten. Voor vis in het wild en milieu factoren van invloed op het welzijn wordt verwezen naar andere ministeries en ander beleid, wet- en regelgeving (Flora- en faunawet, Habitatrichtlijn etc.). Genoemde nota's bieden in het kader van het gemalenonderzoek geen wezenlijke aanknopingspunten, behalve dat deze laten zien dat nadenken over het welzijn van vis (en dus ook over alles wat vis schade berokkend) sterk in ontwikkeling is en aanzienlijk meer serieus wordt genomen dan in voorgaande jaren.

Het LNV beleid ten aanzien van dieren gaat de laatste jaren uit van de intrinsieke waarde van dieren. Dieren zijn niet langer zaken ten nutte van de bevolking, maar dragers van eigen waarden. De dieren hebben hierdoor een zelfstandige plaats in ons rechtssysteem waardoor zij worden gevrijwaard van mishandeling vanwege hun eigen waarde. Dit beleid is in de GWWD, de WOD en de FFwet tot uitgangspunt gekozen (Raat, 1999).

CONSEQUENTIES VAN WETTEN EN BELEID TEN AANZIEN VAN SCHADE AAN VIS DOOR GEMALEN

Hoewel een veelheid aan wet- en regelgeving en beleid van toepassing is op de bescherming van vis en visstanden, is er nog steeds discussie mogelijk of waterbeheerders verplicht zijn om maatregelen te treffen ter bescherming van vis bij gemalen. Nieuwbouw en het in gebruik nemen van gemalen is ontheffingsplichtig in het kader van de FFwet, voor respectievelijk categorie 3 en categorie 2 en 3 vissoorten indien schade wordt toegebracht aan de populatie. Dit laatste is naar verwachting moeilijk aantoonbaar. Veel van de wet- en regelgeving met betrekking tot vis is nauwelijks of slechts beperkt van toepassing op het specifieke probleem van schade aan vis door gemalen. Meer concreet dienaangaande zijn de Benelux beschikking vrije vismigratie (1996), de EU Kaderrichtlijn Water, de EU Aalverordening en de beleidsuitspraken in de Decemhernota 2006.

De kern van de Benelux beschikking is gelegen in het mogelijk maken van de stroomopwaartse en stroomafwaartse migratie van diadrome vissoorten in alle hydrografische stroomgebieden van de Benelux voor 2010. Daarenboven verzekeren de regeringen de stroomafwaartse vismigratie van de juvenielen. Hieruit mag geconcludeerd worden dat voor een soort als aal migratie in en uit poldergebieden mogelijk gemaakt moet worden. De mate waarin dit moet gebeuren (dus welke barrières allemaal moeten worden opgeheven) wordt in de beschikking niet duidelijk gemaakt. Er wordt slechts gesproken over het realiseren van vismigratie van en naar paai- en opgroeigebieden. Er vanuit gaande dat bijna alle wateren in Nederland als opgroeigebied voor aal aangemerkt kunnen worden, zou dit een immense inspanning vergen van de waterbeheerders.

De EU Kaderrichtlijn richt zich o.m. op het stellen van kwaliteitsdoelen voor de visstand in de aangewezen waterlichamen. Om de gewenste kwaliteitsdoelen te bereiken is een maatregel als het realiseren van vismigratievoorzieningen heel duidelijk in beeld. Veel waterbeheerders hebben op dit gebied zogenaamde vismigratieplannen ontwikkeld, waarbij de problematiek systematisch wordt aangepakt. In de eerste instantie lag hierbij de focus op de stromende wateren, maar hoe langer hoe meer worden ook stagnante wateren hierin betrokken, mede omdat deze van oudsher een functie hebben als paai dan wel opgroeigebied voor anadrome driedoornige stekelbaars en de katadrome aal. De problematiek van de gemalen (als migratiebelemmering en oorzaak van sterfte van vis) krijgt hierbij expliciet de aandacht. Opgemerkt kan worden dat de aandacht van de waterbeheerders hierbij verder gaat dan de aangewezen KRW waterlichamen.

Vanuit de EU Aalverordening ligt er de verplichting voor landen om te komen tot een beheerplan voor de aal, dat uiterlijk eind 2008 bij de Europese Commissie moet worden ingediend. In de verordening wordt het doel ("het herstel van het bestand van Europese aal") en streefbeeld ("40 % van ... [de natuurlijke productie van de paairijpe] schieraal kan ontsnappen naar zee...") vastgesteld. De uitwerking, de keuze van beschermingsmaatregelen en de implementatie daarvan worden aan de lidstaten opgedragen. In de verordening wordt het passeerbaar maken van gemalen voor schieraal om sterfte te verminderen als concrete maatregel genoemd. Het ligt voor de hand dat de overheid en dus ook de waterbeheerders hier (als veroorzakers van deze sterfte) een medeverantwoordelijkheid voelen en dus ook tot maatregelen komen om deze sterfte te verminderen.

Als laatste zijn de beleidsuitspraken gedaan in de Decemhernota 2006, die door het Ministerie van Verkeer en Waterstaat is opgesteld, van belang. Deze uitspraken worden gedaan met het doel richting te geven aan de uitvoering van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) en Waterbeleid 21e eeuw (WB21) in 2007 en gelden als opmaat tot het stroomgebiedsbeheerplan 2009. Het betreft de volgende beleidsuitspraken:

"Om vismigratie naar ecologisch waardevolle wateren in binnen- en buitenland te bevorderen zullen de waterbeheerders in 2007 een lijst met prioritair op te heffen vismigratieknelpunten opstellen."

En: "Visgeleidende maatregelen dienen, voor zover ze relevant zijn voor vismigratie, ten minste te worden gerealiseerd bij nieuw te bouwen of te verbeteren gemalen, stuwen, sluizen en waterkrachtcentrales (WKC's)."

Aan de eerste beleidsuitspraak is door de waterbeheerders al gevolg gegeven, waarmee er nu een lijst beschikbaar is met prioritair op te heffen vismigratieknelpunten (w.o. gemalen).

Voor wat betreft de tweede beleidsuitspraak kan geconcludeerd worden dat enkele waterbeheerders al visvriendelijke gemalen hebben gerealiseerd en dat diverse waterbeheerders al bezig zijn met een planmatige aanpak om vast te stellen in welke mate bestaande gemalen schade veroorzaken en welke gemalen in de toekomst moeten worden vervangen door visvriendelijke versies. Ook bij nieuwbouw van gemalen krijgt het aspect visvriendelijkheid telkens meer aandacht.

Hoewel er uit de op vis van toepassing zijnde wet- en regelgeving misschien niet expliciet kan worden geconcludeerd dat er een verplichting ligt voor de waterbeheerder om tot visvriendelijke gemalen te komen, kan wel worden vastgesteld dat er in het van toepassing zijnde beleid een duidelijke aansporing ligt dit wel te doen. Temeer daar diverse waterbeheerders dit al in concrete acties hebben omgezet, ligt het voor de hand dat de overige waterbeheerders op dit gebied niet achter kunnen blijven.

TABEL B1-1 NEDERLANDSE VISSOORTEN, STATUS EN BESCHERMING

Vissoort	Wetenschappelijke naam	Status ¹⁾	Visserijwet ²⁾	Gesl.tijd	Bescherm ³⁾	Rode lijst ⁴⁾
Aal (paalng)	<i>Anguilla anguilla</i>	Inheems	+ 28cm			
Afrikaanse meerval	<i>Clarias gariepinus</i>	Exoot				
Alver	<i>Alburnus alburnus</i>	Inheems	+			
Amerikaanse hondsvij	<i>Umbra pygmaea</i>	Ingeburgerd	+			
Baars	<i>Perca fluviatilis</i>	Inheems	+ 22cm	1/4-31/5 ⁵⁾		
Barbeel	<i>Barbus barbus</i>	Inheems	+ 30cm	1/4-31/5		Bedreigd
Beekforel	<i>Salmo trutta fario</i>	Inheems	+ 25cm	1/10-31/3		Verdwenen
Beekprik	<i>Lampetra planeri</i>	Inheems			+++ II	Bedreigd
Bermpje	<i>Barbatula barbatula</i>	Inheems			++	
Bittervoorn	<i>Rhodeus sericeus</i>	Inheems			+++ II	Kwetsbaar
Blankvoorn	<i>Rutilus rutilus</i>	Inheems	+			
Blauwband	<i>Pseudorasbora parva</i>	Exoot				
Blauwneus	<i>Vimba vimba</i>	Exoot				
Bot	<i>Platichthys flesus</i>	Inheems	+ 20cm			
Brasem	<i>Abramis brama</i>	Inheems	+			
Bronforel	<i>Salvelinus fontinalis</i>	Exoot	+ 25cm	1/10-31/3		
Bruine Am.dwergmeerval	<i>Ameiurus nebulosus</i>	Ingeburgerd				
Diklipharder	<i>Chelon labrosus</i>	Inheems	+			
Donaubrasem	<i>Abramis sapa</i>	Exoot				
Driedoornige stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus aculeatus</i>	Inheems	+			
Dunlipharder	<i>Liza ramada</i>	Inheems	+			
Elft	<i>Alosa alosa</i>	Inheems	+		II	
Elrits	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Inheems			+++	Bedreigd
Fint	<i>Alosa fallax</i>	Inheems	+		II	Verdwenen
Gestippelde alver	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Inheems			+++	Gevoelig
Giebel	<i>Carassius gibelio</i>	Ingeburgerd				
Goudharder	<i>Liza auratus</i>	Inheems				
Goudvij	<i>Carassius auratus auratus</i>	Ingeburgerd				
Graskarper	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Exoot				
Grootkopkarper	<i>Arctichthys nobilis</i>	Exoot				
Grote marene	<i>Coregonus lavaretus</i>	Inheems	+			
Grote modderkruiper	<i>Misgurnus fossilis</i>	Inheems			+++ II	Kwetsbaar
Gup	<i>Poecilia reticulata</i>	Exoot				
Houting	<i>Coregonus oxyrinchus</i>	Inheems			+++ IV	
Karper	<i>Cyprinus carpio carpio</i>	Ingeburgerd	+			
Kleine marene	<i>Coregonus albula</i>	Exoot	+			
Kleine modderkruiper	<i>Cobitis taenia taenia</i>	Inheems			++ II	
Kolblei	<i>Abramis bjoerkna</i>	Inheems	+			
Kopvoorn	<i>Leuciscus cephalus</i>	Inheems	+ 30cm	1/4-31/5		Kwetsbaar
Kroeskarper	<i>Carassius carassius</i>	Ingeburgerd	+			Kwetsbaar
Kwabaal	<i>Lota lota</i>	Inheems	+			Bedreigd
Marmmergrondel	<i>Proterorhinus marmoratus</i>	Exoot				
Meerval	<i>Silurus glanis</i>	Inheems			++	
Pos	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Inheems	+			
Regenboogforel	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Exoot	+ 25cm			
Rivierdonderpad	<i>Cottus gobio</i>	Inheems			++ II	
Riviergrondel	<i>Gobio gobio</i>	Inheems	+			
Rivierprik	<i>Lampetra fluviatilis</i>	Inheems	+ 15cm		+++ II	
Roofblei	<i>Aspius aspius</i>	Exoot				
Ruisvoorn	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Inheems	+ 15cm			
Serpeling	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Inheems	+ 15cm	1/4-31/5		Kwetsbaar
Sneep	<i>Chondrostoma nasus</i>	Inheems	+ 30cm	1/4-31/5		Bedreigd
Snoek	<i>Esox lucius</i>	Inheems	+ 45cm	1/3-30/6		
Snoekbaars	<i>Sander lucioperca</i>	Ingeburgerd	+ 42cm	1/4-31/5 ⁵⁾		
Spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>	Inheems	+			
Steur	<i>Acipenser sturio</i>	Inheems			+++ A IV	Verdwenen
Tienddoornige stekelbaars	<i>Pungitius pungitius</i>	Inheems	+			
Vetje	<i>Leucaspis delineatus</i>	Inheems	+			Kwetsbaar
Vlagzalm	<i>Thymallus thymallus</i>	Inheems	+ 35cm	1/4-31/5		Verdwenen
Winde	<i>Leuciscus idus</i>	Inheems	+ 30cm	1/4-31/5		Gevoelig
Witvingrondel	<i>Gobio albipinnatus</i>	Exoot				
Zalm	<i>Salmo salar</i>	Inheems	+ 40cm	hele jaar	II	
Zeeforel	<i>Salmo trutta trutta</i>	Inheems	+ 40cm	hele jaar		
Zeelt	<i>Tinca tinca</i>	Inheems	+ 25cm			
Zeeprik	<i>Petromyzon marinus</i>	Inheems	+		II	
Zilverkarper	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Exoot				
Zonnebaars	<i>Lepomis gibbosus</i>	Ingeburgerd				
Zwarte Am. dwergmeerval	<i>Ameiurus melas</i>	Exoot				

1) Status: inheemse soorten komen van oorsprong in Nederland voor; ingeburgerde soorten vormen meer dan 100 jaar een zichzelf instandhoudende populatie; exoten komen minder dan 100 jaar in Nederland voor of zijn voor het voorkomen afhankelijk van uitzettingen. 2) Visserijwet: genoemd in Regeling aanwijzing vissen, schaal- en schelpdieren 1982; minimummaat gegeven in Reglement minimummaten en gesloten tijden 1985. 3) Bescherming: ++ = de soort is beschermd volgens de Flora- en Faunawet, tabel 2. +++ = idem, tabel 3. II = Bijlage II van de EU-Habitatrichtlijn, soorten voor de instandhouding waarvan aanwijzing van speciale beschermingszones vereist is. IV = idem Bijlage IV, soorten die strikt moeten worden beschermd. A = Bijlage A van de EU-Basisverordening inzake internationale handel in bedreigde dier- en plantensoorten, soorten die niet meer uit het wild mogen worden gehaald omdat ze met uitsterven zijn bedreigd door internationale handel. 4) Rode lijst: Besluit Rode lijsten flora en fauna 5 november 2004. 5) einde gesloten tijd baars en snoekbaars tot de laatste zaterdag in mei.

BIJLAGE 2

OPVOERWERKEN

VEEL TOE GEPASTE POMPEN IN DE OPPERVLAKTEWATER

Hieronder volgen enkele pomptypen die momenteel in nieuwbouw gemalen geplaatst worden:

CENTRIFUGAALPOMPEN

Centrifugaalpomp komen in vele soorten en maten voor. In de huidige polderbemaling-installaties voor de kleine capaciteiten zien we dit soort pompen veelal staan als de bekende “pomp op de plank”. Dit is een zeer eenvoudige pomp.

Een voorbeeld hiervan is een BCK van Bosman Watermanagement (Centrifugaal Kolompomp)



Inzetbaar voor capaciteiten van circa 1 tot 11 m³/min. en opvoerhoogten tot circa 3,5 meter. Hertog Polderbemalingen heeft ook diverse pompen van dit type tot wat grotere uitvoeringen in het programma.

WERKING

Bij een centrifugaalpomptreedt de vloeistof radiaal uit de waaier. De waaier kan gesloten of open zijn, waarbij de waaier horizontaal of verticaal is opgesteld. De entreekant van het water in de schoepen is evenwijdig aan de pompas, de uittreekant is zoals gezegd radiaal. De waaier heeft enkelvoudig achterwaarts gekromde schoepen. Het water komt geen obstakels meer tegen in de waterstroming, hetgeen bevordelijk is voor de visvriendelijkheid.

Toepassingen

- bemalen van sportvelden en kleine polders
- drainage van cultuurgronden in het algemeen
- irrigatie van cultuurgronden bijv. in deltagebieden
- bevoeding van rijstvelden
- waterniveaubeheersing in visvijvers, zoutpannen en natuurgebieden
- het rondpompen van stilstaand water met het oog op verversing
- volpompen van ijsbanen

Kenmerken

- geschikt voor praktisch alle doeleinden
- weinig vuilgevoelig, nagenoeg onverstoptbaar
- afgestemd op een lange levensduur met nagenoeg geen onderhoud
- te plaatsen in open water of in een (prefab) betonnen put

Standaardvoorzieningen

- vlotterschakelaar met vlotter
- motorbeveiligingsschakelaar
- watergesmeerd onderlager
- rvs beschermkap
- pomphuis en standpijp volblad verzinkt

SCHROEFCENTRIFUGAALPOMPEN IN DIVERSE VORMEN

Bij een schroefcentrifugaalpomp stroomt het water axiaal-radiaal door de aan twee zijden gesloten of half open waaier. De waaier is voorzien van tweevoudig gekromde (achterwaarts en axiaal) schoepen. De intree- en uittrekant zijn hellend of gekromd naar de hartlijn van de pomp. Het huis heeft de vorm van een spiraal of is ringvormig. Het water komt geen obstakels meer tegen in de waterstroming, hetgeen bevordelijk is voor de visvriendelijkheid.

Ook tot deze categorie behorend zijn de halfaxiale waaier pompen. Deze pompen hebben een ten opzichte van de pompas, schuine doorstroming van de vloeistof door een half-open of gesloten waaier. Deze waaier is voorzien van een klein aantal tweevoudig gekromde vast of verstelbare schoepen. De waaier heeft een conische achterkant. In het pomphuis is een krans leischoppen aangebracht die met het pomphuis één geheel vormt. Deze leischoppenkrans vormt een obstakel in de waterstroom.

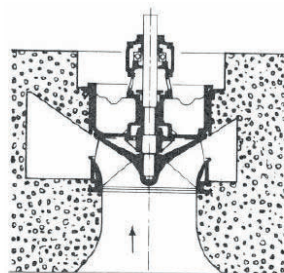
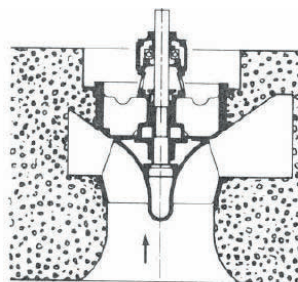
De mixed flow pompen combineren de hiervoor genoemde eigenschappen, waarbij het water echter weer in een slakkenhuis terecht komt met grote doorlaten. Hierdoor zijn er in de waterstroom geen obstakels meer.

Mixed Flow Flowserve (voorheen Stork Pompen)

Veel toegepast in boezem- en poldergemalen zijn de betonnen slakhuispompen. Dit marktsegment was vooral in handen van Stork Pompen (thans Flowserve) met de BSV en BCV.

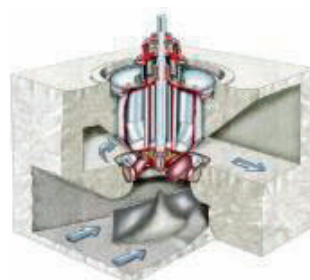
BSV staat voor: Betonnen slakhuispomp in verticale uitvoering met open waaier. Capaciteit van 7200-100.000 m³/h met een opvoerhoogte tot 20 m.

BCV staat voor: Betonnen slakhuispomp in verticale uitvoering met gesloten waaier. Capaciteit van 5000-100.000 m³/h tot een opvoerhoogte van 25 m.



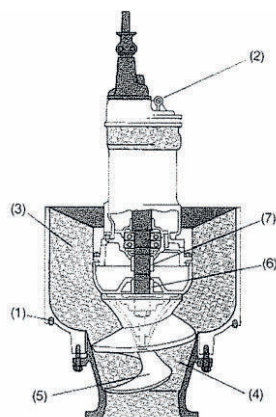
Mixed Flow Bosman Watermanagement

De Beveron-pomp is een nieuwe betonnen slakhuispomp ontwikkeld door Bosman Watermanagement in samenwerking met een KSB. Het is een concurrerende variant op de BSV van Flowserve (voorheen Stork). De naam Beveron staat voor Betonnen Verticale Ondergedompelde pomp. De capaciteit ligt tussen de 14.400 -108.000 m³/h.

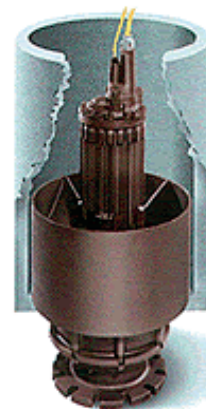


Mixed Flow Hidrostaal

Hidrostaal heeft vele pomptypen, waarbij in de oppervlaktewereld de A-typen veelvuldig worden ingezet vanwege de speciale waaivorm in de capaciteitsrange van 2-120 m³/min in opvoerhoogtes van 1 tot ca. 10 meter. Het betreft hier een schroefcentrifugaal waaier.



1. Afdichtingsring
2. Huissoog
3. Open pomphuis (gietijzer)
4. Zuigconus
5. Speciale schroefcentrifugaal-waaier met groot vuildoorlatend vermogen en ongevoelig voor vezelslierten, vis en andere vaste bestanddelen



HIDROSTALPOMP IN GEMAAL C

**SCHROEF- OF PROPELLERPOMPEN (AXIAAL FLOW)***Algemeen*

Axiale, propeller of schroefpompen kenmerken zich door de axiale doorstroming van de vloeistof. De waaier is hierbij voorzien van een klein aantal (3 tot 6) vaste of verstelbare schoepen. Deze schoepen hebben de vorm van een draagvleugel. In de schoepkanalen van het leiwiël wordt de vloeistofstroom gericht en weer recht gemaakt en wordt de snelheidsenergie voor een deel omgezet in druk. Dit zijn pompen met lage opvoerdrukken en ze worden in de regel gemaakt voor de grotere volumestromen.

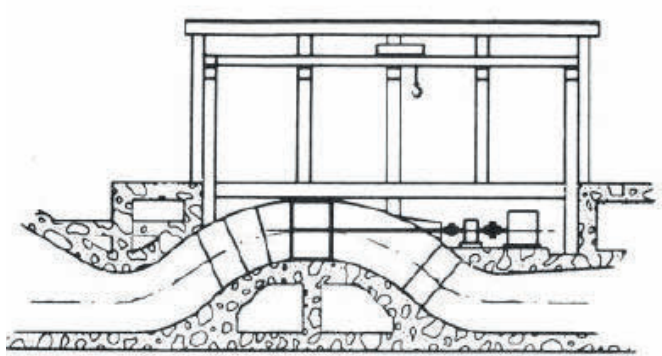
Schroefpompen laten zich onderverdelen in twee uitvoeringsvormen:

- Open schroefpomp
- Gesloten schroefpomp

Vaak worden deze pompen in verticale uitvoering toegepast. Echter ook hier zijn weer uitzonderingen op.

In geval dat de elektromotor en eventueel tandwielkast boven het water is gemonteerd is er sprake van een dompelpomp. Indien de pomp, eventueel tandwielkast en elektromotor onder water wordt geplaatst is er sprake van een onderwaterpomp. Vroeger werden de pompen ook als droogopgestelde pompen gepositioneerd, de zogenaamde katterugpomp.

KATTERUGPOMP



Op deze wijze worden thans geen gemalen meer gebouwd.

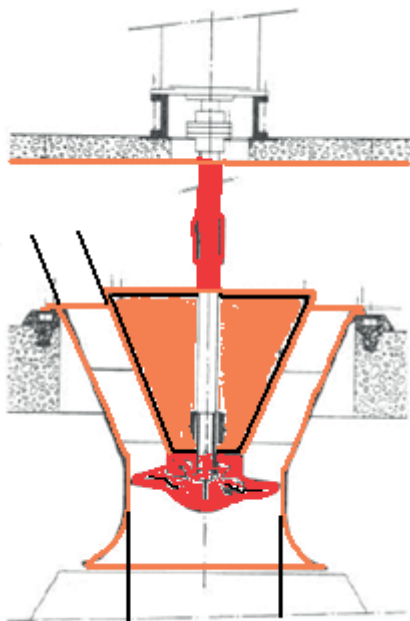
In verticale uitvoering kennen we:

- Open schroefpompen
- Gesloten schroefpompen, uitvoering in staal of gietijzer
- Gesloten Speciale uitvoering in betonnen slakhuis
- Open schroefpomp in horizontale uitvoering

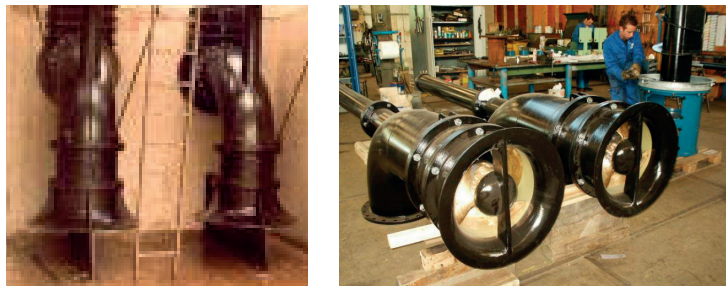
Open schroefpompen

Open schroefpompen zijn leverbaar door diverse leveranciers: Landustrie, Flowserve, Bosman Watermanagement, VOPO Pompen- en Machinefabriek.

VOORBEELD VAN EEN OPEN SCHROEFPOMP, TYPE VOP (FLOWSERVE)



VOORBEELDEN VAN EEN GESLOTEN SCHROEFPOMP

*Gesloten schroefpompen in stalen uitvoering.*

Hier is een scala van pompenleveranciers voor:

Flowserve, (VOP), VOPO Pompen- en machinefabriek (ZG), Bosman Watermanagement (GS), Landustrie (G), Köster (VP), KSB (PNW)

De pomptypes zijn leverbaar in diverse capaciteiten en opvoerhoogtes afhankelijk van fabricaat.

Het betrouwbare pompconcept is uiterst eenvoudig inpasbaar en kenmerkt zich door gering onderhoud.

BVOP-pomp

De BVOP is een zeer compacte bouwvorm van een gesloten schroefpomp, waarin geen leischopenkrans voorkomt, maar een spiraalgeleiding in een ruim betonnen slakkenhuis.

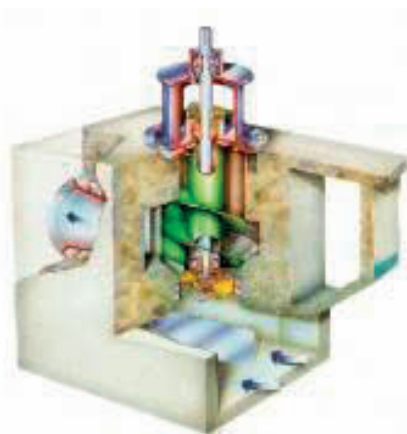
Hierdoor is een relatief laag vuilgevoelige pomp gecreëerd met een in de betonbouw geïntegreerde spiraalbocht en zuigconus, waardoor zich een minimum aan metalen delen in het te verpompen medium bevindt.

De spiraalvorm met conus zorgt voor een haakse omzetting van de vloeistofstroom met lage weerstandsverliezen.

In principe worden de meeste van dit pomptype geleverd door Bosman Watermanagement. Het pomptype is oorspronkelijk ontwikkeld door Stork Pompen. Door de samenwerking van Stork en Bosman (Stork-Bosman) heeft uiteindelijk Bosman deze pomp in grote aantallen op de Nederlandse markt gebracht.

Ook Flowserve (voorheen Stork Pompen) voert dit type pomp nog.

Capaciteit van 12 - 360 m³/min.

Principe*Motor**Schroef*

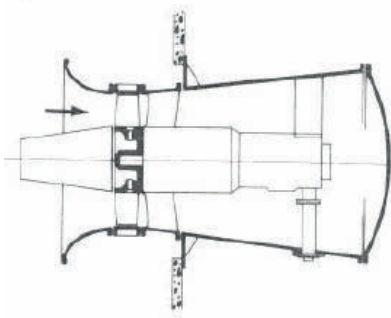
BVOP POMP IN GEMAAL SEGERS



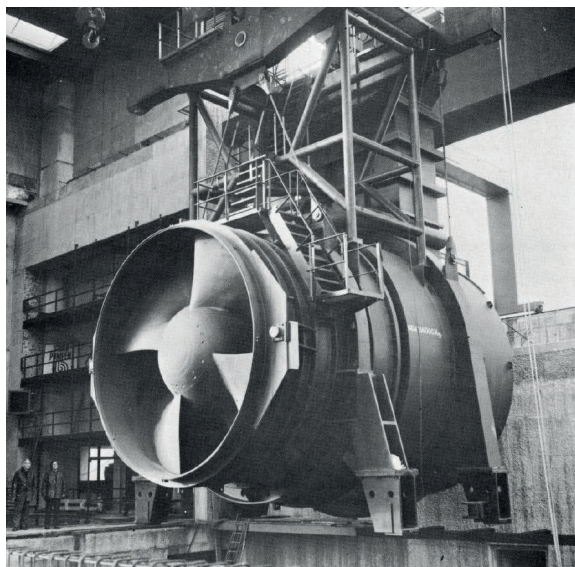
Horizontale schroefpomp

Deze vorm van schroefpompen komen ook voor. Een wijd bekend voorbeeld zijn de pompen in gemaal IJmuiden. Hier staan vier pompen van Flowserve (voorheen Stork Pompen) en twee pompen van Nijhuis. De capaciteit is enorm, 40- 50 m³/s, echter de opvoerhoogte is beperkt tot circa 1,5 m.

De diameter van de waaier is 4 m en het toerental is ca. 60 – 50 omw/min.



Voorbeeld van horizontale onderwaterpomp OP (Flowserve)



BIJLAGE 3

BESTAAND ONDERZOEK VISVRIENDELIJKHEID GEMALEN

CENTRIFUGAALPOMPEN

De stroomafwaartse migratie van vis is bij het gemaal in Katwijk onderzocht (Kruitwagen & Klinge, 2007). In 5 dagen passeerde 28.1 kg aal het gemaal richting zee en maakte hiermee 7% uit van het totale aantal gevangen vissen. Alle alen (lengteklasse 45-85 cm was het meest vertegenwoordigd) en rivierprikken passeerden het gemaal onbeschadigd en er bleek geen uitgestelde sterfte op te treden. Wel werd waargenomen dat vis enige tijd versuft was, maar na enige tijd weer bijkwamen en in staat waren om verder te zwemmen. Een verschijnsel dat samenhangt met sterke turbulentie en desoriëntatie als gevolg daarvan.

Opmerking: Om de pompcapaciteit van gemaal Katwijk te vergroten wordt momenteel gewerkt aan de renovatie. Daarbij zal een vierde pomp naast het bestaande gemaal worden geplaatst. Daarnaast zullen de huidige waaierpompen die bij de bouw van het gemaal in 1953 zijn geplaatst, worden vervangen door pompen met een ander type waaier (mixed flow pompen). Het toerental van de pompen zal daarbij omhoog gaan.

Onderzoek naar visschade door het gemaal Elektriëk Zuid (Vlaanderen) is uitgevoerd met gedwongen blootstelling (Germonpré *et al.*, 1994). Van de in totaal 287 uitgezette vissen, bestaande uit baars, blankvoorn en brasem, werden er 189 teruggevangen. Van de 330 uitgezette alen werden er 287 teruggevangen. Sterfte is er alleen bij blankvoorn (12,4% van totaal aantal blankvoorn) en brasem (16% van totaal aantal brasem) waargenomen. Van de teruggevangen brasem vertoont 68% schade (waarvan 12% dood is). Bij blankvoorn is dit 49,7% (waarvan 8,7% dood is) en bij baars is dat 33%. Aal vertoonde 1,4% schade. De schade bestond uit decaptaties, insnijding en schaafwonden (aanraking bewegende delen), kneuzingen en bloeditstoringen (cavitatie), vinschade en ooguitval (drukverandering). Ook is inwendige schade vastgesteld, omdat sommige vissen geen uitwendige schade vertoonden maar wel dood waren. Vermoedelijk hangt dit samen met grote snelheids- en drukfluctuaties.

Bij gemaal Gouda is door Witteveen+Bos (2008) de visschade onderzocht van de meest oostelijke pomp op 29 oktober, 5, 6 en 13 november en op 20 december 2008. In totaal zijn 23 vissen gevangen (4 soorten). Bij geen van de gevangen vissen is schade waargenomen. Op een tweetal dagen zijn aanvullend vissen gedwongen blootgesteld aan de pomp. Ook in deze experimenten is geen schade vastgesteld.

SCHROEFCENTRIFUGAALPOMPEN

MIXED FLOW FLOWSERVE (VOORHEEN STORK POMPEN)

Er zijn voor zover bekend geen onderzoeken uitgevoerd naar de visvriendelijkheid van dit pomptype.

MIXED FLOW BOSMAN WATERMANAGEMENT

Er zijn een tweetal onderzoeken uitgevoerd naar de visvriendelijkheid van mixed flow pompen. In beide gevallen ging het om de BEVERON mixed flow pomp van Bosman Watermanagement.

In het najaar van 2007 is onderzoek verricht in opdracht van de s'-Gravenhaagse Hengelsport Vereniging (GHV) naar de schade bij de schroefcentrifugaalpompen door gemaal Schoute (Kruitwagen & Klinge, 2008). Gemaal Schoute is voorzien van een BEVERON pomp. Alle aal

wist het gemaal ongeschonden te passeren. Bij de overige vissoorten is 14% sterfte geconstateerd. Er is geen melding gedaan van eventueel waargenomen schade.

In 2007 en 2008 is van het gemaal te Lynden onderzocht door beroepsvisser G. Manshanden in opdracht van Stichting Reinwater. Het gemaal is in 2005 gerealiseerd en bestaat uit een kleinere axiale pomp (BVOP pomp), met een capaciteit van 225 m³ per minuut en twee grotere schroefcentrifugaalpomp pompen (Beveron pompen –halfaxiale pomp), elk met een capaciteit van 525 m³ per minuut. In totaal waren er 4 bemonsteringsdagen bij de BEVERON pomp en 2 bemonsteringen bij de 2 BVOP pomp. In totaal zijn 163 vissen gevangen achter de Beveron pomp. Van alle gepasseerde aal (4 stuks) werd de helft gedood. Van de overige vissen bleek de sterfte 29% ($n_{\text{totaal}} = 163$) (Manshanden, 2008; gegevens beschikbaar gesteld door Stichting Reinwater). Achter de BVOP pomp zijn 34 vissen gevangen. De 2 gevangen alen waren beide dood. Van de overige vissoorten was er 88% sterfte geconstateerd. Er is bij de verwerking van de gegevens alleen onderscheid gedaan in levend en dode vis, er is geen melding gemaakt van schade.

FIGUUR B3-1

WAARGENOMEN SCHADE BIJ GEMAAL LYNDEN (FOTO'S G. MANSHANDEN)



MIXED FLOW HIDROSTAL

In Nederland zijn geen onderzoeken uitgevoerd naar de visvriendelijkheid van hidrostalpompen. In het buitenland zijn er wel diverse onderzoeken uitgevoerd naar het wel of niet optreden van schade bij hidrostalpompen. Een beschrijving van de resultaten is opgenomen in het volgende hoofdstuk (visvriendelijke varianten). Het is onduidelijk of hier gekozen is voor hetzelfde pomptype.

SCHROEFPOMPEN

OPEN SCHROEFPOMP

Door Germonpré *et al.* (1994) is de schade bepaald die wordt veroorzaakt door een schroefpompgemaal in de Stenensluisvaart (Vlaanderen). Als methode werd gedwongen blootstelling toegepast, van vis die met fuiken zijn gevangen. In totaal zijn 24 vissen gevangen (4 alen, 19 blankvoorns en 1 kroeskarper). Alle teruggevangen vis vertoonde schade, voornamelijk decaptaties. Deze schade hangt samen met het in aanraking komen van bewegende delen. Het aantal vissen is echter te weinig om hierover verantwoorde uitspraken te doen.

Een studie van Riemersma & Wintermans (2005) liet zien dat van de schubvis er nageenog geen enkel exemplaar de gang door het gemaal Den Deel overleeft. Grotere schubvis

> 15 cm is nagenoeg geheel of gedeeltelijk ontschubt. Bij aal was er sprake van 8% directe sterfte. De overige aal vertoonde 30% schade (sterk versuft en inwendige bloedingen). De alen waren na 1-1,5 week weliswaar minder versuft, maar verschijnselen van inwendige bloedingen en kneuzingen waren toegenomen. Bij een hoger toerental was de waargenomen schade versterkt. De naastgelegen scheepvaartsluis was niet geschikt om onder vrij verval vis naar het lagere pand te brengen.

GESLOTEN SCHROEFPOMPEN IN STALEN UITVOERING

Voor zover bekend zijn geen onderzoeken uitgevoerd naar visvriendelijkheid van dit type.

BVOP-POMP

Lange & Merckx (2005) onderzochten de schade toegebracht door een schroefpompgemaal (BVOP-pomp) de Haandrik. De resultaten van dit onderzoek lieten zien dat 13% schade werd toebracht aan passerende vissen. Hierbij ging het om vissen met een lengte kleiner dan 14 cm, vooral baars en pos. De vissen waren veelal doormidden gekliefd (1/10 van de schade letaal), waaruit blijkt dat kans op aanraking met bewegende delen een grote rol speelt bij het veroorzaken van schade.

Gemaal Lynden beschikt over 1 BVOP pomp. Deze is onderzocht op visvriendelijkheid, tezamen met de 2 BEVERON pompen die zich in dit gemaal bevinden. Een beschrijving van de resultaten is vermeld bij de bespreking van de BEVERON pomp.

HORIZONTALE SCHROEFPOMP

Uit een onderzoek naar sterfte van schieraal door schroefpompgemaal IJmuiden bleek 71% van de gevangen aal (25 stuks) beschadigd en gedood (Kruitwagen & Klinge, 2008). Van 52% van de beschadigde alen zijn slechts fragmenten teruggevangen. Alle beschadigde of dode alen leken zijwaarts te zijn geraakt, wat te zien was als indeuking of kneuzing in de vorm van een band met een breedte van enkele centimeters. Ook de fragmenten van alen vertoonden een inkeping, met aan beide uiteinden delen van huid. Opmerkelijk is dat de overige vis geen schade vertoont. Rotatiesnelheid (i.v.m. turbulentie en tegengestelde stroming) en afstand van de schoepen (30 cm) lijkt in dit verband gunstig. Kruitwagen & Klinge (2008) veronderstellen op grond van de aard van de schade daarom dat de beschadigde aal zich langs de wanden oriënteren tijdens de inzuiging en vervolgens beknellen tussen buitenrand en schoepen. Indicaties van schade als gevolg van drukverschil. Er zijn geen gegevens bekend omtrent de opvoerhoogte. Deze is afhankelijk van getij en heeft mogelijk een relatie met de rotatiesnelheid van de schoepen. Ook deze is onbekend.

In 2005 en 2006 is een studie verricht naar passerende aal en schubvis in het schroefpompgemaal Stroink (Kroes *et al.*, 2006). De bemonstering in het najaar van 2005 is uitgevoerd door ca. 500 kg vis ongesorteerde schubvis (voornamelijk brasem en blankvoorn) en 49 kg aal uit te zetten voor het gemaal (gedwongen blootstelling). Van alle teruggevangen vissen vertoonde 80% geen zichtbare schade. Bij 20% van de vissen werd enige vorm van schade geconstateerd. Kneuzingen en inwendige fracturen deden zich voor bij aal en blankvoorn. Snijwonden/decaptatie werd waargenomen bij een zestal soorten, vinbeschadigingen bij 3 soorten en oppervlakkige schade bij 3 soorten. De bemonstering van de natuurlijke trek door het gemaal is in het daaropvolgende jaar uitgevoerd in 2 sessies (overdag en 's avonds). In totaal zijn 8 vissoorten gevangen. Het totale aantal vissen bedroeg 488 exemplaren. Met uitzondering van aal, ging het om relatief kleine exemplaren (< 15 cm), waarvan baars en pos de meest gevangen vissoorten waren. Van alle gevangen vissen is er bij geen enkele vis visuele schade geconstateerd.

VIJZELS

Bij de bemaling van kleinere polders wordt in Nederland veel gebruik gemaakt van vijzel-gemalen. Uit een onderzoek naar mortaliteit onder vis in vijzelgemalen in Vlaanderen werd visschade gemeten doordat vissen geraakt werden door de onderste winding van de vijzel en/of ernstig beschadigd raakten doordat ze bekneld kwamen tussen de vijzel en vijzelgoot (Denayer & Belpaire, 1992). Denayer & Belpaire (1992) vonden bij aal 100% overleving. Ca. 37% vertoonde beschadigingen, waarvan 1/3^e lichte huidbeschadigingen en 2/3^e ernstig letsel zoals snijwonden en fractures van de wervelkolom. Laatstgenoemde schade hangt mogelijk samen met een knelling tussen de gootwand en de spiraalbladen van de vijzel. Genoemde beschadigingen kunnen een blijvend letsel opleveren en op langere termijn letaal zijn. Van de uitgezette schubvis (karperachtigen van 6 tot 15 centimeter) werd 80% overleving waargenomen. Een deel van de schubvis (14%) was dood zonder zichtbare schade, vermoedelijk een gevolg van turbulentie in de vijzelgoot. Ca. 6% van de dode schubvis vertoonde verwondingen zoals snijwonden, vermoedelijk door aanraking met bewegende delen.

Door Lange & Merckx (2005) is de schade bij een vijzelgemaal onderzocht. De resultaten van dit onderzoek lieten zien dat het vijzelgemaal in totaal 14% schade toebracht aan passerende vissen. Het ging hierbij om vissen met een lengte kleiner dan 14 cm. De beschadigde vissen vertoonden lichte snij- en schaafwonden (<1/100 van de schade letaal).

Germonpré *et al* (1994) hebben de schade onderzocht op basis van gedwongen blootstelling bij een vijzel in de Karelsmolen (Vlaanderen). Van de 830 gevangen vissen (baars, brasem, blankvoorn en karper) zijn er 517 terug gevangen. Van de 150 alen werden er 53 terug gevangen. Sterfte en schade zijn sterk soortgerelateerd. Van de teruggevangen blankvoorn was 43,9% dood. Aal had een mortaliteit van 3,5%. Van baars en brasem was respectievelijk 11,3% en 14,3% dood. De dode aal en baars hadden allen uitwendige beschadiging. Bij blankvoorn vertoonde 26% uitwendige schade. Het merendeel van de dode blankvoorn had geen uitwendige schade. Dit duidt mogelijk op inwendige schade die verband houdt met turbulentie in de vijzel. Van de dode brasem was 66,5% uitwendig beschadigd. Aal had weliswaar het minste aandeel dode vissen, maar vertoonde – na brasem – het grootste schadepercentage. De waargenomen schade bestond uit ooguitval (blankvoorn, baars), beschadigde of afgerukte kieuwdek-sels (baars, blankvoorn, brasem), oppervlakkige schaafwonden en snijwonden (brasem, blankvoorn), bloeditstortingen, kneuzing en decaptatie (aal, blankvoorn), vinrafels en gebroken wervelkolom (blankvoorn). De uitwendige schade lijkt verband te houden met schuren tegen de buitenwand of contact met de (scherpe) vijzelrand.

Op 30 oktober, 8, 12, 28 en 29 november zijn bemonsteringen uitgevoerd bij gemaal Halfweg. In de vangtuigen achter de gemaal zijn in totaal 150 vissen gevangen. Er werd een beschadigde bot met een lengte van 12 centimeter aangetroffen. Deze bot vertoonde grote schuurplekken waardoor het vermoeden bestaat dat deze vis tussen de vijzel en de buitenwand terecht is gekomen. Omdat het natuurlijke aanbod bij de gemalen Gouda en Halfweg lager was dan verwacht en het bestand hoofdzakelijk uit kleine vis bestond is besloten om voor deze gemalen vissen met een bekende lengte uit te zetten. Doordat de lengte van deze vissen bekend – en groter – was kon onderscheid gemaakt worden tussen de uitgezette vissen en het natuurlijke aanbod. Uit de resultaten van gedwongen blootstelling blijkt dat één van de 91 vissen is beschadigd (iets meer dan 1 %).

SCHEPRAD

Op 1 en 8 november en 3 en 4 december 2007 is door Kruitwagen & Klinge (2008) visschade onderzocht op basis van natuurlijke doortrek bij 1 uitstroomopening van gemaal Spaarndam. Er zijn in totaal 25 vissen gevangen, waaronder 5 vissoorten. Bij geen van de gevangen vis is schade waargenomen. Bij gemaal Spaarndam is een groter aantal vissen gevangen aan de boezemzijde (fuikvangsten voor het gemaal) in relatie tot het deel dag het gemaal heeft gepasseerd (Kruitwagen & Klinge, 2008). Dit kan mogelijk duiden op een barrièrewerking van het gemaal uitgaat, o.a. als gevolg van geluid, trillingen, kroosrek.

OVERZICHT

TABEL B3-2

TOTAALOVERZICHT ONDERZOEKEN VISSCHADE GEMALEN

Type	gemaal/opvoerwerk	Type/fabrikant	Naam	Debiet (m³/min)	Toerental (r/min)	Opvoerhoogte (m)	Aantal soorten	Totaal gevangen		Aal		Overige vissoorten		Literatuur
								schade%	sterfte%	schade%	sterfte%	schade%	sterfte%	
								aal	aal	aal	aal	overige	overige	
Vijzelgemaal			Gemaal Halfweg (natuurlijk)	660	22	0,3	8 (m.n. baars, blankvoorn, brasem, aal)	150	0	0	0	1	0	Kruitwagen & Klinge, 2008
Vijzelgemaal			Gemaal Halfweg (getwongen)	660	22	0,3	2 (brasem en snoek)	91	0	0	0	1	0	Kruitwagen & Klinge, 2008
Vijzelgemaal			De Seine, Vlaanderen	35	37	3,6	2 (aal en blankvoorn)	230	37	0	0	25	20	Denayer & Belpaire, 1992
Vijzelgemaal			Gemaal Snelrewaard	100	30	2	14 (blankvoorn en brasem dominant)	1009				14	1	Lange & Merckx, 2005
Vijzelgemaal			Gemaal Sint-Karlsnolen	30	39	2,9	5 (kaper, baars, brasem, blankvoorn en aal)	517	10	4	0	20	44	Germontpre <i>et al.</i> , 1994
Schepradgemaal			Gemaal Spaarndam	1920	6	0,3	5 (alver, baars, blankvoorn, brasem, aal)	25	0	0	0	0	0	Kruitwagen & Klinge, 2008
Schroef- of propellerpompen		BEVERON	Gemaal Lijnden	525	200	5,4	6 (aal, baars, brasem, blankvoorn, snoekbaars, pos.)	163				50	29	Mansharden, 2008
Schroef- of propellerpompen		BVOP	Gemaal Lijnden	255	360	5,4	4 (aal, blankvoorn, brasem, snoekbaars)	34				100	88	Kruitwagen & Klinge, 2008
Schroef- of propellerpompen		BEVERON	Gemaal Schoute	505	143	2,4**)	2 (..... (aal)	?	0	0	0	14	0	Kruitwagen & Klinge, 2008
Schroef- of propellerpompen		BEVERON	Gemaal de Haanwijk	20	837	2,37	8 (baars en pos dominant)	430				13	1	Lange & Merckx, 2005
Schroef- of propellerpompen		Horizontale schroefpomp	Gemaal A.F. Stronk	2500	80	0,6	10 (blankvoorn en brasem dominant)	495	30	0	0	19	4	Kroes <i>et al.</i> , 2005
Schroef- of propellerpompen		Open schroefpomp	Gemaal Stenenslusvaart	60	500	2,7	3 (aal, blankvoorn en kroeskarper)	24	100	100	100	100	100	Germontpre <i>et al.</i> , 1995
Schroef- of propellerpompen		Open schroefpomp	Gemaal Meerweg	37,5	735	1,15	?	?	100	100	100	100	100	Kruitwagen <i>et al.</i> , 2007
Schroef- of propellerpompen		Horizontale schroefpomp	Gemaal Unuiden	15000	64	0,7**)	12 (riverprik, aal, zoet en zuutwatervissen)	675	71	52	0	0	0	Kruitwagen, 2007
Schroef- of propellerpompen		Open schroefpomp	Gemaal Den Deel	200	165	0,6	10 (blankvoorn en aal dominant)	227	30	8	100	100	100	Rienersma & Wintemans, 2005
Centrifugaalpompen			Gemaal Kavijk	1060	59	1,7 ***)	10 (brasem en aal dominant)	635	0	0	0	1	1	Kruitwagen & Klinge, 2007
Centrifugaalpompen			Gemaal Gouda (natuurlijk)	690	70	1,7 ***)	4 (baars, blankvoorn, brasem, aal)	23	0	0	0	0	0	Kruitwagen & Klinge, 2008
Centrifugaalpompen			Gemaal Gouda (getwongen)	690	70	1,7 ***)	5 (baars, brasem, blankvoorn, snoekbaars, aal)	129	0	0	0	0	0	Kruitwagen & Klinge, 2008
Centrifugaalpompen			Gemaal Verbold	157	78,5	2,8						59	10	Arcadis, 2007
Centrifugaalpompen			Gemaal Elekriek-Zuid	60	49	5	4 (blankvoorn, brasem, baars en aal)	189	1	0	0	68	16	Germontpre <i>et al.</i> , 1996

*) Opvoerhoogte is variabel, -1,0 m (negatieve opvoerhoogte) en +3,80 m (positieve opvoerhoogte). Er is uitgegaan van een gemiddelde.
**) Opvoerhoogte is variabel, van 0,12 m tot 2,3 m. Er is uitgegaan van een gemiddelde van 0,7 m (database).
***) Opvoerhoogte is variabel, van -0,10 m tot 4,2 m. Er is uitgegaan van een gemiddelde van 1,7 m

TABEL B3-3

TOTAALOVERZICHT ONDERZOEKEN VISVRIENDELIJKE SYSTEMEN

Naam	Type/fabrikant	Naam	Debiet (m3/min)	Toerental (r/min)	Opvoerhoogte (m)	Aantal soorten	Totaal gewonnen	Aal	Overige vissoorten		Literatuur
								Schade%	Sterfte%	Sterfte%	
Vijzel	De Wit vijzel (natuurlijke trek)	Gemaal Halfweg	660	22	0,3	7 (baars, blankvoorn, brasem, ruisvoorn, snoekbaars)	188	0	0	1	Kruitwagen & Klinge, 2008
Vijzel	De Wit vijzel (gedwongen blootstell)	Gemaal Halfweg	id	id	0,3	2 (brasem, snoek)	67	-	-	0	Kruitwagen & Klinge, 2008
Turbinevijzel	De Wit vijzel (gedwongen blootstell)	Hooydonkse Molens				13 (brasem, kaper, blankvoorn, zeelt, dd stekelbaars)	289	-	0	0	Mertx & Vriese, 2007
Turbinevijzel	Ritz Altro; lengte (11 m; diameter 2; Vijzel Devon			28-30	4,5	2 (bruine forel en egerboogforel)	1000	-	-	<1,4	FISHTEK Consulting, 2007
Turbinevijzel	Ritz Altro	Vijzel Bellefeld				9 (kopvoorn, bruine forel, aal, baars, blankvoorn)	187	0	0	0	Spah, 2001
Vijzel	Lengte 11,58 m; 3,05 m diameter (Vijzel Red Bluff		2,3-2,8 m3/s	28,5		1 (Chirook zalm)	918-1806	-	-	<2	McNabb <i>et al.</i> , 2003
Vijzel	Lengte 11,58 m; 3,05 m diameter (Vijzel Red Bluff		2,3-2,8 m3/s	28,6		5 (zee-/inverprik, sucker, piketminnow)	1098-769	-	-	<3-4	McNabb <i>et al.</i> , 2003
Hidroslalpomp	Diameter 30,5 cm			430		1 (Am. eelt)				1,25	Taft, 1986
Hidroslalpomp	Diameter 12,7 cm			430		2 (Regenboogforel, Am. spiering)				0,8 / 0,9	Taft, 1986
Hidroslalpomp	Diameter 10,2 cm			430		1 (Amerikaanse eelt)				46,2 / 12,4 / 1 Taft, 1986	
Hidroslalpomp	Diameter 41 cm (gedwongen blootst Tracy Pumping Plant		0,17-0,40 (m3/s)	461-601		2 (spitlaal, chirook zalm)	6-21 per maand			4-7	Heffrich <i>et al.</i> , 2001
Hidroslalpomp	Diameter 41 cm (natuurlijke trek)	Tracy Pumping Plant	0,17-0,40 (m3/s)	461-602		26 (meerval, chirook zalm, spitlaal, Am. spiering, str)	7197	0	0	1	Heffrich <i>et al.</i> , 2002
Hidroslalpomp	Diameter 91 cm (natuurlijke trek)	Red Bluff	2,3-2,8 m3/s	350-375		1 (Chirook zalm)	613			<6	McNabb <i>et al.</i> , 2003
Hidroslalpomp	Diameter 91 cm (gedwongen blootst Red Bluff		2,3-2,8 m3/s	350-376		5 (zee-/inverprik, sucker, piketminnow)	966			<6	McNabb <i>et al.</i> , 2003
Hidroslalpomp	Model 16-F; Diameter 15 cm	Saunders generating Station	0,0106	880-1204	10	1 (Am. aal)	2300	<3	0		Patrick & McKinley, 1987

BIJLAGE 4

ONDERZOEKSVRAGEN

INLEIDING

Om het afwegingskader verder te kunnen invullen en tot een bruikbare beslisboom te kunnen komen mist nog de nodige informatie en kennis.

Voorafgaande hoofdstukken hebben een overzicht gegeven van de beschikbare kennis, de waarde van deze kennis en de hiaten in deze kennis. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de stand van zaken.

Feitelijk zijn er twee kennishiaten te onderscheiden:

- 1 Ontoereikende kennis van het functioneren van in Nederland operationele opvoerwerken.
- 2 Ontoereikende kennis van de invloedsfactoren op gedrag van vissen.

In de volgende paragrafen worden deze twee kennishiaten nader omschreven en wordt een voorstel gedaan hoe deze kennishiaten op te lossen.

Wanneer deze kennishiaten zijn opgevuld kan een definitief afwegingskader worden opgesteld met een definitieve prioritering van opvoerwerken naar visvriendelijkheid.

OPERATIONELE OPVOERWERKEN

Functioneren

Van de diverse typen opvoerwerken zijn de fysieke eigenschappen bekend, de *vaste* (wanden etc.) *bewegende* (schoepen etc.) obstakels zijn benoemd en mogelijk optredende schadebeelden kunnen worden herleid.

De dynamische obstakels zijn veelal nog onbekend, hierbij moet gedacht worden aan:

- drukverloop in het opvoerwerk;
- snelheidsprofielen in het opvoerwerk;
- krachtenwerking in het opvoerwerk.

Deze dynamische obstakels hebben naar verwachting een significante bijdrage in optredende schade profielen bij vissen. Aanvullend onderzoek moet meer inzicht geven in het functioneren van diverse typen opvoerwerken.

Database

In de database is inmiddels de nodige informatie vastgelegd over gemalen in Nederland. Van geen enkel gemaal is de informatie echter al compleet, belangrijkste reden hiervoor is dat door de korte doorlooptijd van het project de waterbeheerders niet alle accurate gegevens boven tafel gekregen hebben. De database die is opgezet bevat al een schat aan informatie, echter in kwantitatieve en kwalitatieve zin is aanvulling gewenst. Hoe meer gemalen in de database zijn opgenomen, des te groter de representatieve waarde wordt. Daarnaast is van de reeds ingevoerde gemalen nog niet alle informatie beschikbaar, met name draaiuren en toerental ontbreken van de meeste gemalen. Het compleet krijgen van de database is echter geen streven, louter het opbouwen van een representatieve dataset. Geadviseerd wordt om de database verder uit te breiden en aanvullend onderzoek te doen om zodoende de database aan te vullen en de representatieve waarde te verhogen. Met de verbeterde database kunnen betere analyses gemaakt worden van schadeprofielen, optredende schade en kan het afwegingskader beter worden onderbouwd.

SCHADEPROFIELEN

Mogelijke schade

Uit de literatuur blijkt dat:

- De grootste schadepercentages worden waargenomen bij schroefpompen. Van dit type is bij kleinere pompen (poldergebieden) het schaderisico groter dan bij grote pompen (boezemgemalen).
- Het schepradgemaal het meest visvriendelijk lijkt. Ook de vijzel is visvriendelijk te noemen, dit is zeker het geval bij grotere vijzelgemalen (boezemgemaal).
- Pompen met een grote waaierdiameter en laag toerental zullen naar verwachting de minste schade aanrichten.
- Bij grotere opvoerhoogten draait een pomp op een hoger toerental, hetgeen ten koste zal gaan van de visvriendelijkheid.
- In algemene zin kan worden gesteld dat het onduidelijk is in welke mate gemalen een barrière vormen vanwege een afschrikkend effect door geluid, trillingen, grof vuil rooster etc.

Bovengenoemde effecten van opvoerwerken op vis zijn deels gebaseerd op basis van analoge factoren die schade veroorzaken bij passage door waterkrachtcentrales. Op dit moment is onvoldoende kennis beschikbaar over daadwerkelijk optredende schade aan vissen door in Nederland operationele opvoerwerken.

Optredende schade

Het schadeprofiel bij vissen is meestal niet eenduidig. Veelal lijkt de veroorzaakte schade mechanisch, maar ook andere oorzaken kunnen hieraan ten grondslag liggen (o.a. druk en turbulentie). Meer inzicht in optredende schadeprofielen is gewenst, mede omdat dit inzicht kan geven in eventuele aanpassingen aan de pompuitvoering.

Uit de 14 onderzoeken naar schade bij passage door gemalen is tot dusver uitgegaan van een black box benadering. Getracht is een relatie te leggen met omgevingskenmerken en karakteristieken van de pompen/gemalen. Een volledig beeld is niet mogelijk gebleken, omdat benodigde gegevens bij waterbeheerders nog niet voor handen bleken binnen dit project.

TABEL 1 GLOBALE SCHADEPERCENTAGES VAN POMPTYPEN

Opvoerwerktuig (# onderzoeken)	Boezemgemalen		Poldergemalen	
	Aal	Overige vissoorten	Aal	Overige vissoorten
Schepradgemaal (1)	0%	0%	0%	0%
Vijzelgemaal (5)	0%	<1%	ca. 20%	ca. 20%
Centrifugaalpomp (5)	<1%	1%	<1%	ca. 50%
Schroefcentrifugaalpomp (2)	0%	<1%	ca. 20%	ca. 20%
Schroef- of propellerpomp (7)	ca. 50%	<10%	ca. 65%	ca. 80%

ALTERNATIEVE OPLOSSINGEN

Opvoerwerken

Duidelijk is dat in de praktijk reeds een aantal alternatieve opvoerwerken op de markt zijn die op basis van buitenlands onderzoek het predicaat visvriendelijk kunnen dragen. Niet alle alternatieven zijn in Nederland getest, waardoor niet eenduidig is vast te stellen of ze ook bij toepassing in de Nederlandse situatie dit predicaat verdienen.

Systeem benadering

In het buitenland is het nodige onderzoek gedaan naar alternatieven voor het voorkomen van vispassage door opvoerwerken. Bypasses, gedragsbarrières etc. zijn hierbij onderzocht. Ook hier geldt dat dit onderzoek een goed uitgangspunt vormt voor Nederlandse gemalen, maar dat onduidelijk blijft in welke mate deze alternatieven (of een combinatie daarvan) bijdragen aan een duurzame oplossing.

Van kennishiaten naar onderzoeksvragen

Bovengenoemde kennishiaten moeten worden opgelost, zodat een compleet beeld kan worden gecreëerd van de Nederlandse situatie aangaande visvriendelijkheid van gemalen. Op basis van de beschreven kennishiaten kunnen onderstaande conclusies worden getrokken:

- 1 Schadeprofiel van opvoerwerken
 - a. Uitbreiden informatie van in Nederland operationele opvoerwerken.
 - b. Nader onderzoek benodigd naar functioneren opvoerwerken.
 - c. Nader onderzoek benodigd naar schadeprofiel visvriendelijke opvoerwerken in het lab.
 - d. Nader onderzoek benodigd naar schadeprofiel visvriendelijke en visonvriendelijke gemalen/opvoerwerken in de praktijk.
- 2 Factoren die de passage van vis door opvoerwerken beïnvloeden
 - e. Nader onderzoek benodigd naar invloed van geluid op passage van vis door gemalen.
 - f. Nader onderzoek benodigd naar invloed van licht op passage van vis door gemalen.
 - g. Nader onderzoek benodigd naar invloed van grofvuil roosters op passage van vis door gemalen.

ONDERZOEKSVRAAG 1

Wat zijn de gedetailleerde kenmerken van de opvoerwerken in Nederland?

ONDERZOEKSVRAAG 2

In welke mate spelen drukverloop, turbulentie en/of schurende krachten per opvoerwerk een rol bij het optreden van schade?

ONDERZOEKSVRAAG 3

Wat is het schadeprofiel van naar verwachting relatief visvriendelijke opvoerwerken met gedwongen blootstelling in praktijkexperimenten op laboratumschaal?

ONDERZOEKSVRAAG 4

Wat is het schadeprofiel van relatief visvriendelijke gemalen in praktijk experimenten met deels natuurlijke en deels gedwongen blootstelling van vis?

ONDERZOEKSVRAAG 5

Wat is het schadeprofiel van naar verwachting relatief visonvriendelijke gemalen in praktijk experimenten met natuurlijke doortrek?

ONDERZOEKSVRAAG 6.1

Welke kant-en-klaar toepasbare geluidssystemen om vis te weren zijn er momenteel op de markt?

ONDERZOEKSVRAAG 6.2

Welke geluidsfrequenties spelen een rol bij goede of slechte passage van vis door gemalen/pompen?

ONDERZOEKSVRAAG 6.3

Wat zijn de effecten van toepassing van een nader te selecteren geluidssysteem bij gemalen op de passage van vis door deze gemalen?

ONDERZOEKSVRAAG 7.1

Welke kant-en-klaar toepasbare lichtsystemen om vis te weren zijn er momenteel op de markt?

ONDERZOEKSVRAAG 7.2

Wat zijn de effecten van toepassing van een nader te selecteren lichtstelsel bij gemalen op de passage van vis door deze gemalen?

ONDERZOEKSVRAAG 7.3

Wat zijn de mogelijkheden om geluid en licht te combineren bij de afschrikking van vis bij gemalen?

ONDERZOEKSVRAAG 8.1

Welke lengteklassen van de verschillende vissoorten kunnen fysiek worden tegengehouden met grofveulroosters met diverse gangbare spleetbreedtes?

ONDERZOEKSVRAAG 8.2

Welke stroomsnelheden treden theoretisch op in de nabijheid van grofveulroosters en in welke mate kunnen deze impingement veroorzaken bij voorkomende lengteklassen van relevante vissoorten?

ONDERZOEKSVRAAG 8.3

Welke stroomsnelheden treden in de praktijk op in de nabijheid van grofveul roosters van diverse afmetingen/spleetbreedtes, gerelateerd aan debieten en de lokale situatie.

ONDERZOEKSVRAAG 1*Kennishiaat:*

In samenwerking met de waterbeheerders en leveranciers moet de database verder worden aangevuld. Op dit moment staan er circa 3.800 van de geschatte 10.000 opvoerwerken in Nederland in de database.

Kwalitatief moet een belangrijke slag gemaakt worden, omdat nu nog veel data van opvoerwerken ontbreekt. Gegevens over capaciteit, opvoerhoogte, type pomp, fabricaat, draaiuren moeten in beginsel van elk opvoerwerk in Nederland beschikbaar zijn. Niet alle waterbeheerders beschikken zelf over een overzicht van deze data, waardoor aanvullend onderzoek benodigd is.

Deze informatie zal voor een groot deel dus uit het veld moeten worden verzameld door bezoeken aan gemalen.

Vraagstelling:

Wat zijn de gedetailleerde kenmerken van de opvoerwerken in Nederland?

Aanpak:

- Verificatie huidige database door terugkoppeling met waterbeheerders;
- Aanvullen huidige database door terugkoppeling met waterbeheerders;
- Aanvullen gegevens waterbeheerders door veldonderzoek.
- Finaliseren database

Resultaat:

- Een kwantitatief en kwalitatief representatieve database, waarmee de analyses uit dit rapport geactualiseerd kunnen worden. Hiermee kunnen grafische en analytische beschouwingen worden uitgevoerd.

Prioriteit:

Zeer hoog: zonder accurate database kan geen referentiekader worden gerealiseerd.

Geadviseerde aanvang: per omgaande.

Risico's:

- Beschikbaarheid van voldoende kwalitatief goede gegevens
- Medewerking van waterbeheerders

Afhankelijkheid:

Deze onderzoeksvraag staat in relatie met alle andere onderzoeksvragen, aangezien deze onderzoeksvraag de basiskennis verschaft van de huidige situatie in Nederland. Op basis van de geactualiseerde database kan nut en noodzaak van visvriendelijke alternatieven accuraat worden bepaald.

Doorlooptijd:

4-6 maanden

Globale kosten:

- verificatie huidige database	€ 10.000,-
- aanvullen huidige database o.b.v. beschikbare gegevens	€ 15.000,-
- aanvullen gegevens door veldonderzoek	€ 25.000,-
- actualiseren analyses	€ 10.000,-
	€ 60.000,-

ONDERZOEKSVRAAG 2*Kennishiaat:*

Van in Nederland toegepaste opvoerwerken is onvoldoende kennis beschikbaar over de optredende drukken in operationele opvoerwerken. Globaal is een beeld over het drukverloop beschikbaar, het is echter wenselijk om van elke op de markt beschikbaar opvoerwerk inzicht te hebben in het drukverloop. Belangrijkste aspecten hierbij zijn de minimale en maximale drukken en de duur en frequentie van deze drukken. Op deze wijze kan goed worden geschat in welke mate het opvoerwerk schade kan toebrengen aan vissen als gevolg van het drukverloop. Bij gelijkwaardigheid kan dan gekozen worden voor het opvoerwerk met het laagste schadeprofiel. Om het schadeprofiel van opvoerwerken, zoals dat in dit onderzoek is beschreven, te verifiëren wordt toepassing van computermodellen voorgesteld, teneinde echt schadelijke opvoerwerken uit te sluiten van het verdere onderzoek met gedwongen blootstelling van vis. Deze opvoerwerken zullen in het resultaat van het onderzoek een negatief advies krijgen. Het model (de modellen) behandelt (behandelen) de mechanische schade (en schade door druk, turbulentie of scharende krachten).

Vraagstelling:

In welke mate spelen drukverloop, turbulentie en/of scharende krachten per opvoerwerk een rol bij het optreden van schade?

Aanpak:

- Nadere inventarisatie en overleg met leveranciers;
- Vaststellen visonvriendelijke opvoerwerken waar gegevens van ontbreken
- Aanvullende computermodelberekeningen van geselecteerde opvoerwerken
- Analyseren resultaten.
- Rapporteren resultaten

Resultaat:

- Rangschikking van pomptypes naar mate van toebrengen van schade (mechanische en of schade door overige factoren);
- Relatie met opvoerhoogte en capaciteit
- Selectie van opvoerwerken voor nader onderzoek naar schadeprofielen

Prioriteit:

Hoog: het is essentieel onderzoek, om een compleet beeld te kunnen krijgen van schadeprofielen. Geadviseerde aanvang: per omgaande.

Risico's:

- Informatieverstrekking van leveranciers

Afhankelijkheid:

Deze onderzoeksvraag staat in relatie met de Onderzoeksvragen 1 t/m 5, aangezien deze onderzoeksvraag de basiskennis verschaft van het functioneren van opvoerwerken. Op basis van de resultaten kan een betere rangorde in visvriendelijkheid worden gerealiseerd.

Doorlooptijd:

4-6 maanden

Globale kosten:

• nadere inventarisatie + selectie te modelleren opvoerwerken	€ 10.000,-
• modelleren opvoerwerken	€ 30.000,-
• analyseren en verwerken resultaten	€ 10.000,-
	€ 50.000,-

ONDERZOEKSVRAAG 3*Kennishiaat:*

De effecten van pompen op vis zijn globaal in beeld gebracht, echter deze zijn deels gebaseerd op basis van analoge factoren die schade veroorzaken bij passage door waterkrachtcentrales. Op dit moment is onvoldoende kennis beschikbaar over daadwerkelijk optredende schade aan vissen door in Nederland operationele opvoerwerken.

Vraagstelling:

Wat is het schadeprofiel van naar verwachting relatief visvriendelijke opvoerwerken met gedwongen blootstelling in praktijkexperimenten op laboratumschaal?

Aanpak:

Uit onderzoeksvraag 2 komt naar voren welke opvoerwerken in welke mate schade veroorzaken aan vis (theoretisch). Voor opvoerwerken die de minste schade lijken te veroorzaken en die in een proefopstelling getest kunnen worden, worden laboratorium experimenten voorgesteld met gedwongen blootstelling van vis. Belangrijk bij de afweging van de te onderzoeken opvoerwerken is de beschikbaarheid van reeds bestaande proefopstellingen en/of beschikbare exemplaren.

Naar verwachting zullen een drietal typen relatief visvriendelijke kleinere pompen in het experiment worden betrokken. De pompen zullen in een proefopstelling worden aangebracht die het makkelijk maakt onder gecontroleerde omstandigheden herhaalde experimenten met gedwongen blootstelling te doen. Vooral nog wordt hierbij gedacht aan de faciliteiten zoals die bijvoorbeeld beschikbaar zijn bij de heer Manshanden. Hoewel de mogelijkheden voor de proefopstelling nog nader dienen te worden onderzocht, blijkt uit contacten dat waterloopkundige laboratoria niet direct genegen zijn hun faciliteiten beschikbaar te stellen als het gaat om mogelijk destructieve experimenten met levende vis, in verband met vervuiling etc.

Er zal gebruik worden gemaakt van een selectie van vissoorten en grootte klassen die worden aangetroffen in natuurlijke situaties. Ook moeten de gebruikte grootte klassen door de meest gangbare grof vuil roosters kunnen zwemmen.

Werkwijze:

Voorgesteld wordt om de volgende werkwijze te hanteren:

- Te gebruiken vis: rode aal, blankvoorn, brasem en baars:
 - rode aal van het pootaalstadium tot ca. 35 cm.
 - Voor de cypriniden en baars betreft het vis met een lengte van 5-25 cm.
- Per opvoerwerk wordt blootstelling van 900 vissen voorgesteld, evenredig verdeeld over de 4 soorten. De vis wordt groepsgewijs blootgesteld aan de pomp in nader te bepalen aantallen. Voorgesteld wordt om 6 groepen van 150 vissen per keer te gebruiken. Een en ander is afhankelijk van ratio water:vis, waarbij enigszins zal worden getracht tegemoet te komen aan wat in de praktijk wordt waargenomen.
- Waar mogelijk wordt gewerkt bij verschillende temperaturen in het najaar/winter en voorjaar/zomer.
- Na blootstelling wordt de vis onderzocht op schade en sterfte. Voor de mate van schade zal een kwalitatief systeem worden gehanteerd waarbij de categorieën het type en de ernst van de schade aanduiden. De overlevende vis wordt in opslag genomen gedurende 96 uur waarna eventuele uitgestelde mortaliteit zal worden vastgesteld.

Resultaat:

Inzicht in door het opvoerwerk veroorzaakte schade aan vier vissoorten met bovenbeschreven lengteklassen. Voor de geselecteerde opvoerwerken wordt aan de hand van de vastgestelde schade aan vis een schadeprofiel opgesteld. Hiermee is dan inzichtelijk gemaakt in hoeverre gekozen opvoerwerken een alternatief vormen voor meer visonvriendelijke systemen.

Prioriteit:

Hoog; het is essentieel onderzoek, om een compleet beeld te kunnen krijgen van schadeprofielen. Geadviseerde aanvang: na afronding onderzoeksvraag 2.

Risico's:

- Beschikbaarheid van opvoerwerken voor laboratoriumproeven (deze worden namelijk meestal custom-made geproduceerd en liggen niet op voorraad)
- Projectkosten (afhankelijk van beschikbaarheid opvoerwerken)
- Medewerking van leveranciers

Afhankelijkheid:

Deze onderzoeksvraag staat in relatie met de Onderzoeksvragen 1 t/m 5, aangezien deze onderzoeksvraag de basiskennis verschaft van het functioneren van opvoerwerken. Op basis van de resultaten kan een betere rangorde in visvriendelijkheid worden gerealiseerd.

Doorlooptijd:

4-6 maanden

Globale kosten:

• Laboratorium kosten	€ 10.000,-
• Maken opstelling 3 typen (uren en materialen)	p.m.
• Aanschaf vis (3 x 1.000,-)	€ 3.000,-
• Faciliteiten visopslag/aanvoer	€ 2.000,-
• Uitvoeren testen	€ 15.000,-
• Analyse	€ 5.000,-
• Rapportage	€ 5.000,-
	minimaal € 40.000,-

ONDERZOEKSVRAAG 4

Kennishiaat:

De effecten van opvoerwerken op vis zijn in globaal beeld gebracht, echter deze zijn deels gebaseerd op basis van analoge factoren die schade veroorzaken bij passage door waterkracht-centrales. Op dit moment is onvoldoende kennis beschikbaar over daadwerkelijk optredende schade aan vissen door in Nederland operationele opvoerwerken.

Vraagstelling:

Wat is het schadeprofiel van relatief visvriendelijke gemalen in praktijk experimenten met deels gedwongen en deels natuurlijke blootstelling?

Aanpak:

Uit Onderzoeksvraag 2 komt naar voren welke opvoerwerken in welke mate schade veroorzaken aan vis (theoretisch). Voor opvoerwerken die naar verwachting in geringe mate schade veroorzaken worden praktijkexperimenten voorgesteld met natuurlijke passage van vis, maar deels ook gedwongen blootstelling. Omdat naar verwachting de optredende schade aan vis gering zal zijn, wordt gekozen voor gedwongen blootstelling van vis op basis van geselecteerde groepen (gelijk aan Onderzoeksvraag 3). Experimenten vinden plaats in najaar/winter en voorjaar/zomer.

Vooralsnog wordt gedacht aan het onderzoeken van een grote hidrostalpompe (Terwijde), De Witvijzel (Vleuterweide), Buisvijzel, Centrifugaalpompe met grote capaciteit en lage opvoerhoogte (gering toerental)).

Locatie:

Op basis van de database zal in overleg worden getreden met waterbeheerders om definitieve locaties vast te stellen. Eisen die aan de locatie worden gesteld hebben betrekking op:

- representativiteit voor een aanzienlijk deel van de typen die in de database vertegenwoordigd zijn.
- aanwezigheid vis
- het gemak waarmee ter plaatse experimenten kunnen worden uitgevoerd (lay out, toegankelijkheid, mogelijkheid om fuikenconstructies te bevestigen etc.).
- locaties gelegen in het binnenland en langs de kust zijn gewenst om de effecten van passage op een breder soortenspectrum (ook diadrome soorten als stekelbaars, spiering, bot etc.) in beeld te kunnen brengen (waar het natuurlijke passage betreft).

Werkwijze:

Gebruik wordt gemaakt van fuikconstructies die achter het opvoerwerk worden bevestigd. Aandachtspunt hierbij is de opvang van vis. In het verleden is gebleken dat bij conventionele fuikconstructies de vis nogal wat (lichte) schade ondervindt doordat deze door het netwerk wordt beschadigd als gevolg van het herhaaldelijk daarmee in aanraking komen. Afhankelijk van de dimensies van het geheel kan worden gekozen voor fuik –buis constructie waarbij de vis in een schip of bun wordt opgevangen. Op een kleinere schaal is het opvangen van vis in een Noors leefnet mogelijk op enige afstand gelegen op een relatief stromingsluwe locatie. Voorgesteld wordt om 10 bemonsteringen in de najaar/winterperiode en 10 bemonsteringen in de voorjaar/zomerperiode. Bij de helft van de bemonsteringen zal additioneel op de natuurlijke passage vis gedwongen worden blootgesteld door deze via een opslagbekken en pijpconstructie naar het gemaal of de pompe te leiden. Hiervoor wordt vis gebruikt dit voorzien

is van een merk (vinknip), zodat deze kan worden onderscheiden van vis die op natuurlijke wijze passeert. Een en ander maakt het mogelijk te bezien of door gedwongen blootstelling van vis andere schadepercentages tot stand komen dan bij natuurlijke passage en kunnen mede de onderzoeksresultaten van Onderzoeksvraag 3 beter worden geïnterpreteerd.

Om een relatie te kunnen leggen met de actuele visstand zal eenmalig een visstandonderzoek (actieve bemonstering en/of fuiken) worden uitgevoerd.

Resultaat:

Inzicht in door een viertal visvriendelijke opvoerwerken en gemalen veroorzaakte schade aan ter plaatse voorkomende vissoorten en specifieke groepen vis (gedwongen blootstelling). Voor de 4 opvoerwerken wordt aan de hand van de vastgestelde schade aan vis een schadeprofiel opgesteld. Hiermee is dan inzichtelijk gemaakt in hoeverre gekozen opvoerwerken een alternatief vormen voor meer visonvriendelijke systemen. Bij de experimenten wordt tevens inzicht verkregen in welke mate schadepercentages bij gedwongen blootstelling aan vis afwijken van vis die op natuurlijke wijze passeert.

Prioriteit:

Hoog: het is essentieel onderzoek, om een compleet beeld te kunnen krijgen van schadeprofielen. Geadviseerde aanvang: na afronding Onderzoeksvraag 2.

Risico's:

- Medewerking van waterbeheerders
- Aanwezigheid van vis

Afhankelijkheid:

Deze onderzoeksvraag staat in relatie met de Onderzoeksvragen 1 t/m 5, aangezien deze onderzoeksvraag de basiskennis verschaft van het functioneren van opvoerwerken. Op basis van de resultaten kan een betere rangorde in visvriendelijkheid worden gerealiseerd.

Doorlooptijd:

10 maanden

2008

September: Voorbereidende werkzaamheden

Oktober-November: Uitvoering veldwerk

2009

Januari-Februari: Tussentijdse rapportage

April-Mei: Uitvoering veldwerk

Juni-Juli: Concept- en Eindrapport

Globale kosten:

• Aanschaf/maken netten	€ 20.000,-
• Faciliteiten visopslag/aanvoer	€ 2.000,-
• Veldwerk (4x10 in voorjaar / 4x10 in najaar)	€ 100.000,-
• Aanvullende visstandbemonstering	€ 5.000,-
• Analyse	€ 10.000,-
• Rapportage	€ 10.000,-
	€ 147.000,-

ONDERZOEKSVRAAG 5

Kennishiaat:

De effecten van opvoerwerken op vis zijn in globaal beeld gebracht, echter deze zijn deels gebaseerd op basis van analoge factoren die schade veroorzaken bij passage door waterkracht-centrales. Op dit moment is onvoldoende kennis beschikbaar over daadwerkelijk optredende schade aan vissen door in Nederland operationele opvoerwerken.

Vraagstelling:

Wat is het schadeprofiel van naar verwachting relatief visonvriendelijke opvoerwerken in praktijk experimenten met natuurlijke doortrek?

Aanpak:

Om de omvang en de urgentie van het probleem duidelijk te maken zullen in overleg met de waterbeheerders een tweetal visonvriendelijk opvoerwerken worden geselecteerd waarbij gekeken wordt naar de natuurlijke passage van vis in de najaar/winterperiode en in de voorjaar/zomer periode. In belangrijke mate zal de nadruk liggen op de passage van schieraal in het najaar, mede in verband met de Europese aalverordening. Op basis van de waarnemingen en resultaten zal getracht worden, samen met eerder verkregen resultaten, een landsdek-kende schatting te maken van de schade aan vis die zo tot stand komt. Voor het Nationale Aalbeheerplan is het van groot belang dat een beter zicht ontstaat op de omvang van de schieraalsterfte.

Locatie:

Op basis van de database zal in overleg worden getreden met waterbeheerders om twee definitieve locaties vast te stellen. Eisen die aan de locatie worden gesteld hebben betrekking op:

- grote schade, specifiek aan aal, mag worden verwacht
- zijn representatief voor een aanzienlijk deel van de typen die in de database vertegenwoordigd zijn.

Werkwijze:

Gebruik wordt gemaakt van fuikconstructies die achter het opvoerwerk worden bevestigd. Aandachtspunt hierbij is de opvang van vis. In het verleden is gebleken dat bij conventionele fuikconstructies de vis nogal wat (lichte) schade ondervindt doordat deze door het netwerk wordt beschadigd als gevolg van het herhaaldelijk daarmee in aanraking komen. Afhankelijk van de dimensies van het geheel kan worden gekozen voor fuik –buis constructie waarbij de vis in een schip of bun wordt opgevangen. Op een kleinere schaal is het opvangen van vis in een Noors leefnet mogelijk op enige afstand gelegen op een relatief stromingsluwe locatie. Voorgesteld wordt om 10 bemonsteringen in de najaar/winterperiode en 10 bemonsteringen in de voorjaar/zomerperiode.

Om een relatie te kunnen leggen met de actuele visstand zal eenmalig een visstandonderzoek (actieve bemonstering en/of fuiken) worden uitgevoerd.

Resultaat:

Inzicht in door een tweetal visonvriendelijke opvoerwerken veroorzaakte schade aan ter plaatse voorkomende vissoorten, met de nadruk op aal. Voor de twee opvoerwerken wordt aan de hand van de vastgestelde schade aan vis, een schadeprofiel opgesteld. De resultaten worden mede gebruikt om een betere schatting te maken van de landelijke sterfte aan vis als gevolg van passage door opvoerwerken. Speciaal zal daarbij de aandacht op de sterfte van schieraal liggen. Om een relatie te kunnen leggen met de actuele visstand zal eenmalig een visstandonderzoek (actieve bemonstering en/of fuiken) worden uitgevoerd.

Prioriteit:

Hoog; het is essentieel onderzoek, om een compleet beeld te kunnen krijgen van schadeprofielen. Geadviseerde aanvang: na afronding Onderzoeksvraag 2.

Risico's:

- Medewerking van waterbeheerders
- Aanwezigheid van vis

Afhankelijkheid:

Deze onderzoeksvraag staat in relatie met de Onderzoeksvragen 1 t/m 5, aangezien deze onderzoeksvraag de basiskennis verschaft van het functioneren van opvoerwerken. Op basis van de resultaten kan een betere rangorde in visvriendelijkheid worden gerealiseerd.

Doorlooptijd:

10 maanden

2008

September: Voorbereidende werkzaamheden
Oktober-November: Uitvoering veldwerk

2009

Januari-Februari: Tussentijdse rapportage
April-Mei: Uitvoering veldwerk
Juni-Juli: Concept- en Eindrapport

Globale kosten:

• Aanschaf/maken netten	€ 10.000,-
• Faciliteiten visopslag/aanvoer	€ 2.000,-
• Veldwerk (2x10 in voorjaar / 2x10 in najaar)	€ 50.000,-
• Aanvullende visstandbemonstering	€ 5.000,-
• Analyse	€ 10.000,-
• Rapportage	€ 10.000,-
	€ 87.000,-

ONDERZOEKSVRAAG 6

Kennishiaat:

Vissen worden in sterke mate beïnvloed door geluid (trillingen), waarbij geluid tevens een rol speelt bij de communicatie tussen vissen (Vriese, 1993). Geluid, in de vorm van verschillende geluidssystemen, wordt dan ook al lang ingezet bij de wering van vissen (jaren 80 van de vorige eeuw). Hierbij wordt gebruik gemaakt van het laagfrequente spectrum (<2000 Hz) en van het hoogfrequente spectrum (100-200 kHz) afhankelijk van welke soorten afgeschrikt moeten worden. Uit divers onderzoek in Nederland is bekend dat vis bij sommige gemalen en waterkrachtcentrales niet geneigd is direct te passeren en zich voor het kunstwerk verzameld (inzicht in kans op inzuiging). Er zijn sterke aanwijzingen dat dit te maken heeft met afschrikking door geluid, hoewel andere factoren daar zeker ook een rol kunnen spelen (grofvuil rooster, stromingspatronen etc.). Om de diverse mogelijkheden voor viswering met geluid te kunnen onderzoeken lijkt het zinvol om de recente ontwikkelingen hierin op een rij te zetten.

Vraagstelling 1:

Welke kant-en-klaar toepasbare geluidssystemen om vis te weren zijn er momenteel op de markt?

Aanpak 1:

Literatuuronderzoek naar de beschikbaarheid en toepasbaarheid geluidssystemen om vis te weren.

Resultaat 1:

Overzicht van beschikbare systemen en de mate van inzetbaarheid voor wering van vis bij gemalen.

Vraagstelling 2:

Welke geluidsfrequenties door gemalen/pompen spelen een rol bij goede of slechte passage van vis?

Aanpak 2:

Om inzicht in deze frequenties te krijgen zullen metingen worden verricht met een breedbandhydrofoon.

Instanties die bij dit project betrokken kunnen worden zijn onder andere Deltares, TNO. Deze laatste organisatie heeft veel kennis op het gebied van de toepassing van sonarapparatuur en akoestische 3-D telemetrie.

Andere mogelijke partners om bij dit onderwerp mee samen te werken zijn de Universiteiten van Leiden en Groningen die onderzoek doen naar de verstorende invloed van geluid onder water. Deskundigen dienen te worden geraadpleegd om inzicht te krijgen in locaties waar aanvullende metingen kunnen worden verricht. Daarnaast zullen metingen worden verricht bij de locaties van Onderzoeksvraag 4. Deze kunnen dan tevens gerelateerd worden aan de verkregen onderzoeksresultaten aangaande passage van vis.

Locatie 2:

Een locatie waar deze metingen zouden kunnen worden uitgevoerd is de vijzel bij Hooydonkse molen. Uit eerder onderzoek is bekend dat vis hier in sterke mate de voorkeur gaf aan de vis-trap, terwijl dit op grond van de debietverdeling over de verschillende kunstwerken (vis-trap, stuw en vijzel) niet te verwachten viel. Dit is mogelijk ook het geval bij de vijzel te Halfweg en het scheprad te Spaarndam. Diverse deskundigen zullen verder worden geraadpleegd om inzicht te krijgen in andere locaties waar metingen mogelijk resultaten in dit verband kunnen opleveren. Tevens lijkt het zinvol om bij de locaties van Onderzoeksvraag 4 wordt uitgevoerd aanvullend metingen te verrichten, waarbij deze tevens gerelateerd kunnen worden aan de onderzoeksresultaten.

Resultaat 2:

Inzicht in de geluidsfrequenties die een rol spelen bij goede of slechte passage van vis door gemalen/pompen. Inzicht in de mogelijkheden om deze geluiden te gebruiken bij wering van vis bij gemalen.

Vraagstelling 3:

Wat zijn de effecten van toepassing van een nader te selecteren geluidssysteem bij gemalen op de passage van vis door deze gemalen?

Aanpak 3:

Op basis van de resultaten verkregen met betrekking tot de onderzoeksvragen 6.1 en 6.2 (voor zover mogelijk) zal een geluidssysteem gekozen worden dat het meest geschikt is voor toepassing bij Nederlandse gemalen. Gedurende de uitvoering van Onderzoeksvraag 4 zal dit systeem diverse malen worden ingezet om inzicht te krijgen in de werking ervan (effect op de passage van vis door het gemaal).

Locatie3:

Locaties van Onderzoeksvraag 4

Resultaat 3:

Inzicht in de effectiviteit van het geselecteerde geluidssysteem op de passage van vis door gemalen. Inzicht in de toepassingsmogelijkheden in de Nederlandse situatie.

Prioriteit:

Middel: het is essentieel onderzoek, om een compleet beeld te kunnen krijgen van de invloedsfactoren op het gedrag van vissen. Geadviseerde aanvang: synchroon met Onderzoeksvraag 4.

Risico's:

- Medewerking van waterbeheerders
- Beschikbaarheid van geluidssystemen en deskundige begeleiding
- Aanwezigheid van vis
- Projectkosten (afhankelijk van te kiezen geluidssysteem)

Afhankelijkheid:

Deze onderzoeksvraag staat in relatie de Onderzoeksvragen 7 en 8, aangezien deze onderzoeksvraag de basiskennis verschaft van de invloedsfactoren op het gedrag van vissen.

Doorlooptijd:

6-8 maanden

Globale kosten:

• Literatuuronderzoek geluidssystemen	€ 5.000,-
• Locatie keuze	€ 5.000,-
• Uitvoeringen metingen bestaande gemalen	€ 10.000,-
• Toepassen geluidssysteem (aanschaf/plaatsing)	p.m.
• Veldwerk	€ 20.000,-
• Analyse	€ 15.000,-
• Rapportage	€ <u>15.000,-</u>
	minimaal € 70.000,-

ONDERZOEKSVRAAG 7

Kennishiaat:

Licht speelt een belangrijke rol bij de oriëntatie van vis. Optomotor reacties (reacties op de verplaatsing van visuele beelden) zijn uitgebreid beschreven voor een veelheid van soorten in de literatuur (voor een overzicht zie Vriese, 1993). Deze reacties kunnen worden gebruikt voor de bescherming van vis bij situaties waar deze ingezogen kunnen worden. In het donker (wanneer de vis zijn omgeving niet kan zien) wordt met name juveniele vis makkelijk door stroming weggevoerd. Door de omgeving te verlichten en visuele referentiepunten te plaatsen kan vis zich weer oriënteren en voorkomen dat zij meegevoerd wordt door de stroming door compensatoire zwembewegingen uit te voeren.

Daarnaast kan licht actief worden gebruikt om vis mee af te schrikken. Zowel gewone lampen als flitslampen (stroboscoop lampen) worden hiervoor gebruikt. Een probleem bij de toepassing van licht kan zijn dat zowel '*near field effects*' als '*far field effects*' optreden. Een voorbeeld van het eerste is de daadwerkelijke afschrikking van vis ter plaatse van de opstelling van de lichtbron, een voorbeeld van het laatste is dat vis uit de verre omgeving kan worden aangetrokken met als gevolg hoge concentraties vis waardoor het netto effect teniet kan worden gedaan (procentueel passeert er minder vis als daarvoor, maar door de hogere concentraties is de absolute passage hoger). In hoeverre een en ander een rol speelt bij gemalen is niet bekend. Over het algemeen blijken intense flitslichten wel effectief om vis te verjagen. Belangrijk is, maar dat geldt voor alle visweringssystemen die werken op basis van het gedrag van de vis, dat ter plaatse wel een alternatieve route (bypass) wordt geboden waarmee vis langs het kunstwerk kan gaan. Om de diverse mogelijkheden voor viswering met licht te kunnen onderzoeken lijkt het zinvol om de recente ontwikkelingen hierin op een rij te zetten.

Vraagstelling 1:

Welke kant-en-klaar toepasbare lichtsystemen om vis te weren zijn er momenteel op de markt?

Aanpak 1:

Literatuuronderzoek naar de beschikbaarheid en toepasbaarheid lichtsystemen om vis te weren.

Resultaat 1:

Overzicht van beschikbare systemen en de mate van inzetbaarheid voor wering van vis bij gemalen. Op basis van het bovenstaande kan een lichtstelsel geselecteerd worden voor toepassing teneinde inzicht te krijgen in de effectiviteit ervan.

Vraagstelling 2:

Wat zijn de effecten van toepassing van een nader te selecteren lichtstelsel bij gemalen op de passage van vis door deze gemalen?

Aanpak 2:

Op basis van de resultaten verkregen met betrekking tot de onderzoeksvraag 7.1 (voor zover mogelijk) zal een lichtstelsel gekozen worden dat het meest geschikt is voor toepassing bij Nederlandse gemalen. Gedurende de uitvoering van Onderzoeksvraag 4 zal dit stelsel diverse malen worden ingezet om inzicht te krijgen in de werking ervan (effect op de passage van vis door het gemaal).

Resultaat 2:

Inzicht in de effectiviteit van het geselecteerde lichtstelsel op de passage van vis door gemalen. Inzicht in de toepassingsmogelijkheden in de Nederlandse situatie.

Vraagstelling 3:

Op dit moment wordt in Engeland gewerkt met gelijktijdige toepassing van geluid en licht om vis te weren bij gemalen. Hoewel bovengenoemde onderzoeksvragen zich richten op geluid en licht afzonderlijk, lijkt het zinvol in de loop van het onderzoek mogelijke combinaties van geluid en licht ook mee te nemen.

Wat zijn de mogelijkheden om geluid en licht te combineren bij de afschrikking van vis bij gemalen?

Aanpak 3:

Op basis van de resultaten verkregen met betrekking tot de onderzoeksvragen 6, 7.1 en 7.2 (voor zover mogelijk) zal een combinatie van licht- en geluidsstelsel gekozen worden dat het meest geschikt is voor toepassing bij Nederlandse gemalen. Gedurende de uitvoering van Onderzoeksvraag 4 zal dit stelsel diverse malen worden ingezet om inzicht te krijgen in de werking ervan (effect op de passage van vis door het gemaal).

Locatie3:

Bij voorkeur de locaties van Onderzoeksvraag 4

Resultaat 3:

Inzicht in de effectiviteit van de geselecteerde combinatie van licht- en geluidsstelsel op de passage van vis door gemalen. Inzicht in de toepassingsmogelijkheden in de Nederlandse situatie.

Prioriteit:

Middel: het is essentieel onderzoek, om een compleet beeld te kunnen krijgen van de invloedsfactoren op het gedrag van vissen. Geadviseerde aanvang: synchroon met Onderzoeksvraag 4.

Risico's:

- Medewerking van waterbeheerders
- Beschikbaarheid van lichtsystemen en deskundige begeleiding
- Aanwezigheid van vis
- Projectkosten (afhankelijk van de te kiezen licht-/ geluidssysteem)

Afhankelijkheid:

Deze onderzoeksvraag staat in relatie de Onderzoeksvragen 6 en 8, aangezien deze onderzoeksvraag de basiskennis verschaft van de invloedsfactoren op het gedrag van vissen.

Doorlooptijd:

6-8 maanden

Globale kosten:

• Literatuuronderzoek lichtsystemen	€ 5.000,-
• Locatie keuze	€ 5.000,-
• Toepassen licht- geluidssysteem (aanschaf/plaatsing)	p.m.
• Veldwerk	€ 20.000,-
• Analyse	€ 15.000,-
• Rapportage	€ <u>15.000,-</u>
	minimaal € 60.000,-

ONDERZOEKSVRAAG 8*Kennishiaat:*

Grofvuilroosters kunnen werken als fysieke barrières voor de passage van vis, simpelweg omdat vis te groot kan zijn om tussen de spijlen door te kunnen. Daarnaast werken deze ook deels als gedragsbarrières doordat stromingspatronen ter hoogte van het rooster drastisch veranderen. Deze verandering in stromingspatronen kan er voor zorgen dat vis niet geneigd is om te passeren. Zo worden in de Verenigde Staten schuin geplaatste grofvuil roosters veruit het meest ingezet om vis naar bypasses te leiden of zijn visgeleidingssystemen op dit gedragsaspect gebaseerd (louvre schermen).

Het lijkt zinvol om onderzoek te doen naar de passage mogelijkheden bij grofvuil roosters met verschillende spleetbreedtes om inzicht te krijgen welke afmetingen vis fysiek worden buitengesloten.

Vraagstelling 1:

Welke lengteklassen van de verschillende vissoorten kunnen fysiek worden tegengehouden met grofvuilroosters met diverse gangbare spleetbreedtes?

Aanpak 1:

Inventariseren van de meest voorkomende grofvuilroosters en spleetbreedtes. Bronnen-onderzoek doen naar visafmetingen (voorkomende vislengtes en bijbehorende vishoogtes en -breedtes van diverse soorten). Inventariseren van literatuur op dit gebied.

Resultaat 1:

Inzicht in de passagemogelijkheden en –onmogelijkheden van grofvuilroosters met diverse gangbare spleetbreedtes voor relevante vissoorten.

Vraagstelling 2:

Welke stroomsnelheden treden theoretisch op in de nabijheid van grofvuilroosters en in welke mate kunnen deze impingement veroorzaken bij voorkomende lengteklassen van relevante vissoorten?

Aanpak 2:

Omdat de stroomsnelheid ter plaatse een resultante is van het debiet, de afmetingen van de roosters en de spleetbreedte (porositeit) en de dimensies van het aanvoerende waterlichaam zal hiervoor een rekenkundig model worden ontwikkeld. De uitkomsten van dit model worden gecontrasteerd met de zwemcapaciteiten van de diverse relevante vissoorten en lengteklassen daarvan. Hierdoor wordt inzicht verkregen in het risico van impingement aan de hand waarvan randvoorwaarden kunnen worden opgesteld als het gaat om het minimaliseren van dit risico

Resultaat 2:

Inzicht in optredende stroomsnelheden tussen de spijlen en in de nabijheid van grofvuilroosters met diverse afmetingen/spleetbreedtes. Inzicht in het risico van impingement van vissoorten en lengteklassen. Te stellen randvoorwaarden om impingement te vermijden.

Vraagstelling 3:

Welke stroomsnelheden treden in de praktijk op in de nabijheid van grofvuil roosters van diverse afmetingen/spleetbreedtes, gerelateerd aan debieten en de lokale situatie.

Aanpak 3:

Om het model dat tot stand is gekomen bij onderzoeksvraag 8.2 in de praktijk te valideren, zullen in verschillende situaties metingen worden gedaan. In de eerste instantie zullen deze metingen worden uitgevoerd bij de locaties waar onderzoek wordt uitgevoerd aan de passage van vis. Hiermee is het tevens mogelijk om na te gaan of de resultaten van het onderzoek beschreven onder 8.1 overeenkomt met wat in de praktijk wordt waargenomen (qua afmetingen van vis die de bestaande grofvuilroosters ter plaatse passeren). Zo nodig worden aanvullende metingen verricht op andere locaties in verband met de verschillende spleetbreedtes waarvoor dit inzicht verkregen moet worden.

Locatie 3:

Bij de locatiekeuze dient aandacht te worden geschonken aan de ter plaatse optredende stroomsnelheden om impingement (door de te sterke stroming wordt de vis op het rooster geduwd en kan niet meer ontkomen) te vermijden.

Resultaat 3:

Een model voor optredende stroomsnelheden dat in de praktijk is gevalideerd. Inzicht in optredende stroomsnelheden bij grofvuil roosters op diverse locaties. Inzicht in de relatie tussen passagemogelijkheden van vis bij diverse grofvuilroosters gerelateerd aan de theoretische mogelijkheden.

Prioriteit:

Middel: het is essentieel onderzoek, om een compleet beeld te kunnen krijgen van de invloedsfactoren op het gedrag van vissen. Geadviseerde aanvang: synchroon met Onderzoeksvraag 4.

Risico's:

- Medewerking van waterbeheerders
- Aanwezigheid van vis

Afhankelijkheid:

Deze onderzoeksvraag staat in relatie de Onderzoeksvragen 6 en 7, aangezien deze onderzoeksvraag de basiskennis verschaft van de invloedsfactoren op het gedrag van vissen.

Doorlooptijd:

6 maanden

Globale kosten:

• Literatuuronderzoek passagemogelijkheden	€ 5.000,-
• Hydraulische berekeningen	€ 5.000,-
• Hydraulische metingen	€ 5.000,-
• Analyse	€ 5.000,-
• Rapportage	€ <u>5.000,-</u>
	€ 25.000,-

PLANNING ONDERZOEKSPROGRAMMA

Prioritering en planning onderzoek	2008				2009				maart	april	mei	juni	juli	augustus	september	oktober	november	december
	september	oktober	november	december	januari	februari	maart	april										
1. Schadeprofiel van pompen																		
1.1 Completeren database																		
Verificatie en terugkoppeling																		
Aanvullen en terugkoppeling																		
Aanvullen door veldonderzoek																		
Finaliseren																		
1.2 Voorselectie van pompen																		
Inventariseren modellen/toepassingsmogelijkheden																		
Selecteren pomptypes en modelleren																		
Analyse																		
Rapportage																		
1.3 Onderzoek naar schadeprofiel van visvriendelijke pompen in het lab																		
Pompkeuze, inrichting locale																		
Uitvoering blootstellingsexperimenten																		
Analyse, opstellen schadeprofiel																		
Rapportage																		
1.4 Onderzoek naar schadeprofiel van visvriendelijke pompen in de praktijk																		
Voorbereiding (locaties, maken vangconstructie etc.)																		
Veldwerk voorjaar																		
Analyse resultaten																		
Tussenrapportage voorjaar																		
Voorbereiding najaar																		
Veldwerk najaar																		
Analyse resultaten																		
Eindrapportage																		
1.5 Onderzoek naar schadeprofiel van visonvriendelijke pompen in de praktijk																		
Voorbereiding (locaties, maken vangconstructie etc.)																		
Veldwerk najaar																		
Analyse resultaten																		
Tussenrapportage najaar																		
Voorbereiding voorjaar																		
Veldwerk voorjaar																		
Analyse resultaten																		
Eindrapportage																		
2. Factoren die de passage van vis door gemalen/pompen beïnvloeden																		
2.1 Invoed van geluid op passage van vis door gemalen																		
Literatuur/bronnenonderzoek																		
Mate van inzetbaarheid bij gemalen																		
Uitvoeren metingen bij bestaande gemalen																		
Toepassen geluidssysteem (aanschaf/plaatsing)																		
Veldwerk inzet geluidssysteem																		
Analyse																		
Rapportage																		
2.2 Invoed van licht op passage van vis door gemalen																		
Literatuur/bronnenonderzoek																		
Mate van inzetbaarheid bij gemalen																		
Toepassen lichtsysteem (aanschaf/plaatsing)																		
Veldwerk inzet lichtsysteem																		
Analyse																		
Rapportage																		
2.3 Invoed van grofvuil roosters op passage van vis door gemalen																		
Literatuur/bronnenonderzoek																		
Hydraulische berekeningen/modelleren																		
Hydraulische metingen/valideren model																		
Analyse																		
Rapportage																		

BIJLAGE 5

LITERATUUR

Abernerthy C.S, Amidan B.G. & C.F. Cada, 2001. Laboratory Studies of the Effects of Pressure and Dissolved Gas Supersaturation on Turbine-Passed Fish. Final Report FY 2000. Prepared for the U.S. Department of Energy under Contract DE-AC06-76RL01830.

Adam, B., U. Schwevers & U. Dumont, 1999. Beiträge zum Schutz abwandernder Fische – Verhaltensbeobachtungen in einem Modellgerinne. – Solingen (Verlag Natur & Wissenschaft), Bibliothek Natur und Wissenschaft 16, 63 S.

Bianchi, ir. L.W.P., Büstraan, P., Stolk, ir. J., 1983. Pompen. Educaboek Stam Technische Boeken, 12e druk.

Beijer, K. 2003. Vis laten lijden of geleiden?; Een beoordeling van de effectiviteit van visgeleidingssystemen voor Nederlandse waterkrachtcentrales. Wetenschapswinkel Biologie, Universiteit Utrecht, P-UB-2003-06, in opdracht van Stichting Reinwater.

ada, G. F., C.C. Coutant, and R.R. Whitney, 1997. Development of Biological Criteria for the Design of Advanced Hydropower Turbines. Report No. DOE/ID-10578 prepared for U.S. Department of Energy-Idaho Office, Idaho Falls, Idaho.

Denayer B. & C. Belpaire, 1992. Onderzoek naar de effecten van een vijzelgemaal op vispopulaties. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap.

Deng, Z., Guensch, G.R., McKinstry, C.A., Mueller, R.P., Dauble, D.D. & M.C. Richmond., 2005. Evaluation of fish-injury mechanism during exposure to turbulent shear flow. Ca. J. Fish. Sci. Aquat. 62: 1513-1522 (2005).

DRIMMELEN, D. E. van (1951): Vangst van schieraal met behulp van licht. - Visserij Nieuws 3, 137 - 140.

Dumont, U., P. Anderer & U. Schwevers, 2005. Handbuch Querbauwerke. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf. ISBN 3-9810063-2-1.

DWA, 2006. Fish Protection Technologies and Downstream Fishways. Dimensioning, Design, Effectiveness Inspection. July 2005. German Association for Water, Wastewater and Waste, Hennef 2006. ISBN-10: 3-939057-35-5; ISBN-13: 978-3-939057-35-2.

EIFAC/ICES, 2007. Report of the 2007 Session of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels, Bordeaux, France.

FISHTeK Consulting, 2007. Fish Monitoring and Live Fish Trials. Titz Atro Archimedes Screw Turbine, River Dart. Phase 1 Report: Live fish trials, smolts, leading edge assessment, disorientation study, outflow monitoring. Client: Mann Power Consulting Ltd.

Germonpré, E., B. Denayer, C. Belpaire, F. Ollivier, 1994. Inventarisatie van pompgemalen in het Vlaamse gewest en preliminair onderzoek naar de schade van diverse pomptypes op vissen na gedwongen blootstelling. Onderzoek door AMINAL en de Katholieke Universiteit Leuven

Haddering, R.H., 1978. Mortality of young fish in the cooling water system of Bergum power station. -Proc. International Association of Theoretical and Applied Limnology 20 (Copenhagen, 7. -14. 8. 1977), 1822 - 1836.

Hadderingh, R.H., 1982. Experimental reduction of fish impingement by artificial illumination at Bergum power station. - Int. Revue ges. Hydrobiol. 67, 887 - 900.

Hadderingh, R.H., J.W. van der Stoep & J.W.P.M. Habraken, 1992. Deflecting eels from water inlets of power stations with light. - Irish Fisheries Investigations Series A (Freshwater) 36, 80 - 89.

Haddering, R.H., 1993. Das Wegführen von Aalen von Wassereinflüssen von Kraftwerken mit- tels Licht. - Vortrag 7. SVK Fischereiseminar, Januar 1993, Bad Godesberg.

Hadderingh, R.H., & A.G. Smythe, 1997. Deflecting eels from power stations with light. - Paper presented at the „Fish passage workshop“, May 6 - 8, 1997, Milwaukee, USA, 7 S.

Haddering, R.H., G. H. M. Van Aerssen, R.F.De Beijder & L.J. Van der Velde, 1999. Reaction of silver eels to artificial light sources and water currents: an experimental defection study. - Regulated Rivers: Research and Management 15, 365 - 371.

Haro, A., Castro-Santos, T. & J. Boubée, 2000. Behaviour and passage of silver-phase American eels, *Anguilla rostrata* (Le Sueur) at a small hydropower electric facility, Dana 12: 33-42.

Kroes, M.J., J.C.A. Merx & J.H. Kemper, 2006. In- en uittrek van aal en schubvis in het gebied van Noordwest Overijssel. VisAdvies BV, Utrecht. Projectnummer K02004_008, 36 pag.

Kroes, M.J., N. Brevé, F.T. Vriese, H. Wanningen & A.D. Buijse, 2008. Nederland leeft met ... vismigratie. Naar een gestroomlijnde aanpak van de vismigratieproblematiek in Nederland. VisAdvies BV, Utrecht. Projectnummer VA2007_33, 71 pag.

Kroes, M.J. & S. Monden [red.], 2005. Vismigratie; een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL afdeling Water, Brussel. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. ISBN 90-803245-6-6/Depotnr. D/2004/3241/328.

Kroes, M.J., F.T. Vriese & W. den Boer, 2008. Collectorsysteem voor glasaal d.m.v. vloedsimulatie bij Scheveningen. Monitoren, verzamelen en uitzetten. VisAdvies BV, Utrecht. Projectnummer VA2008_09, 39 pag.

Kroes, M.J., F.T. Vriese & W.J. den Boer, 2008. Collectorsysteem voor glasaal d.m.v. vloedsimulatie. Een experiment bijemaal Katwijk t.b.v. kennisontwikkeling Kaderrichtlijn Water. VisAdvies BV, Utrecht. Visserijbedrijf W.J. den Boer, Nieuwerkerk aan de IJssel. Projectnummer VA2008_09, 31 pag.

Kruitwagen, G., M. Klinge & G.A.M. Manshanden, 2006. Opening eerste vispassage in eenemaal. H₂O 39 (9): 19.

Kruitwagen, G., & M. Klinge, 2007. Monitoring van stroomafwaartse migratie van vis bijemaal Katwijk. Rapport Witteveen+Bos i.o.v. Hoogheemraadschap van Rijnland.

Kruitwagen, G. & M. Klinge, 2008. Stroomafwaartse passage van vis via gemaal Schoute. Rapport Witteveen+Bos i.o.v. 's Gravenhaagse Hengelsport Vereniging.

Kruitwagen, G. & M. Klinge, 2008. Monitoring van stroomafwaartse migratie van vis bij de gemalen Halfweg, Spaarndam en Gouda. Rapport Witteveen+Bos i.o.v. Hoogheemraadschap van Rijnland.

Kruitwagen, G. & M. Klinge, 2008. Sterfte van schieraal door gemaal IJmuiden, onderzoeksjaar 2007. Inclusief de registratie van visuitspoeling. Rapport Witteveen+Bos en Wageningen Imares.

Lange, M.C. de & J.C.A. Merks, 2005. Experimentele inventarisatie van vis schade bij gemalen. VisAdvies BV, Utrecht. VA2005_01 18 pag.

Langstraat, M., 2007. Prioriteringsysteem voor gemalen; Onderzoek naar essentiële aspecten voor een succesvolle prioritering van gemalen ter bevordering van vis migratie. Stichting Reinwater, Sportvisserij Nederland, Hogeschool Van Hall Larenstein, stageverslag.

Larinier, M., Travade, F. & Porcher J.P., 2002. Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. FAO CSP eds. , Bull. Fr. Pêche et Piscic., 364 suppl., 208 p.

McNabb, C.D., Liston, C. & S. Borthwick, 1998. Inplant biological evaluation of the Red Bluff Research Pumping Plant on the Sacramento River in northern California: 1995-1996, volume 3. Red Bluff Research Pumping Plant Report Series., U.S. Bureau of Reclamation, Red Bluff, California.

McNabb, C.D., Liston, C.R. & S.M. Borthwick, 2003. Passage of Juvenile Chinook Salmon and Other Fish Species through Archimedes Lifts and a Hydrostatic Pump at Red Bluff, California. Transactions of the American Fisheries Society 132:326-334, 2003.

Merks, J.C.A. & F.T. Vriese, 2006. Monitoring vijzel en vis passage Hooibonkse molen. VisAdvies BV, Utrecht. Projectnummer VA2006_41, 18 pag.

Montén, E., 1985. Fish and turbines: fish injuries during passage through power station turbines. Norstedts Tryckeri, Stockholm. 111 pp.

Pavlov, D.S., A.I. Lupandin & V.V. Kostin, 2002. Downstream migration of fish through dams of hydroelectric power plants. Oak Ridge / Tennessee (Oak Ridge National Laboratory). 249 p.

Raat, A.J.P., & R. van den Bos [red], 1999. Het welzijn van vissen. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein, Centrum Welzijn Dieren, Utrecht. Tilburg University Press, 1999.

Riemersma, P. & G.J.M. Wintermans, 2005. Optimalisatie vis migratie Den Deel, najaarsonderzoek. Onderzoek naar mogelijkheden inzet scheepvaartsluis ter bevordering van vis migratie bij gemaal Den Deel. Grontmij Noord BV en Wintermans Ecologenbureau.

Spah, H., 2001. Fishery biological opinion of the fish compatibility of the patented hydraulic screw from Ritz Atro. Bielfeld, Germany.

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

STORK pompen – Portfoliomap 1985.

Turnpenny, A.W.H. 1998. Mechanisms of fish damage in low-head turbines – an experimental appraisal. Pages 300-314 in: Jungwirth, M., S. Schmutz and S. Weiss, eds. Fish Migration and Fish Bypasses. Fishing News Books, Oxford, Blackwell.

Turnpenny, A.W.H., M.H. Davis, J.M. Fleming, and J.K. Davies. 1992. Experimental studies relating to the passage of fish and shrimps through tidal power turbines. Marine and Freshwater Biology Unit, National Power, Fawley, Southampton, Hampshire, England.

Turnpenny, A. W. H. & N. O' Keefe. 2005. Screening for Intake and Outfalls: a best practice guide. Science Report SC030231.

Von Raben, K., 1957. Regarding the problem of mutilations of fishes by hydraulic turbines. Die Wasserwirtschaft 4:97-100.

Vriese, F.T., 1993. Visgeleidingssystemen bij waterkrachtcentrales. OR/OVB 1992-02. Nieuwegein, Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij. OVB-Onderzoeksrapport 1993-20.

Vriese, F.T., J.P.G. Klein Breteler (VIVION), M.J. Kroes & I.L.Y. Spierts, 2007. Duurzaam beheer van de aal in Nederland. Bouwstenen voor een beheerplan. , Utrecht. Projectnummer 01, 174 pagina's en bijlagen.

BIJLAGE 6

VOORBEELD AFWEGINGSKADER

2.1 Randvoorwaarden

2a. Ruimtelijk	2b. Techniek	2c. Ecologie
1. Locatiekeuze 2. Nieuwbouw / renovatie	1. Capaciteit (min./gem./piek) 2. Opvoerhoogte 3. Draaiuren 4. Redundantie 5. Overige	1. Soort 2. Afmeting 3. Trekprofiel 4. Gedrag

Randvoorwaarden:
Renovatie Locatie "Y"
F = 1/20 jaar
Qmin = 50 m3/min
Qmax = 750 m3/min
dH = 3 m
Aaltrek
....

2.2 Oplossingen

a. Oplossing 1	b. Oplossing 2	c. Oplossing 3	d. Oplossing 4	z. Oplossing ..
----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------

1. BASISOPLOSSING

Oplossing 1: 2x 50m3/min + 2x 500 m3/min
Oplossing 2: 1x 50 + 2x100 + 1x 500 m3/min
Oplossing 3: 2x 750 m3/min
Oplossing 4: 1x 50 / dH=1 + 3x 500 / dH=3
Oplossing 5:

2. CONCRETE INVULLING

Oplossing 1.1: 2x vijzel "X" + 2x Beveron "Y"
Oplossing 1.2: 2x vijzel "X" + 2x BVOP "Z"
Oplossing 2.1: 1x pomp "A" + 2x pomp "B" + pomp "C"
Oplossing 2.2:
Oplossing 3.1:

2.3 Consumententabel

Invullen consumententabel per oplossing

1. Investering
2. Exploitatielasten
3. Energieverbruik
4. Beheer & Onderhoud
5. Visoverleefbaarheid
6. Vispasseerbaarheid

Oplossing	Investering	Exploitatie	Energie	B & O	Visoverleef- baarheid	Vispasseer- baarheid
	€	€/j	kWh			
1.1	5.000.000	50.000	1.000	0	--	--
1.2	8.000.000	90.000	3.000	-	-	-
2.1	7.000.000	85.000	2.500	-	0	+
...						

2.4 Prioritering

Scoren van de oplossingen (relatief)

1. Investering
2. Exploitatielasten
3. Energieverbruik
4. Beheer & Onderhoud
5. Visoverleefbaarheid
6. Vispasseerbaarheid

Oplossing	Investering	Exploitatie	Energie	B & O	Visoverleef- baarheid	Vispasseer- baarheid	Totaal
1.1	1	1	1	1	3	3	10
1.2	3	3	3	2	2	2	15
2.1	2	2	2	2	1	1	10
...							

Gelijke score, dus dan
óf 1.1 met alternatieve maatregelen,
óf 2.1

BIJLAGE 7

VISMIGRATIE EN BEHEER VAN OPVOERWERKEN

INLEIDING

Het handboek Vismigratie (Kroes & Monden, 2005) zegt over de vismigratie het volgende: “Vismigratie is een bekend fenomeen. Vissen bewegen zich om een geschikte omgeving voor de voortplanting te vinden, een beter voedselaanbod te zoeken of voor roofdieren te schuilen. De afstand waarover vissen migreren kan sterk variëren tussen soorten en tussen de populaties van dezelfde soort. Zelfs binnen een populatie kunnen migratieverschillen optreden. Bij vismigratie kan een onderscheid worden gemaakt tussen visverplaatsing, dispersie en vistrek”.

Visverplaatsing heeft betrekking op dagelijkse wisselingen waarbij vis korte afstanden overbrugt (b.v. overdag in de oeverzone, in de nacht op het open water). Dispersie betreft min of meer ongerichte verplaatsing van individuele vissen en speelt een belangrijke rol bij de uitbreiding van en de uitwisseling tussen populaties. In verstuwde systemen leidt dispersie vaak tot ophoping van vis in benedenstroomse stuw(peil)vakken. Dit vindt ook plaats in polder – boezemgebieden. Een reden te meer om migratiebarrières op te heffen teneinde goede uitwisseling van vis te waarborgen.

Met name vistrek is een seizoensgebonden beweging in verband met noodzakelijke wisselingen van leefomgeving. Deze wisselingen van leefomgeving vinden plaats in het voorjaar, wanneer vissen naar de paaigebieden migreren en in het najaar, wanneer vissen naar de overwinteringsgebieden migreren. Deze vorm van vismigratie vindt ook plaats in polder – boezemgebieden en daarmee in verbinding staande wateren. Vistrek is een verschijnsel dat wordt gestimuleerd door een reeks van inwendige (b.v. hormonale ontwikkelingen, stadium van rijpheid) en uitwendige factoren (b.v. temperatuur, stroming). Afhankelijk van soortspecifieke kenmerken zijn er verschillen in de migratie en in de reactie op genoemde factoren. Een katadrome soort als aal is een obligate lange afstandsmigrant, die vanuit de paaigebieden in de Sargassozee migreert naar de haarvaten van de zoetwatersystemen en vice versa. Een soort als bittervoorn migreert op veel kleinschaliger niveau binnen het poldersysteem. Voor veel vissoorten geldt dat de stromingsrichting van het water een belangrijke factor is voor de richting van de vistrek. Zo wordt er in het voorjaar meestal stroomopwaarts gemigreerd (tegen de stromingsrichting van het water in) om relatief kleinschalige en ondiepe paaiplaatsen te bereiken. In het najaar wordt meestal stroomafwaarts gemigreerd (met de stroomrichting van het water mee) om open, diep water te bereiken. Hoewel hierop natuurlijk uitzonderingen bestaan, biedt dit een kader om vismigratie te beschouwen in relatie tot het beheer van opvoerwerken in voorjaar en najaar.

Met betrekking tot het waterbeheer kunnen zich voor wat betreft de werking van de opvoerwerken de volgende situaties voordoen:

- 1). Voorjaar – zomer, geen pompactiviteit tussen de verschillende compartimenten van het systeem;
- 2). Voorjaar – zomer, water wordt uit de polder gemalen;
- 3). Voorjaar – zomer, water wordt de polder ingelaten;
- 4). Najaar, geen pompactiviteit tussen de verschillende compartimenten van het systeem;
- 5). Najaar, water wordt uit de polder gemalen;
- 6). Najaar, water wordt de polder in gemalen.

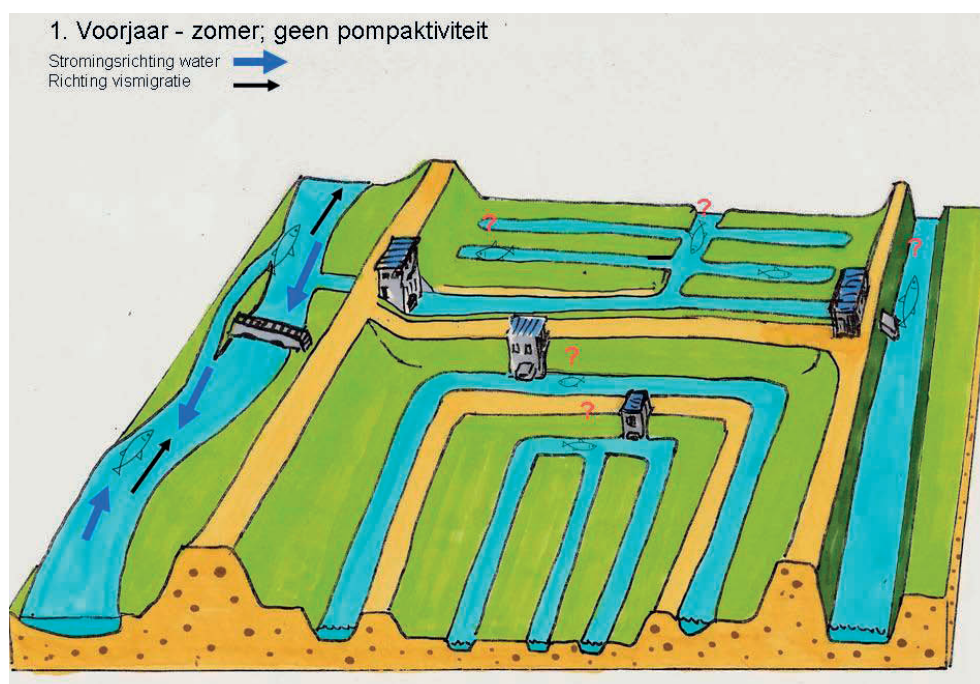
In onderstaande paragrafen zal kort worden ingegaan op de consequenties van de verschillende beheersvarianten op de vistrek. Hierbij moet bedacht worden dat het temporele situaties zijn, die ook niet allemaal even vaak voorkomen. Vanuit het normale beheer wordt in voorjaar – zomer water de polder in gemalen om een (tegennatuurlijk) hoog peil te realiseren. In de winter wordt juist gestreefd naar een laag peil en wordt water de polder uitgepompt. Afhankelijk van klimatologische omstandigheden wordt het beheer aangepast. Bijvoorbeeld, een zeer nat voorjaar kan er toe leiden dat water juist uit de polder wordt gepompt vanwege een neerslagoverschot.

1. VOORJAAR – ZOMER, GEEN POMPAKTIVITEIT TUSSEN DE VERSCHILLENDE COMPARTIMENTEN VAN HET SYSTEEM

Figuur 1.1 geeft een schematische voorstelling van deze situatie (alle figuren in dit hoofdstuk: Peter Heuts, Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden). Doordat er niet gepompt wordt, is er geen uitwisseling van water tussen de verschillende systemen (rivier, boezem en polders). Er is ook geen stroming aanwezig, waardoor vissen zich niet of minder goed kunnen oriënteren. Vissen kunnen niet vanuit de rivier de boezem en polders binnentrekken of vanuit de boezem naar de polders migreren, waarmee paaigebieden voor een deel van de vispopulatie onbereikbaar blijven. Vissen kunnen alleen lokaal paaïen in hun eigen watercompartiment. Voor sommige kleinere vissoorten (tiendoornige stekelbaars, bittervoorn) zal dit niet veel uitmaken omdat deze een kleine home range hebben, waarbij hun hele levenscyclus zich kan afspelen in een enkele poldersloot. Overigens is dan wel noodzakelijk dat in het betreffende water wordt voldaan aan de vereisten die de soorten stellen om te paaïen (rijke vegetatie, zoet-watermosselen). In de huidige poldersloten is dit ook veelvuldig niet het geval. Andere grotere vissoorten, die over een langere afstand migreren, kunnen geschikt paaï habitat niet bereiken. De kleinschalige wateren in de polder zijn vooral in trek omdat deze vanwege hun dimensies relatief snel opwarmen en een goede voedselbeschikbaarheid kennen voor het jonge broed.

FIGUUR 1.1

VOORJAAR – ZOMER, GEEN POMPAKTIVITEIT

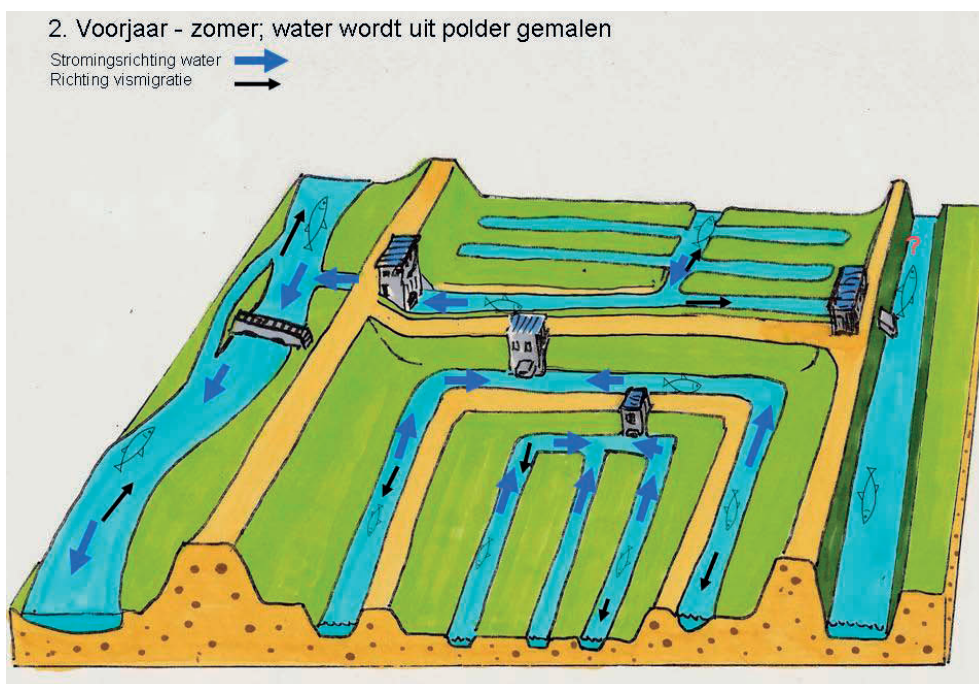


2. VOORJAAR – ZOMER, WATER WORDT UIT DE POLDER GEMALEN;

Bij een neerslagoverschot tijdens natte perioden wordt water uit de polder gemalen. Voor vissoorten op de rivier is er een aantrekkende werking; er is een waterstroom waar tegen in gezwommen kan worden en het uitstromende vaak warmere water bevat zaken die aantrekkend werken (w.o. humuszuren, algen, zooplankton). Een en ander geldt ook voor de overgang van boezem naar polder. Geredeneerd vanuit de condities noodzakelijk voor een gerichte migratie naar paaigebieden is sprake van een min of meer normale situatie die ook voorkomt bij vrij afstromende wateren. Omdat opvoerwerken echter niet tegen de stroomrichting in te passeren zijn, is geen sprake van succesvolle migratie van het ene watersysteem naar het andere. Vis, bijvoorbeeld glasaal, concentreert zich onder het opvoerwerk en kan daar makkelijker ten prooi vallen aan predatoren (aalscholvers, maar ook roofvissen zoals snoek, snoekbaars en roofblei). Dus, hoewel condities voor een gerichte migratie aanwezig zijn, vormen de opvoerwerken in dit geval een absolute barrière voor migratie. Vis die in de polder in de nabijheid van de opvoerwerken aanwezig is (naar analogie met vrij afstromende systemen, “bovenstrooms”) kan in meer of mindere mate met het water mee door het opvoerwerk worden getransporteerd waarbij schade en sterfte kan ontstaan.

FIGUUR 1.2

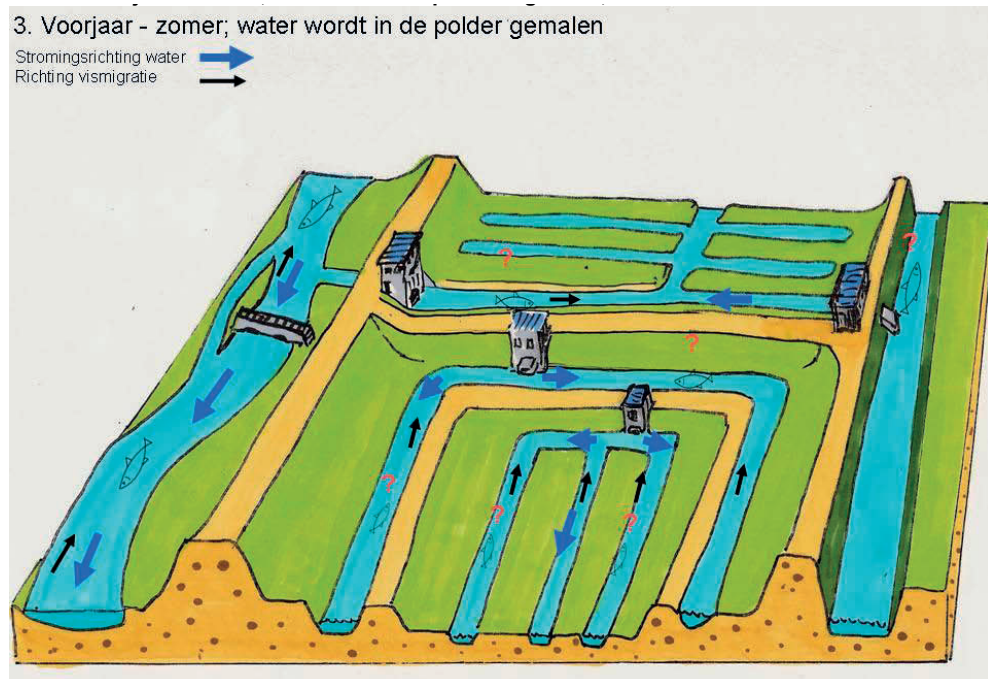
VOORJAAR – ZOMER; WATER WORDT UIT DE POLDER GEMALEN



3. VOORJAAR – ZOMER, WATER WORDT DE POLDER INGELATEN;

FIGUUR 1.3

VOORJAAR – ZOMER, WATER WORDT DE POLDER INGELATEN



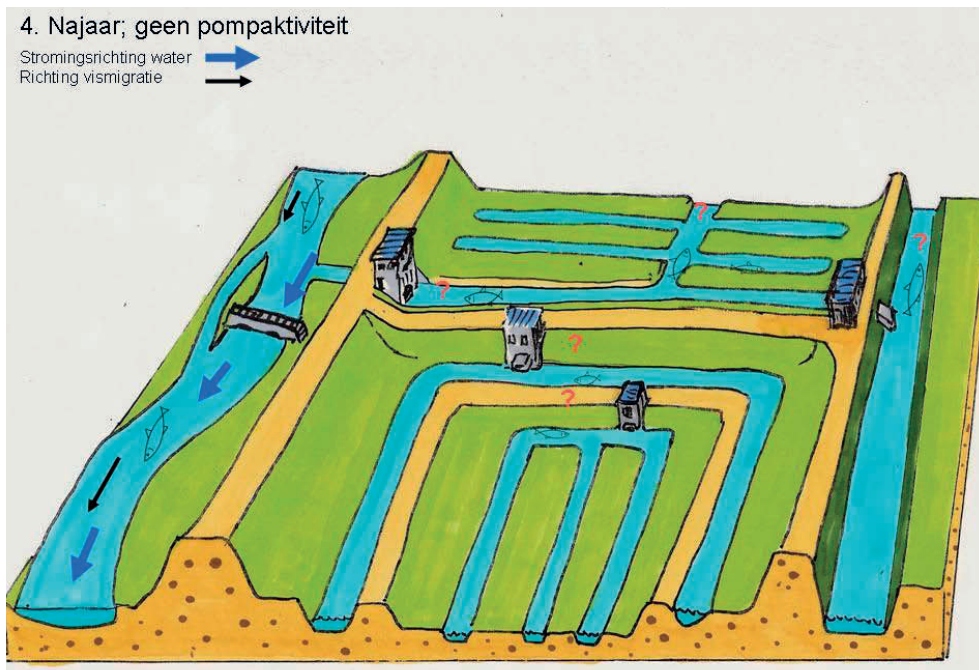
Onder normale neerslagcondities wordt er in het voorjaar – zomer water de polder ingelaten om een hoog zomerpeil te handhaven. Het inlaten van water gebeurt doorgaans onder vrij verval. Voor een migratie naar paaigebieden, gelegen in de polder, is hierbij de richting van de waterstroming tegengesteld aan wat noodzakelijk zou zijn. Omdat er geen water wordt uitgemalen, zijn er tevens geen andere richtinggevendende factoren (lokstoffen etc.) voor vismigratie. Ook hier geldt dat vissen in hun eigen watercompartiment blijven en aldaar paaigebieden met gunstige condities moeten zien te vinden. Van een succesvolle migratie tussen watersystemen is geen sprake. Vis die ‘benedenstrooms’ van opvoerwerken aanwezig is, kan met het ingelaten water mee worden getransporteerd waarbij er nauwelijks tot geen kans op schade aanwezig is.

4. NAJAAR, GEEN POMPACTIVITEIT TUSSEN DE VERSCHILLENDE COMPARTIMENTEN VAN HET SYSTEEM

In het najaar is normaliter sprake van een migratie naar overwinteringsgebieden. Vis zoekt diepe, ruime en rustige delen van het watersysteem op, om beschermd te zijn tegen vorst en om verzekerd te zijn van goede zuurstofcondities. Het is tevens het tijdstip dat schieraal zijn migratie naar de Sargassozee begint en dus vanuit de kleinste polderwateren naar zee dient te kunnen migreren. Hiervoor wil vis met de waterstroming mee migreren, zodat op een natuurlijke wijze overwinteringsgebieden kunnen worden bereikt, terwijl schieraal natuurlijk verder doortrekt naar zee. Omdat er echter niet wordt gepompt, is er geen stroming in het water en zijn er geen richtinggevendende aanwijzingen die de vis kan benutten. Er is geen uitwisseling tussen watersystemen zodat vis overwinteringsgebieden in de nabijheid moet zoeken. In veel kleinschalige polderwateren zijn gebieden met de juiste condities niet aanwezig. Hiermee is de kans op wintersterfte aanzienlijk. Schieraal kan niet uit het gebied vertrekken en kan ten gronde gaan (of te laat aan de migratie beginnen).

FIGUUR 1.4

NAJAAR, GEEN POMPAKTIVITEIT TUSSEN DE VERSCHILLENDE COMPARTIMENTEN VAN HET SYSTEEM

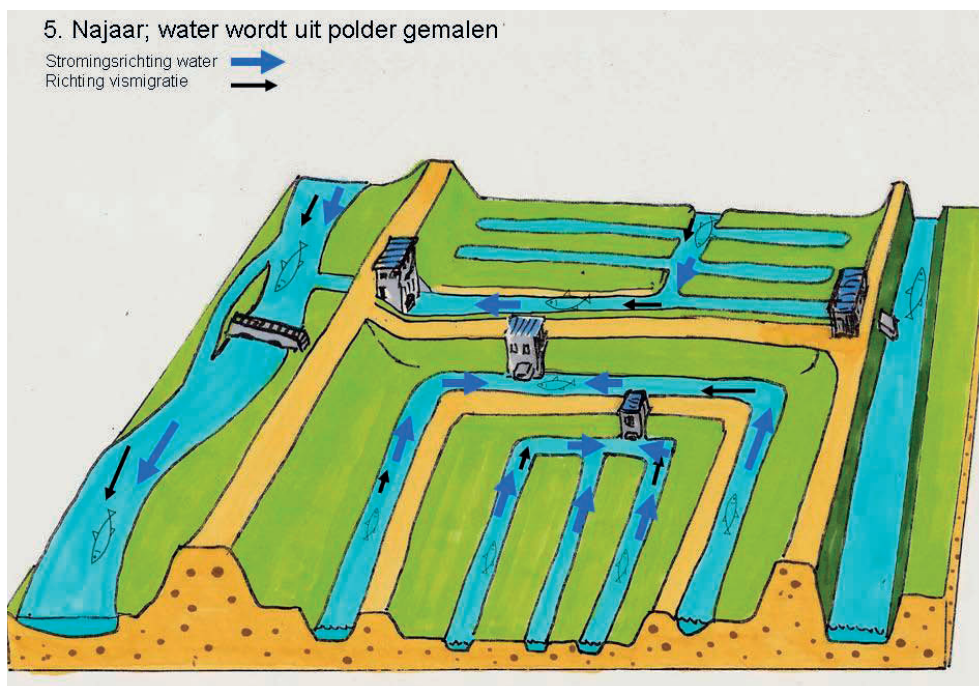


5. NAJAAR, WATER WORDT UIT DE POLDER GEMALEN;

Om een laag peil in de winter te creëren wordt water uit de polder gemalen. Deze situatie is in het najaar het meest gangbaar en geeft, voor wat betreft de migratie naar overwinteringsgebieden, de juiste condities weer. Wanneer vis met het water mee migreert komt deze in ruimere watersystemen met grotere diepte. Door echter met de stroming mee te gaan, loopt de vis het risico door de opvoerwerken te passeren en heeft daarbij kans om schade en/of sterfte te ondervinden. Het beheer van de opvoerwerken leidt in dit geval tot een grotere kans op vissterfte. Zeker schieraal loopt hierbij grote risico's.

FIGUUR 1.5

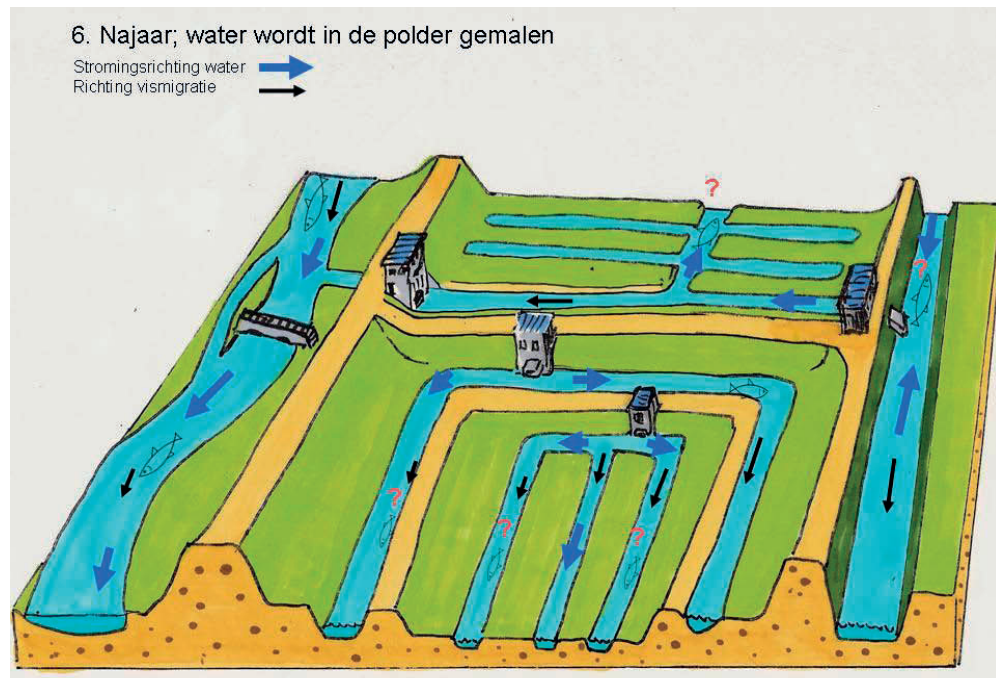
NAJAAR, WATER WORDT UIT DE POLDER GEMALEN



6. NAJAAR, WATER WORDT DE POLDER INGELATEN

FIGUUR 1.6

NAJAAR, WATER WORDT DE POLDER INGELATEN



Deze situatie zal zich voornamelijk voordoen in droge perioden, wanneer het peil in de polder te laag staat. Voor wat betreft de migratierichting is sprake van een verkeerde stimulus. Hoewel dit beheer de migratie op de rivier niet ernstig zal beïnvloeden (de grootste watermassa gaat toch stroomafwaarts naar delen met ruimere dimensies), kan er in polder – boezem systemen en binnen polders toch een verkeerd gerichte migratie ontstaan, juist naar wateren met kleinere dimensies. Vis die met het water mee migreert, via de inlaatwerken, heeft doorgaans weinig kans op schade en/of sterfte. Schieraal is niet in staat de polder te verlaten.

7. SAMENVATTEND OPMERKINGEN IN VERBAND MET VERSCHILLENDE BEHEERSSITUATIES.

De in voorgaande paragrafen geschetste consequenties van het beheer van opvoerwerken in verschillende seizoenen voor de vismigratie gelden in grote lijnen. In werkelijkheid is de situatie meer gecompliceerd; tussen vissoorten bestaan verschillen waar het gaat om de reactie op stimuli voor migratie, het habitatgebruik (kleinschalig of grootschalig), de noodzaak tot migratie of omstandigheden die geschikt zijn voor paai en overwintering. Ook wordt gesteld dat poldergebieden geschikte paai- en opgroei gebieden zijn, hoewel dit zeker niet in algemene zin het geval is. Tevens wordt aangenomen dat poldergebieden geen geschikte overwinteringsplaatsen bieden. Ook dit gaat niet altijd op, sterker, diverse waterbeheerders hebben in hun beleid verankerd om binnen poldergebieden geschikte overwinteringsplaatsen te creëren. Desalniettemin, alle vissoorten moeten paaieren en moeten succesvol overwinteren, wil er geen schade toegebracht worden aan de populatie. Een en ander dient voornamelijk om een referentiekader te hebben waar het gaat om de mogelijke gevolgen van het beheer van opvoerwerken op de visstand, waar het gaat om de vismigratie en eventuele schade. In onderstaande tabel worden de consequenties van het mogelijke beheer nog eens samengevat. Als kanttekening hierbij, waar gesproken wordt over volledige barrièrewerking, wordt gedacht vanuit de wenselijke richting voor de vismigratie.