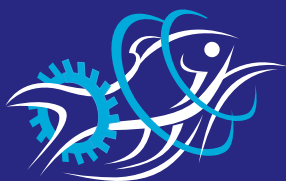


# WORDEN VISSSEN IN DE MALING GENOMEN?

2010

21



---

## STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) is het kenniscentrum van regionale waterbeheerders in Nederland. STOWA ontwikkelt, verzamelt en implementeert kennis die nodig is om de opgaven waar de waterbeheerders voor staan, goed uit te voeren. Denk aan goede afvalwaterzuivering, klimaatadaptatie, het halen van chemische en ecologische waterkwaliteitsdoelstellingen en veilige regionale waterkeringen. De kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch en sociaal-wetenschappelijk gebied.

Voor het bepalen van de kennisdoelen stelt STOWA samen met de waterbeheerders periodiek een strategienota op. Hierin worden voor een periode van vijf jaar de hoofdlijnen van kennisontwikkeling vastgesteld. Deze worden uitgewerkt in een aantal kennisprogramma's. Het voor deze programma's benodigde onderzoek laat STOWA uitvoeren door gespecialiseerde instituten en bureaus. Jaarlijks wordt de strategienota op relevantie getoetst en zonodig herzien.

Programma- en begeleidingscommissies - bemenst met vertegenwoordigers uit de achterban - spelen binnen STOWA een belangrijke rol. Programmacommissies als medebepalers van kennisprogramma's, begeleidingscommissies als begeleiders van uit te voeren onderzoek. Op deze manier waarborgt de stichting de kwaliteit én toepasbaarheid van de ontwikkelde en bijeengebrachte kennis.

STOWA werkt samen met ministeries en andere kennisinstellingen, maar ook binnen grote kennisprogramma's om onderzoek op elkaar af te stemmen, of gezamenlijk uit te voeren. De redenen voor samenwerking zijn grotere wetenschappelijke slagkracht, synergie en financiële voordelen.

Naast het ontwikkelen en bijeenbrengen van kennis, werkt STOWA actief aan het ontsluiten, verspreiden, delen en verankeren ervan. Dat doen we via het uitgeven van kennisrapporten, handreikingen, modelinstrumenten, stappenplannen, wegwijzers, e.d. Maar ook door publicaties in vakbladen en via onze eigen website, speciale themasites, (digitale) nieuwsbrieven, databases, folders en brochures. We organiseren bijeenkomsten over specifieke kennisonderwerpen. Verder faciliteren we deskundigenplatforms waar STOWA-deelnemers en vertegenwoordigers van kennisinstellingen, universiteiten en andere externe adviseurs kennis en ervaringen kunnen uitwisselen.

---

Deelnemers aan STOWA 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, provincies en Rijkswaterstaat. Gezamenlijk brengen zij het benodigde geld bijeen voor het werk van de stichting.

➤ **DE MISSIE VAN STOWA**

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften en kennisleemten op het gebied van het waterbeheer en het voor en met deze beheerders ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen en verankeren van de benodigde kennis.

➤ **STOWA**

Postbus 2180  
3800 CD Amersfoort

**Bezoekadres**

Stationsplein 89, vierde etage  
3818 LE Amersfoort

t. 033 460 32 00  
e. [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl)  
i. [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)

---

## COLOFON

---

### Uitgave

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer STOWA, Utrecht

### Auteur

Bert-Jan van Weeren, Deventer

### Eindredactie

Pui Mee Chan, Tim Vriese, Bas van der Wal

### Fotografie

Istockphoto (blz. 34 en 37), Vildaphoto (Lars Soerink blz. 40, Rollin Verlinde blz. 1, 6, 12, 18, 26 en 46) e.a.

### Vormgeving

Shapeshifter, Utrecht

### Druk

Libertas, Bunnik

**STOWA-rapportnummer** 2010-21

**ISBN** 978.90.5773.480.9

**STOWA** Amersfoort, juni 2010

**Copyright** Teksten uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Het onderzoek waarop deze brochure is gebaseerd, is uitgevoerd door Grontmij, Visadvies en ATKB.

Dit project is mede gefinancierd vanuit het Innovatieprogramma Kaderrichtlijn Water, uitgevoerd door NL

Innovatie in opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

---

## INHOUD

---

	STOWA in het kort	02
H1	Worden vissen in de maling genomen?	06
H2	Welke gemalen, opvoerwerken & visvriendelijke alternatieven zijn er?	12
H3	Opzet en uitvoering van het onderzoeksproject	18
H4	Voorlopige resultaten	26
H5	Discussie, conclusies en aanbevelingen	40
	Bijlagen:	46
	• Publicaties	47
	• Meer informatie	48

---

# H1 WORDEN VISSSEN IN DE MALING GENOMEN?



---

Nederland staat als polder- en deltaland vol met stuwen, sluisen, gemalen en andere waterstaatkundige kunstwerken. Deze kunstwerken zorgen ervoor dat we in grote delen van ons land veilig kunnen wonen, werken en recreëren. Diezelfde kunstwerken hebben echter ook een belangrijk nadeel: ze versnipperen ons oppervlaktewater en belemmeren de trek- en migratiemogelijkheden van vissen. Vooral gemalen - Nederland telt er ten minste drieduizend - zijn lang niet altijd (veilig) passeerbaar voor vissen.

Migratie is voor veel vissen van levensbelang. Vissen zoeken vaak op enig moment vanuit de boezem of het buitenwater het ondiepe polderwater op. Bijvoorbeeld om op de daar aanwezige waterplanten eieren af te zetten (paaieren). Of juist omdat ze de polder een aantrekkelijk en voedselrijk leefgebied vinden, zoals aal. Ook vinden verhuizingen plaats vanuit kleinere polderwateren naar de grotere boezem en de buitenwateren.

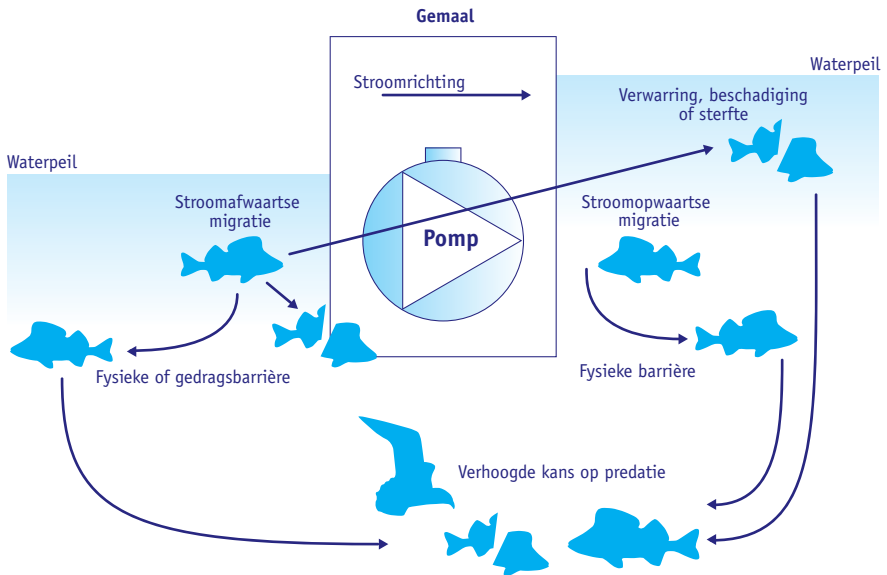
De drang om te migreren is bij veel vissen zó groot, dat ze bij migratie vanuit polder naar boezem of buitenwater draaiende gemalen in zwemmen. Voor andere vissen vormen gemalen onneembare barrières, omdat ze de gemalen bewust lijken te mijden en er niet doorheen gaan.

Er is bij vis zowel sprake van stroomafwaartse als stroomopwaartse migratie. Bij stroomafwaartse migratie moeten ze de gemalen door. Stroomopwaartse migratie is voor vissen fysiek niet mogelijk, omdat de gemalen in deze richting een absolute fysieke barrière vormen. Zie [figuur 1](#).

STOWA heeft van 2008 tot en met 2010 een groot onderzoek uit laten voeren om meer inzicht te krijgen in de mate waarin stroomafwaartse vismigratie mogelijk is door opvoerwerken en de schade die individuele vissen kunnen oplopen bij het passeren van gemalen.

Met dit onderzoek 'Schade aan vis in gemalen' biedt STOWA waterbeheerders handvatten bij het op visvriendelijke wijze vernieuwen of aanpassen van gemalen. In deze brochure leest u meer over de opzet, uitvoering, achtergronden en voorlopige resultaten van dit onderzoeksproject. Het definitieve onderzoeksrapport en alle bijlagen zijn dit najaar gereed.

Fig 1 SCHEMATISATIE VAN DE VISMIGRATIE



### 1.1 WAT IS SCHADE?

Gemalen - of beter gezegd: de opvoerwerken van gemalen - kunnen zowel direct als indirect schade berokkenen aan vis. De directe schade is de fysieke schade die vissen oplopen bij het passeren van gemalen.

Als vissen een vijzel passeren, kan er schade ontstaan door aanraking met de eerste winding van het vijzelblad (wormwiel) of door beknelling tussen het vijzelblad en de behuizing.

Als vissen pompen passeren kunnen ze schade oplopen door aanraking met (bewegende) delen van de pomp, zoals as, schroef, waaier, wanden van pomphuis, zuig- of persleiding. Ook kunnen ze schade oplopen door de drukverschillen in de pomp.

Er kan ook indirecte schade optreden. Dit is bijvoorbeeld het geval als de migratie bij een opvoerwerk tot stilstand komt, en ophoping van vis ontstaat. Dit kan



---

leiden tot extra predatie door andere vissen of vogels. Zie [figuur 1](#). Vissen die voor hun voortplanting echt afhankelijk zijn van de trek, kunnen sterven als ze in hun migratie worden belemmerd.

Het STOWA-onderzoek beperkte zich tot het kwantificeren van de directe schade aan vissen bij het passeren van de opvoerwerken van gemalen tijdens stroomafwaartse migratie.

---

**Fig 2**      **BAARS EN BLANKVOORN MET ERNSTIGE SCHADE**



---

## **1.2**      **WAAROM EEN BETERE VISSTAND?**

De laatste jaren neemt de belangstelling voor vis en het verbeteren van de visstand flink toe. Dat is vooral het gevolg van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). Deze richtlijn verplicht lidstaten (i.c. waterbeheerders) ecologische doelen voor hun oppervlaktewateren op te stellen. Deze doelen moeten zij niet alleen definiëren in termen van algen, waterplanten en macrofauna, maar ook in soorten en aantallen vissen die horen bij een ecologisch goed functionerend watersysteem.

---

Om de visdoelen te halen, moet de visstand vaak worden verbeterd. Een goede manier om dat te doen is het beter bereikbaar maken van potentiële leefgebieden van vissen via het aanpassen van stuwen en gemalen.

Naast het verbeteren van de migratiemogelijkheden voor vissen, is diervriendelijkheid een drijfveer om stuwen en gemalen aan te passen. Het is belangrijk voldoende zicht te krijgen op de exacte schade die opvoerwerken van de huidige generatie gemalen (zoals centrifugaalpomp en schroefpompen) aan passerende vissen veroorzaken.

### 1.3 **VISWEREND, VISPASSEERBAAR, VISOVERLEEFBAAR OF VISVRIENDELIJK?**

Bij het verbeteren van vismigratie wordt een onderscheid gemaakt tussen het viswerend, vispasseerbaar, visoverleefbaar en visvriendelijk maken van gemalen.

Het viswerend maken betekent het voorkomen dat vissen gemalen inzwemmen waar ze het er mogelijk niet levend vanaf brengen. Voorbeeld is het plaatsen van stroboscooplicht bij de gemaalinstroomopening.

Vispasseerbaar betekent dat vissen de gemalen kunnen passeren, maar daarbij kan wel schade aan vissen optreden. Daarmee zijn ze dus nog niet visvriendelijk, dat wil zeggen: passeerbaar én overleefbaar.

Gemalen kunnen op twee manieren passeerbaar en overleefbaar worden gemaakt. Er kunnen bij of naast het gemaal voorzieningen worden aangelegd waardoor vissen er ongeschonden langs kunnen zwemmen. Gemalen zelf kunnen ook passeerbaar en overleefbaar worden gemaakt. Als aan beide criteria wordt voldaan, spreken we van een visvriendelijk gemaal.

### 1.4 **WET- EN REGELGEVING VISMIGRATIE**

De wet- en regelgeving op het gebied van vis- en vismigratie is in ontwikkeling. In 1996 heeft Nederland zich gecommitteerd aan een Benelux-beschikking over vrije migratie van vissoorten. De beschikking verplicht Beneluxlanden vrije migratie van vis te realiseren. De beschikking is inmiddels aangepast en in overeenstemming gebracht met de vereisten vanuit de Kaderrichtlijn Water.

De Kaderrichtlijn Water verplicht waterbeheerders om – naast algen, water-

---

planten en macrofauna - de aanwezige visstand te gebruiken om de ecologische kwaliteit van hun oppervlaktewateren te toetsen en ecologische doelstellingen te formuleren.

Er zijn ook soortspecifieke verordeningen. De belangrijkste is de Europese Aalverordening. Hierin is afgesproken dat de Europese lidstaten beheerplannen voor de aal opstellen. Het doel van de verordening is ten minste 40 procent van de oorspronkelijke biomassa van schieraal naar zee te kunnen laten migreren.

### 1.5 **ANDERE ONDERZOEKEN: VISSEN ZWEMMEN WEER HEEN EN WEER**

De laatste jaren zijn diverse onderzoeken uitgevoerd naar vismigratie en visschade bij gemalen. Hieruit komt naar voren dat gemalen soms voor aanzienlijke schade en sterfte kunnen zorgen. Door het toepassen van nieuwe visvriendelijke opvoeren in gemalen ontstaat de mogelijkheid (polder-)gebieden voor vis beter te ontsluiten. Inmiddels zijn al de nodige visvriendelijke migratievoorzieningen ontwikkeld, maar het ontbreekt vaak nog aan voldoende kennis over de effectiviteit en de kosten.

Die effectiviteit wordt onder meer onderzocht in een aan dit onderzoek verwant project: 'Vissen zwemmen weer heen en weer'. In dit project van het Hoogheemraadschap van Delfland, Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, Hoogheemraadschap Hunze en Aa's, Waterschap Zeeuwse Eilanden en STOWA worden bij een aantal gemalen innovatieve vismigratievoorzieningen en pomconcepten gerealiseerd.

Het project start met een nulmeting, waarbij de visveiligheid, vispasseerbaarheid en geluidsproductie van de te onderzoeken gemalen in beeld wordt gebracht. Daarna worden de aanpassingen gerealiseerd, dan wel nieuwbouw gepleegd. Vervolgens monitoren onderzoekers de nieuwe situatie om te onderzoeken in welke mate vissen de (aangepaste) gemalen passeren en hoeveel schade en sterfte hierbij optreedt.

Samen met de resultaten van dit onderzoek krijgen regionale waterbeheerders inzicht in de mate van visvriendelijkheid van hun gemalen en in de mogelijkheden die er zijn om hun gemalen te kunnen aanpassen. Meer over beide onderzoeken leest u op de themasite Vis & Vismigratie van STOWA (zie [Meer informatie](#)).

---

## **H2 WELKE GEMALEN, OPVOERWERKEN & VISVRIENDELIJKE ALTERNATIEVEN ZIJN ER?**



---

Gemalen zijn er in veel soorten en maten, afhankelijk van hun functie. De belangrijkste typen zijn boezem- en poldergemalen. Boezemgemalen zorgen voor het op peil houden van de boezem, en lozen meestal op grote rivieren of op zee. Poldergemalen handhaven het polderpeil en lozen op de boezem, maar soms ook direct op een buitenwater. Daarnaast bestaan er nog veel andere soorten gemalen, zoals opvoergemalen, onderbemalingen, transportgemalen, circulatiegemalen en doorspoelgemalen. Deze hebben vaak een zeer specifieke functie: het handhaven van een hoger of juist lager peil in een deel van een polder, het aanvoeren van water voor specifiek gebruik (bijv. bedrijfswater), het doorspoelen van poldergebieden.

Gemalen hebben allemaal een opvoerwerk, het apparaat dat het water verplaatst. Er zijn veel verschillende typen opvoerwerken, afhankelijk van de eisen die er aan het functioneren van het opvoerwerk worden gesteld. Denk daarbij aan de hoeveelheid te verplaatsen water en het te overbruggen hoogteverschil, de opvoerhoogte. Dit leidt tot de keuze voor een bepaalde type opvoerwerk, met een bepaalde capaciteit, een bepaald toerental, etc.

Hieronder geven we een kort overzicht van de meest voorkomende opvoerwerken in Nederlandse gemalen, alsmede van de belangrijkste typen visvriendelijke alternatieven die momenteel worden ontwikkeld of reeds in productie zijn. In het uitgevoerde onderzoek is de visvriendelijkheid van veel van de genoemde typen onderzocht. De alternatieven vallen uiteen in visvriendelijke vijzels en pompen enerzijds, en voorzieningen die vissen om het opvoerwerk leiden anderzijds. De laatste worden hier ter volledigheid kort genoemd. Maar ze zijn niet betrokken in het onderzoek.

## 2.1 CONVENTIONELE OPVOERWERKEN

### 2.1.1 Vijzels

Vijzels worden veelvuldig toegepast in Nederland, vooral vanwege hun robuustheid en het feit dat ze over het algemeen weinig onderhoud vergen. Een vijzel is een onder een hoek opgestelde buis die is voorzien van schroefwindingen, het zgn. wormwiel. De buis draait rondt in een behuizing, waarbij het water door de windingen naar een hoger niveau wordt getransporteerd. Zie ook [figuur 3](#).

### 2.1.2 POMPEN

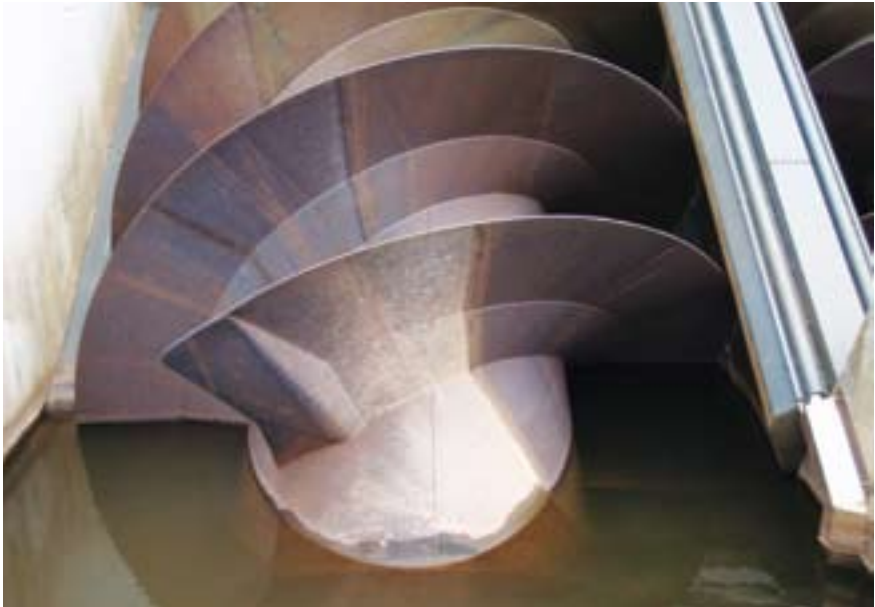
Pompen worden vaak in drie typen onderverdeeld, op basis van de manier waarop, c.q. de hoek waaronder het water door de pomp stroomt: radiaal, radiaal/axiaal

---

en axiaal. Afhankelijk daarvan kun je een indeling maken in centrifugaalpomp (radiaal), schroefcentrifugaalpomp (radiaal/axiaal) en schroefpomp (axiaal). Daarnaast noemen we nog hydrostalpomp.

---

**Fig 3**      **AFBEELDING VAN EEN CONVENTIONELE VIJZEL**



---

Een *centrifugaalpom* maakt gebruik van middelpuntvliedende of centrifugaalkracht om water te verplaatsen. Het water komt evenwijdig aan de pompas de pomp binnen waarna een waaier het water radiaal ‘wingslingert’.

Een *schoefcentrifugaalpom* is een combinatie van centrifugaalpom en schroefpom (zie onder).

Een *schoef- of axiaalpom* is het meest gangbare type opvoerwerk in Nederland. Een schroefpom bestaat uit een buis waarin een waaier draait die er uitziet als een schepsschoef. Door het ontstane drukverschil komt de vloeistof in beweging.

---

Meestal is de schroefas verticaal opgesteld en maakt de buis een bocht van 90 graden. De schroefas steekt dan in de bocht in een afdichting door de buis heen. Op deze manier kan de schroef door een boven of naast de pomp geplaatste motor worden aangedreven.

Er zijn *open* en *gesloten* schroefpompen. Het verschil zit in het gebruik van een persleiding. Bij een open schroefpomp wordt geen persleiding gebruikt. Qua waaier is het dezelfde pomp.

Een *hidrostaalpom* is een speciaal type schroefcentrifugaalpom. De pomp ziet eruit als een conus waaraan waaierbladen zijn bevestigd. Hidrostaalpompen worden vaak toegepast als vuilwaterpompen en afvalwaterpompen, omdat de pomp ongevoelig is voor verontreiniging.

## 2.2 VISVRIENDELIJKE OPVOERWERKEN

### 2.2.1 Visvriendelijke vijzels

Bij conventionele vijzels lopen de schroefwindingen over de volle breedte door tot aan het uiteinde van de vijzel. Zie [figuur 3](#). Hierdoor slaan de eerste windingen bij elke draai door het water. Een tik van de winding kan vissen ernstig verwonden. Er zijn ook visvriendelijke vijzels. Hierbij neemt bijvoorbeeld de breedte van de vijzelbladen gedurende de laatste windingen af, zodat de bladen teruglopen naar de as van de vijzel. Dit laatste type vijzel heet een *De Witvijzel*. Het onderzochte gemaal Vleuterweide van Stichtse Rijnlanden heeft een dergelijke vijzel.

Bij een *buisvijzel* zit het vijzelblad vast aan de behuizing, waardoor er geen ruimte meer bestaat tussen de vijzel en de vijzelwand. Hierdoor kan vis niet meer beklemd raken. Zo'n buisvijzel kan verder visvriendelijk worden gemaakt door de eerste winding bij deze vijzel langzaam af te laten lopen in de buiswand. Het onderzochte gemaal Zwanburgerpolder van Rijnland heeft een dergelijke buisvijzel.

### 2.2.2 Visvriendelijke pompen

In het gemaal de Zilk van Rijnland is een *schroefpom met omgekeerde stroming* geplaatst die omgekeerd kan draaien bij het opstarten. Het doel van de omgekeerde waterstroming is het verjagen van de vissen die in de pompkelder zitten, bij het opstarten van het gemaal. In het onderzoek werd de visvriendelijkheid van deze pom onderzocht.

---

Een *faunapomp* is een pomp zonder draaiende delen. Het principe is gebaseerd op dat van een zogenoemde air-lift pomp. Door in één van de buizen van een U-bocht lucht te injecteren, stijgt door verlaging van de soortelijke massa het water/luchtmengsel naar het hoger gelegen niveau. Hierdoor wordt water (en vis) verpompt naar een hoger gelegen gebied. De faunapomp - geplaatst bij Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier - is meegenomen in het onderzoek.

Bij een *visveilige axiaal (schroef)pomp* is de vorm van de schroef zodanig aangepast, dat vissen er ongeschonden doorheen kunnen. Deze pomp is eerder onderzocht in een proefopstelling met gedwongen blootstelling van vis (zie [Publicaties](#)).

Er bestaat een visvriendelijke variant van de *hidrostalpomp*. Deze pomp, die in de praktijk nog nauwelijks is ingezet in Nederland, werd tijdens het onderzoek onderzocht in een proefopstelling met gedwongen blootstelling van vis.

---

**Fig 4** AANZICHT VAN DE WAAIER VAN EEN HIDROSTALPOMP





---

De *AmarexKRT (type D)* is de handelsnaam van een nieuw type schroefcentrifugaal-pomp met een eenbladige waaier (de D). Deze pomp, waarvan wordt geclaimd dat hij visvriendelijk is, werd tijdens het onderzoek onderzocht in een proefopstelling met gedwongen blootstelling van vis.

### 2.3 VISVRIENDELIJKE BYPASSES

Langs gemalen kan een *vistrap* worden aangelegd, een reeks van waterbekkens met overlaten. De kleine hoogteverschillen tussen de bekkens stellen vissen in staat op eigen kracht een groot hoogteverschil te overwinnen. Er zijn diverse typen vistrappen ontwikkeld.

Meer recent is de speciale *gemaalvispassage* ontwikkeld. Hierbij wordt een gemaal naast de conventionele gemaalpompen, voorzien van een venturipomp. Deze zorgt voor een extra waterstroom in twee aangelegde zijkanalen van het gemaal. De zijkanalen lopen door tot in de polder en vormen daarmee een visveilige passage om de gemaalpompen heen. Met stroboscooplampen wordt de vis bij de conventionele gemaalpomp vandaan gehouden.

---

## H3 OPZET EN UITVOERING VAN HET ONDERZOEKSPROJECT



Het onderzoeksproject 'Schade aan vis in gemalen' is uitgevoerd in de periode van 2008 tot medio 2010. Het doel van het op initiatief van STOWA uitgevoerde project was meer inzicht te krijgen in de mate waarin vismigratie mogelijk is door opvoerwerken van gemalen en het kwantificeren van de schade aan individuele vissen bij het passeren van gemalen.

De onderzoekers startten in 2008 met een algemene studie naar de visvriendelijkheid van Nederlandse gemalen. De uitkomsten van de studie zijn weergegeven in het STOWA-rapport 'Gemalen of vermalen worden?'. Het rapport geeft op basis van literatuuronderzoek en *expert judgement* een overzicht van de gangbare typen opvoerwerken in Nederland, de omvang van de door deze werken veroorzaakte schade aan vis, en mogelijke visvriendelijke alternatieven. In [figuur 5](#) en [tabel 1](#) staan de belangrijkste conclusies van deze studie uitgelicht.

**Fig 5** INDELING NAAR VISVRIENDELIJKHEID VAN BESTAANDE POMPTYPEN

*Zoals onderzocht in de studie 'Gemalen of vermalen worden'.*



\* Er is tot nu toe 1 schepradgemaal onderzocht (boezemgemaal).

\*\* Het betreft hier *expert judgement*, dit type is tot nu toe in nog niet in Nederland gerealiseerd.

\*\*\* Er is 1 De Witvijzel onderzocht (boezemgemaal).

**Tabel 1** KENMERKEN VAN INVLOED OP DE VISVRIENDELIJKHEID VAN OPVOERWERKEN

*Zoals onderzocht in de studie 'Gemalen of vermalen worden'.*

KENMERKEN	VISONVRIENDELIJK	VISVRIENDELIJK
Capaciteit	Laag	Hoog
Waaierdiameter	Klein	Groot
Opvoerhoogte	Hoog	Laag
Toerental	Hoog	Laag
Aantal draaiuren	Groot	Klein

Uit de studie kwam een aantal kennishiaten naar boven, met name waar het ging om combinaties van bepaalde pomptypen en capaciteiten en het daarbij behorende schadeprofiel. Ook bleken er nog vragen over factoren die van invloed kunnen zijn op het gedrag van vis in de nabijheid van een gemaal (wel/niet passeren). Bijvoorbeeld geluid, aanstroomsnelheid en de dimensies van het grofvuilrooster. Daarom werd gestart met een praktijkproject. In dit project zijn tijdens de najaarstrek van 2009 veldmetingen verricht bij gemalen met veelvoorkomende conventionele opvoerwerken met verschillende capaciteiten (20) en bij gemalen met visvriendelijke opvoerwerken (4). Verder zijn bij twee opvoerwerken die nog niet in de gemaalpraktijk worden toegepast, metingen verricht in een proefopstelling met gedwongen blootstelling van vis.

In de zomer van 2010 zijn de resultaten geanalyseerd en is een onderzoeksrapport opgesteld met bijlagen van afzonderlijke metingen per onderzochte gemaallocatie.

### 3.1 DE ONDERZOCHE OPVOERWERKEN

In het praktijkonderzoek zijn visbemonsteringen verricht bij:

- drie vijzels: Gemaal Overwaard (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard), gemaal De Wenden (Waterschap Veluwe) en gemaal Sudhoeke (Wetterskip Fryslân);
- twee centrifugaalpomp: Gemaal Boreel (Waterschap Zeeuwse eilanden) en gemaal Duifpolder (Hoogheemraadschap van Delfland);
- vier schroefcentrifugaalpomp: gemaal Schilthuis (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard), gemaal Tonnekreek (Waterschap Brabantse Delta), gemaal Willem-Alexander (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier),

- 
- gemaal B.B. polder (Hoogheemraadschap van Rijnland);
- drie gesloten, compacte schroefpompen: gemaal Berkel, gemaal Holierhoekse en Zouteveense polder en gemaal Meerpolder (allen Hoogheemraadschap van Delfland);
  - drie gesloten schroefpompen: gemaal Antlia (Waterschap Veluwe), gemaal Kortenhoef (Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht), gemaal Makkumermar (Wetterskip Fryslân);
  - drie open schroefpompen: gemaal Tilburg, gemaal Nijverheid (beide Waterschap Noorderzijlvest) en gemaal Thabor (Wetterskip Fryslân);
  - twee conventionele hidrostalpompen: gemaal Wogmeer (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier), gemaal Ypenburg (Hoogheemraadschap van Delfland);
  - een visvriendelijke De Witvijzel: gemaal Vleuterweide van Stichtse Rijnlanden;
  - een visvriendelijke buisvijzel: gemaal Zwanburgerpolder (Hoogheemraadschap van Rijnland);
  - een schroefpomp met omgekeerde stroming: gemaal de Zilk (Hoogheemraadschap van Rijnland);
  - een faunapomp (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier);
  - een aangepaste hidrostalpompe. Deze pomp werd onderzocht in een proefopstelling met gedwongen blootstelling van vis;
  - een AmarexKRT (D) pomp. Deze pomp werd onderzocht in een proefopstelling met gedwongen blootstelling van vis.

---

**Fig 6** GEMAAL OVERWAARD (VIJZEL) IN ACTIE



---

**Fig 7**      **PLAATSING VAN EEN PROEFOPSTELLING**

Waarbij vis gedwongen wordt blootgesteld aan een visvriendelijke pomp.



---

Van de onderzochte gemalen werden de meest relevant geachte invloedsfactoren in beeld gebracht. Dit om eventuele verschillen in optredende schadeprofielen zo goed mogelijk te kunnen verklaren. Het gaat om algemene kenmerken van het opvoerwerk: pomptype, capaciteit, opvoerhoogte en toerental. Maar ook om de afmetingen van het grofvuilrooster voor de instroomopening, de aanstroomsnelheid en de geluidscondities bij het gemaal. Verder werden de druk, de versnelling en de rotaties die een vis tijdens het passeren van een opvoerwerk ondergaat, in kaart gebracht.

Deze laatste drie factoren hebben de onderzoekers - voor zover mogelijk - gemeten met een *sensor fish*. Dit apparaat kan verschillende krachten vastleggen die op de vis inwerken tijdens de passage. Als van de vooraf ingezette dummy-sensoren het merendeel kapot was geslagen of als dummy's niet werden teruggevonden, werd de *sensor fish* vanwege de te grote kans op beschadiging of verlies niet ingezet. Uiteindelijk kon de *sensor fish* worden toegepast bij elf gemalen en bij de twee visvriendelijke opvoerwerken in de proefopstelling.

Fig 8 LIGGING VAN DE ONDERZOCHE GEMALEN

- |                    |                     |                |                |
|--------------------|---------------------|----------------|----------------|
| 1 Zwanburgerpolder | 7 Sudhoeke          | 13 B.B. polder | 19 Antlia      |
| 2 Faunapomp        | 8 Boreel            | 14 Wogmeer     | 20 Kortenhoef  |
| 3 Vleuterwijde     | 9 Duifpolder        | 15 Ypenburg    | 21 Makkumermar |
| 4 De Zilk          | 10 Schilthuis       | 16 Berkel      | 22 Tilburg     |
| 5 Overwaard        | 11 Tonnekreek       | 17 HZ polder   | 23 Nijverheid  |
| 6 De Wenden        | 12 Willem-Alexander | 18 Meerpolder  | 24 Thabor      |



---

## 3.2 DE METINGEN

### 3.2.1 De wijze van bemonsteren

Bij het meten zijn zowel aan de uitstroomzijde als aan de instroomzijde van het gemaal metingen verricht. Via metingen aan de uitstroomzijde van het gemaal kan worden bepaald welk soorten en lengteklassen vissen passeren en in welke mate ze daarbij schade oplopen.

---

**Fig 9** PLAATSING VAN EEN FRAME MET OPVANGFUIK BIJ GEMAAL SCHILTHUIS



---

Er zijn zoals gezegd ook metingen verricht bij de instroomzijde. Daarbij zijn voornamelijk fuiken gebruikt die met de opening naar het gemaal toe werden geplaatst. Op deze wijze worden de vissen gevangen die de mogelijkheid hebben gehad het gemaal te passeren, maar juist vanaf het krooshek terugzwemmen.

Door het combineren van beide typen gegevens, krijgen de onderzoekers een beeld van het totale aanbod aan vis (gepasseerde vis plus ‘teruggekeerde’ vis). Het geeft ook een beeld van de aantallen vissen, de vissoorten en lengteklassen die het gemaal al dan niet passeren.



---

### 3.2.2 De periode en het tijdstip van bemonsteren

De monitoring van bestaande opvoerwerken werd uitgevoerd in het najaar van 2009. In dit jaargetijde is bij veel vissoorten sprake van een stroomafwaartse migratie richting overwinteringsplaatsen. Schieraal trekt vanaf het eind van de zomer stroomafwaarts naar de paaigronden in de Sargassozee. Bijkomend aspect is dat de gemalen in het najaar relatief veel draaien door veel neerslag.

Omdat migratie van verschillende soorten en lengtegroepen vaak pieksgewijs en niet altijd op hetzelfde tijdstip verloopt, zijn er per opvoerwerk meerdere metingen verricht, evenwichtig verspreid over het najaar.

Bij grote gemalen is gemiddeld zeven keer gemeten vanaf het invallen van de duisternis tot middernacht, omdat er in deze periode sprake is van een verhoogde activiteit van de vis. Daarnaast is bij een aantal gemalen 24 uur aaneen gemeten om zicht te krijgen op het verloop van de migratie over een heel etmaal. Bij de kleinere gemalen (kleiner dan 100 m<sup>3</sup>/minuut) is gemiddeld vijf keer 2 x 24 uur achter elkaar gemeten, om te komen tot voldoende vangst.

### 3.2.3 Welke visaspecten zijn gemeten?

De onderzoekers keken bij het bemonsteren van de vis naar de volgende aspecten:

- het aantal gepasseerde vissen. Dat aantal is bij de analyse van de resultaten onderverdeeld naar lengteklasse: kleiner dan 15 centimeter (eigenlijk  $\leq$  maar eenvoudigheidshalve weergegeven als kleiner dan 15), en groter dan 15 centimeter. Dit vanuit de gedachte dat de kleine vis waarschijnlijk minder schade oploopt dan de grote vis;
- het soort gepasseerde vissen, onderverdeeld naar familie. De voor het onderzoek belangrijkste families en soorten zijn: a. Cypriniden (karperachtigen, w.o. blankvoorn, brasem, kolblei, ruisvoorn, winde en alver), b. Perciden (baarsachtigen: baars, pos en snoekbaars), en c. Anguilliden (aal);
- de geconstateerde mate van schade bij gepasseerde vis: geen, licht (oppervlakkige schade die de vis kan overleven), dood (terminaal beschadigde en dode vis);
- soort schade bij gepasseerde vis: insnijding, breuken, schade aan ogen, schade aan kieuwdeksels, abnormale zwembewegingen;
- het aantal vissen aan de aanbodzijde, onderverdeeld naar familie en lengteklasse.

---

# H4 VOORLOPIGE RESULTATEN



---

#### 4.1 ALGEMEEN SCHADEBEELD

[Tabel 2](#) geeft een overzicht van de totale vangst in de aanbodfuiken en de opvangnetten (passage). Wat opvalt is het relatief kleine aandeel vis groter dan 15 cm in de opvangnetten tegenover het veel grotere aandeel in de aanbodnetten.

---

**Tabel 2 TOTALE VANGST IN HET ONDERZOEK (AANBOD ÉN PASSAGE)**

AANBOD	N	%	PASSAGE	N	%
	11.852			265.470	
N<15 cm	10.003	84,40	N<15 cm	262.895	99,03
N>15 cm	1.849	15,60	N>15 cm	2.575	0,97

---

[Tabel 3](#) geeft een overzicht van de omvang van de totale schade over alle opvoerwerken. Uit dit overzicht blijkt dat één op de tien vissen kleiner dan 15 cm het gemaal niet ongeschonden passeert, maar dat de grotere vissen veel vaker schade oplopen bij het passeren.

*Het verschil tussen schadepercentages lijkt eenvoudig te verklaren uit het feit dat grotere vissen meer kans lopen op botsing met bewegende delen in opvoerwerken.*

---

**Tabel 3 SCHADEVERDELING VAN DE DOOR DE GEMALEN GEPASSEERDE VIS**

*Verdeling naar lengteklasse.*

PASSAGE	TOTAAL	N<15 CM	N>15 CM
	265.470	262.895	2.575
Geen	234.500	232.814	1.686
Licht	2.579	2.280	299
Dood	28.390	27.800	590
% Geen	88,33	88,56	65,48
% Licht	0,97	0,87	11,61
% Dood	10,69	10,57	22,91

---

**Fig 10** **VOORAL VEEL KLEINE VIS.**

*Baarsjes bij gemaal Kortenhoef.*



---

**4.2** **SCHADE PER OPVOERWERK**

In het onderzoek is duidelijk geworden dat de indeling naar typen opvoerwerken geen eenduidige relatie heeft met de omvang van de schade die de opvoerwerken aan passerende vis veroorzaken. Daarom is onderzocht welke groepen er zijn die qua schadeprofiel onderling vergelijkbaar zijn. Dit leverde een indeling op in acht ‘schadegroepen’.

[Tabel 4](#) geeft het gemiddelde schadepercentage per groep. Hieruit blijkt dat 15 van de 24 onderzochte opvoerwerken een gemiddeld schadepercentage hebben van 3,7 procent of minder. De overige acht hebben een gemiddeld schadepercentage dat aanzienlijk hoger ligt, 7 procent of meer. De gesloten schroefpomp in het gemaal Holierhoekse en Zouteveense polder heeft met 79,2 procent veruit het hoogste schadepercentage.

**4.3** **GEVANGEN EN BESCHADIGDE VISSOORTEN**

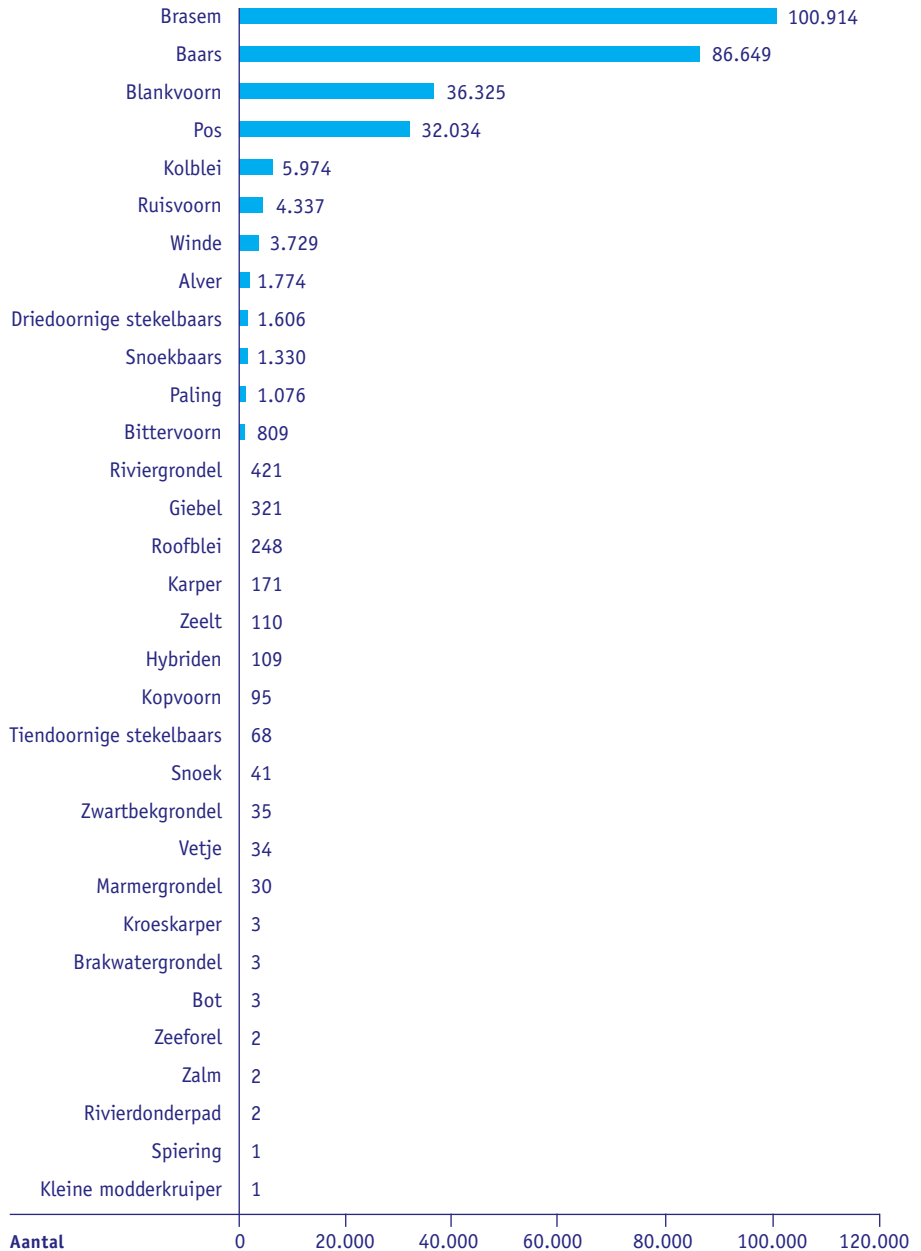
[Tabel 5](#) geeft een overzicht van het totaal aantal gevangen vissoorten bij de bemonsteringen. De meest talrijke soorten zijn brasem en baars, samen goed voor 65 procent van de totale vangst, inclusief blankvoorn en pos zelfs meer dan 90 procent. Worden daar ook kolblei, ruisvoorn en winde bij opgeteld, dan vormen deze soorten samen ongeveer 98 procent van het totaal aantal gevangen vissen.

**Tabel 4 SCHADEPERCENTAGES PER OPVOERWERK**

GROEP	TYPE	GEMAAL	GEM. % DOOD
1	Faunapomp	Faunapomp	
	Vijzel	De Wenden	0,1%
	Vijzel	Overwaard	
	Schroefcentrifugaalpomp: Visvriendelijke hidrostal	-	
	Schroefcentrifugaalpomp: AmarexKRT (D)	-	
2	De Witvijzel	Vleuterweide	0,3%
3	Centrifugaalpomp	Duifpolder	
	Schroefcentrifugaalpomp	BB polder	0,6%
	Schroefcentrifugaalpomp	Tonnekreek	
4	Buisvijzel	Zwanburgerpolder	
	Vijzel	Sudhoeke	
	Centrifugaalpomp	Boreel	1,5%
	Gesloten schroefpomp	Antlia	
	Open schroefpomp	Nijverheid	
5	Schroefcentrifugaalpomp	Schilthuis	3,7%
6	Omgekeerde stroming	De Zilk	
	Hidrostal	Ypenburg	
	Hidrostal	Wogmeer	
	Schroefcentrifugaalpomp	Willem Alexander	7,0%
	Gesloten schroefpomp (compact)	Meerpolder	
	Gesloten schroefpomp (compact)	Berkeel	
	Gesloten schroefpomp	Kortenhoef	
7	Gesloten schroefpomp	Makkumermar	
	Open schroefpomp	Thabor	17,6%
	Open schroefpomp	Tilburg	
8	Gesloten schroefpomp (compact)	HZ polder	79,2%

Baars, snoekbaars en pos behoren tot de Perciden, de overige genoemde soorten tot de Cypriniden. Het onderzoek is gefocust op deze twee talrijkste visfamilies en op de aal, vanwege de bijzondere status van deze laatste soort. Van de andere visfamilies zijn dermate weinig vissen gevangen in dit onderzoek, dat er geen gefundeerde uitspraken kunnen worden gedaan over het schadepercentage van deze vissen.

**Tabel 5 AANTALLEN AANGETROFFEN SOORTEN TIJDENS DE BEMONSTERING**



---

#### 4.3.1 GEPASSEERDE EN BESCHADIGDE CYPRINIDEN (KARPERACHTIGEN)

De [tabellen 6 tot en met 9](#) geven een overzicht van het aantal gepasseerde en beschadigde Cypriniden per onderzocht opvoerwerk in twee lengteklassen. Het gaat hierbij onder meer om brasem, blankvoorn, kolblei, ruisvoorn, winde en alver. Op basis van de gepasseerde en de beschadigde vissen is hierbij de kans op schade berekend, uitgedrukt als percentage schade. De volgorde van de gemalen in de figuren van links naar rechts is globaal van visvriendelijk naar minder visvriendelijk.

Omdat de betrouwbaarheid van deze berekening afhankelijk is van het aantal vissen dat is gepasseerd, is ook het betrouwbaarheidsinterval aangegeven (zwarte lijn met een onder- en een bovengrens). Hoe groter het aantal gepasseerde vissen, hoe groter de betrouwbaarheid van de uitkomsten en hoe kleiner het interval.

In het onderzoek is gewerkt met een zogenoemd 95-procentsbetrouwbaarheidsinterval. Dit wil zeggen dat bij herhaling van het experiment, de uitkomst met 95 procent zekerheid binnen het betreffende interval ligt.

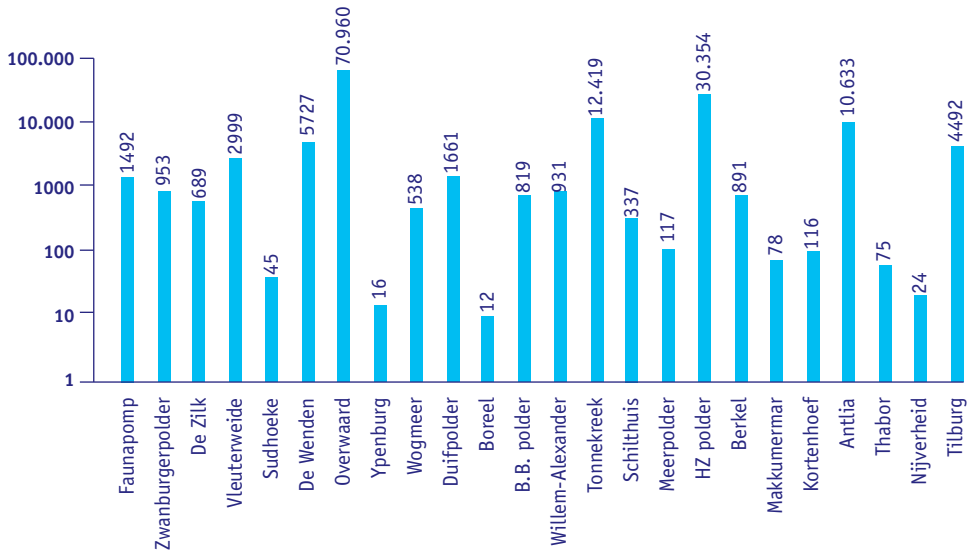
De kans op schade bij Cypriniden kleiner dan 15 centimeter is het grootst bij gemaal Holierhoekse en Zouteveense polder (gesloten, compacte schroefpomp), gemaal Ypenburg (hidrostal) en gemaal Thabor (open schroefpomp). Door het geringe aantal vis dat is gepasseerd bij gemaal Ypenburg is de bepaling echter niet erg betrouwbaar.

De kans op schade bij de Cypriniden groter dan 15 centimeter kent bij veel opvoerwerken een groot betrouwbaarheidsinterval, dus een hoge onzekerheid, door de kleine aantallen vissen die de opvoerwerken zijn gepasseerd tijdens de bemonsteringen. De gemalen Overwaard (vijzel), Duifpolder (centrifugaalpomp) Tilburg (open schroefpomp) en Holierhoekse en Zouteveense polder (gesloten, compacte schroefpomp) hebben door de grotere aantallen gepasseerde vissen een klein betrouwbaarheidsinterval. Hierdoor kan er met meer zekerheid iets worden gezegd over de kans op schade.

De laatste twee scores slecht, met name de tweede. Gemaal De Zilk (schroefpomp met omgekeerde stroming) scoort ook niet goed, ook als daarbij het betrouwbaarheidsinterval in acht wordt genomen.

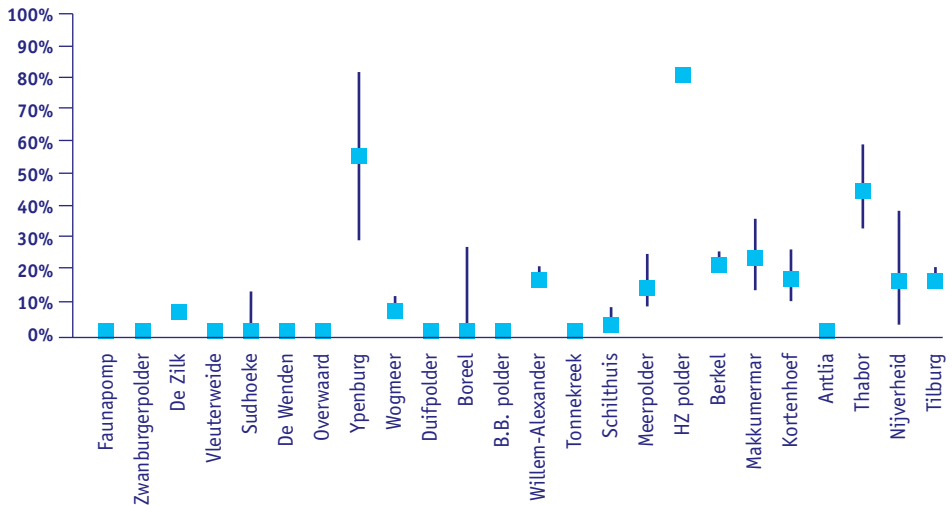
**Tabel 6 AANTAL GEPASSEERDE CYPRINIDEN KLEINER DAN 15 CENTIMETER**

*Uitgesplitst naar opvoerwerk.*



**Tabel 7 KANS OP SCHADE AAN CYPRINIDEN KLEINER DAN 15 CENTIMETER**

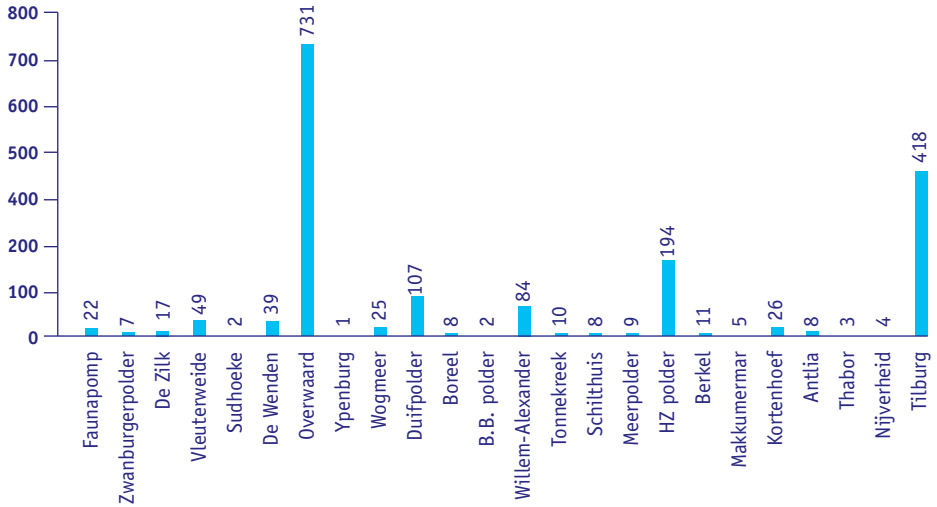
*Uitgesplitst naar opvoerwerk.*





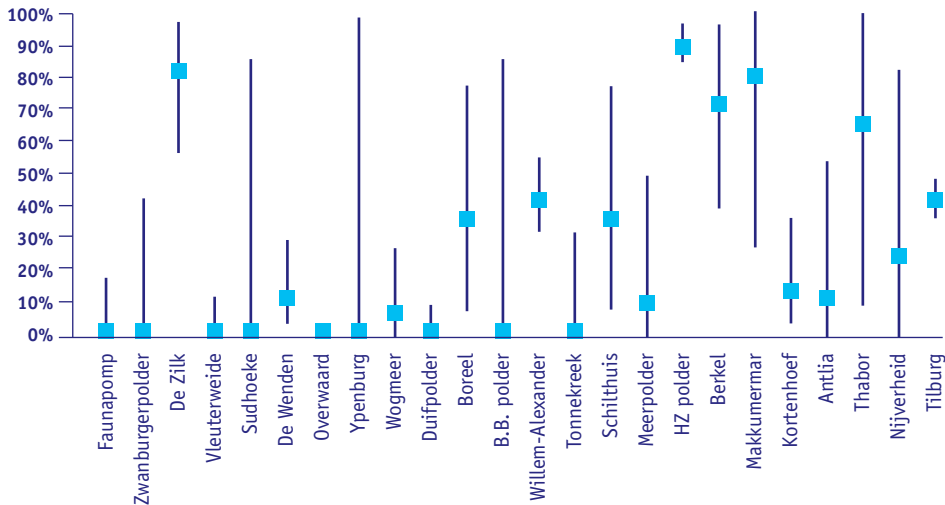
**Tabel 8 AANTAL GEPASSEERDE CYPRINIDEN GROTER DAN 15 CENTIMETER**

*Uitgesplitst naar opvoerwerk.*



**Tabel 9 KANS OP SCHADE AAN CYPRINIDEN GROTER DAN 15 CENTIMETER**

*Uitgesplitst naar opvoerwerk.*



---

#### 4.3.2 GEPASSEERDE EN BESCHADIGDE PERCIDEN

De [tabellen 10 tot en met 13](#) geven een overzicht van het aantal gepasseerde en beschadigde Perciden per onderzocht opvoerwerk. Het gaat hierbij voornamelijk om baars en pos en in mindere mate om snoekbaars.

De kans op schade bij Perciden kleiner dan 15 centimeter is *overall* gering, behalve bij gemaal Holierhoekse en Zouteveense polder (gesloten, compacte schroefpomp).

De kans op schade bij de Perciden groter dan 15 centimeter kent - net als bij Cypriniden groter dan 15 centimeter - bij veel opvoerwerken een groot betrouwbaarheidsinterval, dus een hoge mate van onzekerheid, door de relatief kleine aantallen vissen die de opvoerwerken zijn gepasseerd tijdens de bemonsteringen.

Van de gemalen Tilburg (open schroefpomp) en Holierhoekse en Zouteveense polder (gesloten, compacte schroefpomp) kan wel met enige zekerheid gezegd worden dat ze relatief veel schade veroorzaken. Voor gemaal Overwaard en gemaal De Wenden (beide vijzels) geldt het omgekeerde.

---

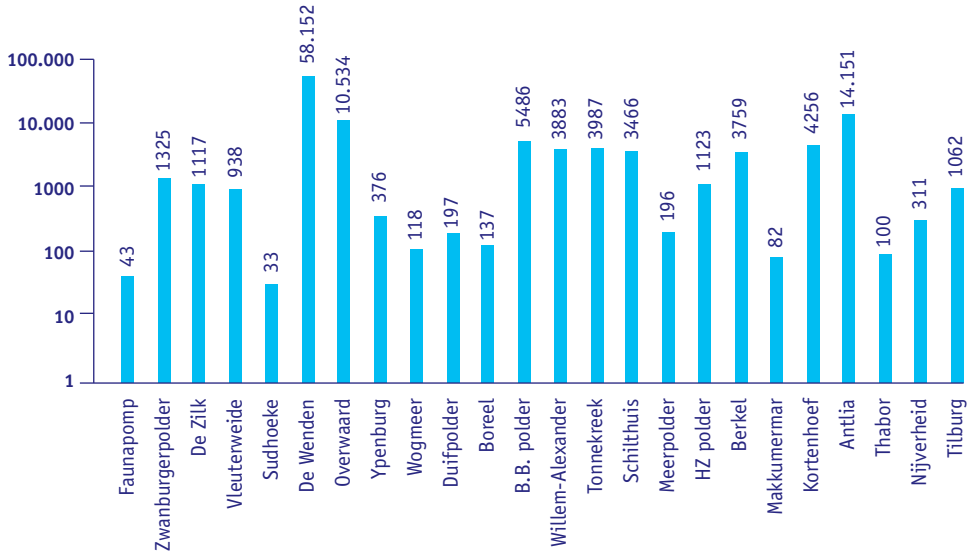
#### Fig 11 AFBEELDING VAN EEN BAARSJE

*Veel gevangen in het praktijkonderzoek.*



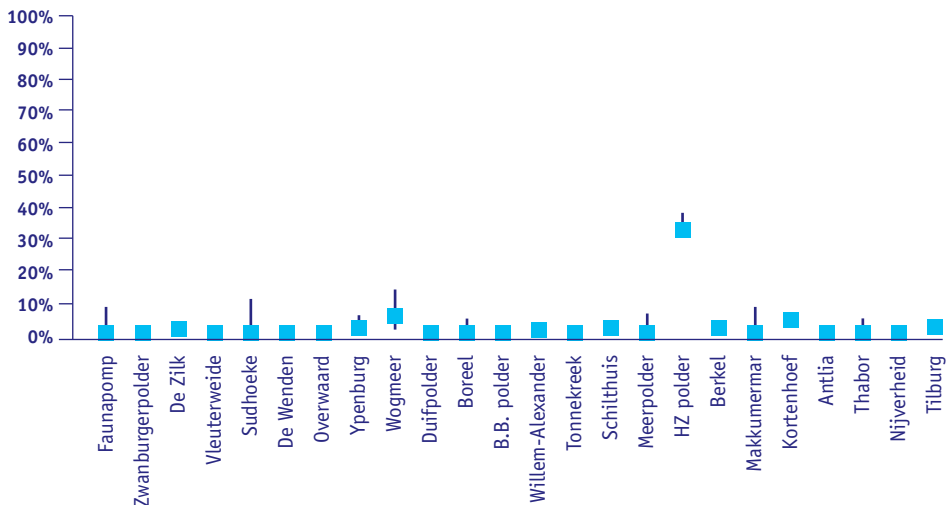
**Tabel 10 AANTAL GEPASSEERDE PERCIDEN KLEINER DAN 15 CENTIMETER**

*Uitgesplitst naar opvoerwerk.*



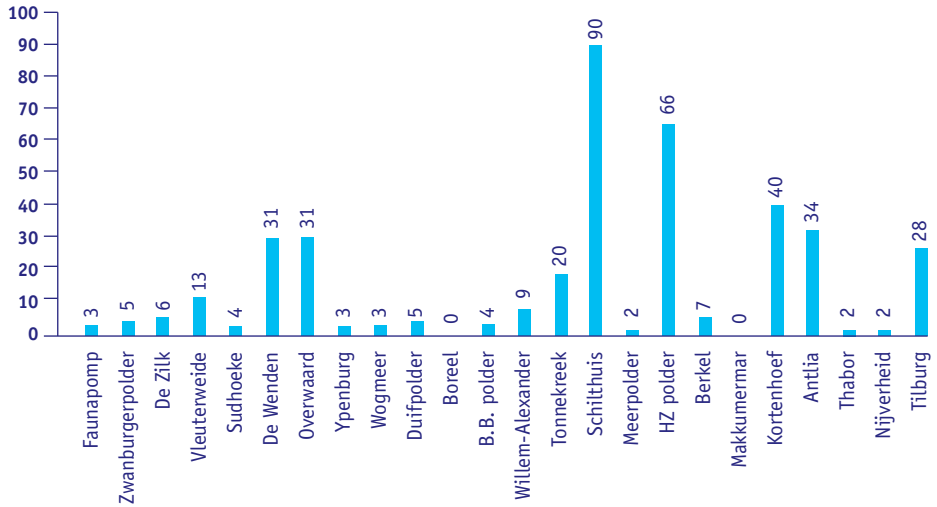
**Tabel 11 KANS OP SCHADE AAN PERCIDEN KLEINER DAN 15 CENTIMETER**

*Uitgesplitst naar opvoerwerk.*



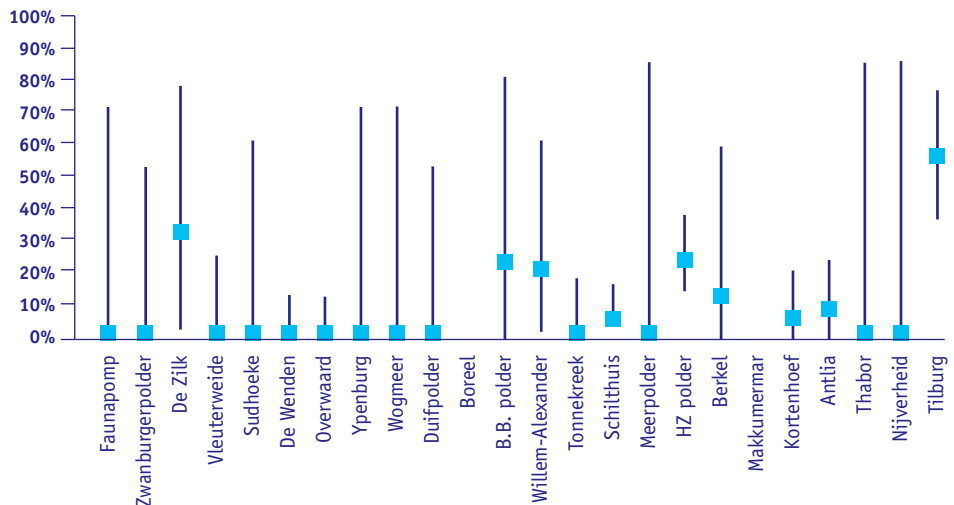
**Tabel 12 AANTAL GEPASSEERDE PERCIDEN GROTER DAN 15 CENTIMETER**

Uitgesplitst naar opvoerwerk.



**Tabel 13 KANS OP SCHADE AAN PERCIDEN GROTER DAN 15 CENTIMETER**

Uitgesplitst naar opvoerwerk.



---

### 4.3.3 GEPASSEERDE EN BESCHADIGDE ANGUILLIDEN

De [tabellen 14 en 15](#) geven een overzicht van het aantal gepasseerde en beschadigde alen per opvoerwerk. Het aantal gepasseerde alen is over het algemeen erg gering geweest en kwam alleen bij gemaal Kortenhoef uit boven de 100. Dit houdt in dat de betrouwbaarheidsintervallen over het algemeen groot zijn. De gemalen Overwaard, Boreel, Tonnekreek en Kortenhoef geven het meest betrouwbare beeld. Overwaard (vijzel) en Tonnekreek (schroefcentrifugaalpomp) scoren goed, Boreel (centrifugaalpomp) en Kortenhoef (gesloten schroefpomp) scoren slecht.

---

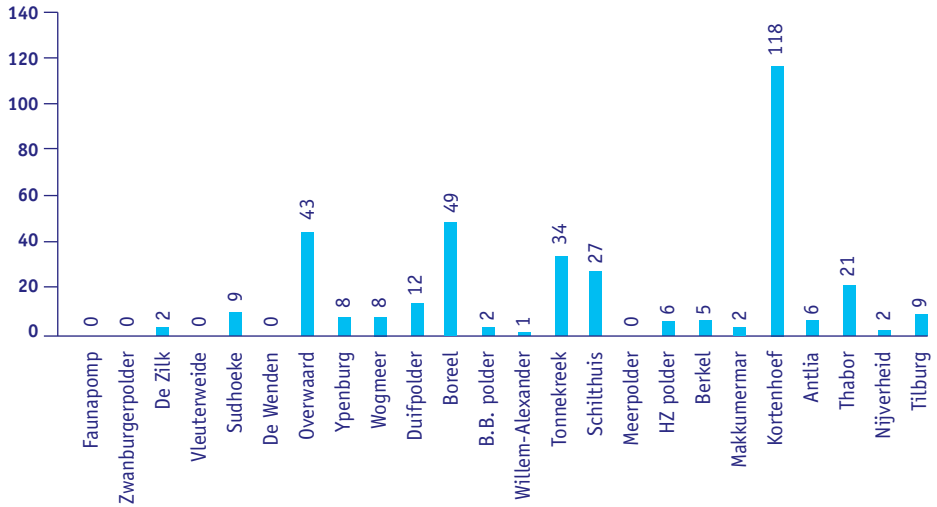
### Fig 12 AFBEELDING VAN EEN AAL

*Deze vis werd maar weinig aangetroffen in het praktijkonderzoek.*



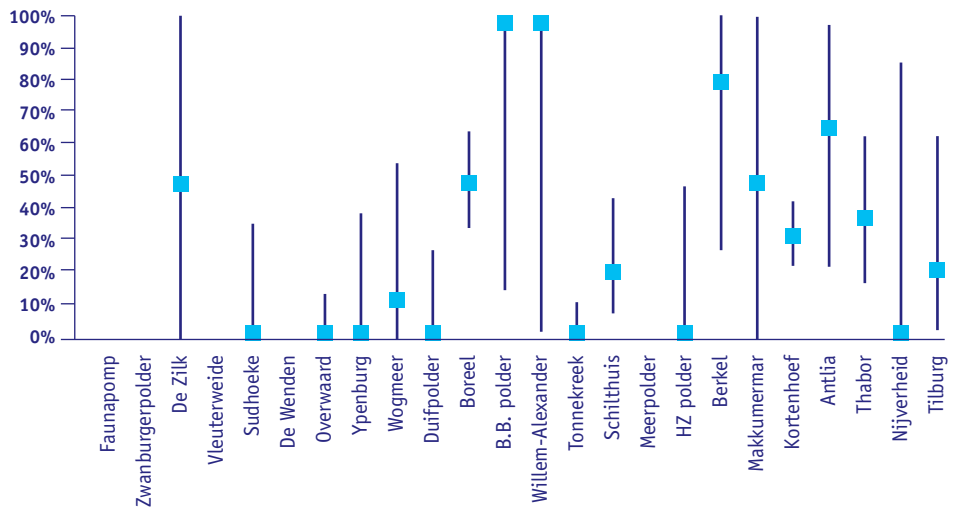
**Tabel AANTAL GEPASSEERDE ANGUILLIDEN (AAL)**

**14** *Uitgesplitst naar opvoerwerk.*



**Tabel KANS OP SCHADE AAN ANGUILLIDEN**

**15** *Uitgesplitst naar opvoerwerk.*



---

#### 4.4 FACTOREN VAN INVLOED OP SCHADE AAN VIS

Van de opvoerwerken/gemalen zijn, zoals eerder aangegeven, de meest relevant geachte invloedsfactoren in beeld gebracht. Dit om eventuele verschillen in optredende schadeprofielen zo goed mogelijk te kunnen verklaren. Het betreft capaciteit, opvoerhoogte en toerental, afmetingen van het grofvuilrooster voor de instroomopening, de aanstroomsnelheid, de geluidscondities bij het gemaal, de druk, de versnelling en de rotaties die een vis tijdens het passeren van een opvoerwerk ondergaat.

Het praktijkonderzoek heeft uitgewezen dat er een significante relatie bestaat tussen het toerental van een opvoerwerk en schade aan vis: hoe hoger het toerental, hoe groter de schade. Dit komt overeen met de conclusies uit de literatuurstudie 'Schade aan vis in gemalen'. Zie [tabel 1](#) op pagina 20. Ook was sprake van een significante relatie tussen aanstroomsnelheid en de hoeveelheid vis kleiner dan 15 centimeter die het gemaal passeert. Hoe groter de stroomsnelheid, hoe meer kleine vis door het gemaal passeert.

Van de andere factoren kon niet worden aangetoond dat ze significante invloed hebben op de omvang van de passage van vis of de hoogte van de schade aan vis.

---

## **H5 DISCUSSIE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN**





---

### 5.1 VISVRIENDELIJK = MIGRATIEVRIENDELIJK?

Wat opvalt in het praktijkonderzoek is het grote verschil tussen het aandeel grote vis in de opvangnetten achter het gemaal en de aanbodnetten voor het gemaal: 1 om 15 procent. Vissen groter dan 15 centimeter kunnen of willen de gemalen blijkbaar maar in beperkte mate passeren. Een verklaring daarvoor kan zijn dat zij meer kracht hebben om uit de buurt te blijven van de gemalen en tegen de gemaalstroming in weg te zwemmen en dat ze zich bovendien beter kunnen oriënteren. Gemalen vormen voor grote vis klaarblijkelijk een serieuze barrière voor stroomafwaartse migratie.

Het bovenstaande kan leiden tot de conclusie dat een *visvriendelijk* gemaal iets anders is dan een *migratievriendelijk* gemaal: een gemaal waar (grote) vissen niet alleen doorheen *kunnen*, maar ook doorheen *willen* (overigens heeft dit alleen betrekking op stroomafwaartse migratie; een gemaal vormt hoe dan ook een absolute barrière voor stroomopwaartse migratie). Er zijn aanwijzingen dat vissen veel liever een bypassvoorziening gebruiken, zoals een vistrap. Dit heeft tevens als voordeel dat de vis op enig moment ook terug kan keren.

### 5.2 ONE FISH FITS ALL

Uit het praktijkonderzoek is gebleken dat er een positief verband bestaat tussen de schadeproporties binnen visfamilies en lengteklassen. Dit houdt in dat als de schade aan kleine Cypriniden of Perciden bij een opvoerwerk groot is, datzelfde geldt voor grote Cypriniden resp. Perciden. En als de schade groot is bij kleine Cypriniden, is hij ook groot bij kleine Perciden.

Op grond van deze uitkomsten kan volstaan worden met het bepalen van één schadeproportie voor alle vissen die een opvoerwerk passeren, omdat de omvang van de schade binnen de soortgroepen en lengteklassen in dezelfde richting varieert.

### 5.3 LANGE VIS IS IN HET NADEEL

In het praktijkonderzoek is gebleken dat schade aan vis door opvoerwerken vaak lengteafhankelijk is. Kortom: hoe langer de vis is, hoe groter de kans op schade en sterfte. Dit was het geval bij de hidrostals, de gesloten compacte schroefpompen, de gesloten schroefpompen en de open schroefpompen. Deze conclusie is met name vanuit bescherming van een specifieke vissoort als de schieraal van groot belang.

---

Bij centrifugaalpomp en schroefcentrifugaalpomp bleek de kans op schade soms lengteafhankelijk.

Bij de visveilige opvoerwerken, zoals gemaal Zwanburgerpolder (buisvijzel), de faunapomp, de De Witvijzel, maar ook de visvriendelijke hidrostal en de AmarexKRT (D) is geen lengteafhankelijkheid van de schade vastgesteld. Dit geldt ook voor de vijzels in het onderzoek (Overwaard, De Wenden en Sudhoeke).

Verder kan geconstateerd worden dat het wellicht maar goed is dat grote vis niet graag door de opvoerwerken migreert. Hierdoor is de vastgestelde schade in het onderzoek *overall* relatief beperkt gebleven.

#### 5.4 TYPE X ≠ TYPE X

Uit het praktijkonderzoek blijkt dat het maar beperkt zinvol is opvoerwerken naar type in te delen als het gaat om de veroorzaakte schade aan vis. Het merendeel van de opvoerwerken binnen een bepaald type verschilde in dit opzicht significant van elkaar. Dit lijkt vooral af te hangen van pompkarakteristieken en pompkenmerken, zoals capaciteit, toerental, opvoerhoogte en soort waaierbladen. Dit ondersteunt de conclusies van de eerder uitgevoerde literatuur- en expertstudie. Zie [tabel 1](#) op pagina 20. Om hier met absolute zekerheid iets over te zeggen, is echter onderzoek nodig bij een veel groter aantal gemalen/opvoerwerken.

Als naar de verdeling van de typen opvoerwerken over de verschillende schade-groepen wordt gekeken (zie [tabel 4](#)), is de conclusie dat de groepen met de hoogste gemiddelde schadeproportie (groep 6, 7 en 8) volledig worden gedomineerd door open, gesloten en gesloten (compacte) schroefpompen. Dit rechtvaardigt de conclusie dat deze pomptypen de minst visveilige zijn. Dit is in overeenstemming met de uitkomsten van de literatuur- en expertstudie naar de schadelijkheid van opvoerwerken.

Een uitzondering kan worden gemaakt voor de visveilige axiaal(schroef)pomp, met een aangepaste waaier. Deze recent ontwikkelde pomp werd separaat getest in een proefopstelling met gedwongen blootstelling. Onder de geteste condities bleken praktisch alle vissen van verschillende lengteklassen er ongeschonden doorheen te komen.

---

Centrifugaalpomp en schroefcentrifugaalpomp behoren qua schade min of meer tot de middenmoot, waarin de gemiddelde schadeproportie relatief gering is. Ook de onderzochte buisvijzel (gemaal Zwanburgerpolder) komt voor in deze klasse. Hierbij dient de opmerking gemaakt te worden dat de opstelling van de buisvijzel niet correct was (ingesteld op een verkeerd waterpeil), waardoor toch enige schade bij vis tot stand kwam. De buisvijzel is eerder onderzocht in een proefopstelling met gedwongen blootstelling, waarbij alle vissen van verschillende lengteklassen onbeschadigd passeerden.

In de groepen met een erg lage gemiddelde vis schade staan de specifiek op visvriendelijkheid ontwikkelde typen pompen, zoals de faunapomp, de visvriendelijke hidrostal, de AmarexKRT (D), de De Witvijzel, maar ook twee conventionele grote vijzels. Ook dit is conform de uitkomsten van de eerder uitgevoerde literatuur- en expertstudie.

## 5.5 ER VALT IETS TE KIEZEN

De literatuurstudie en het praktijkonderzoek hebben duidelijk gemaakt dat er opvoeren zijn die, afhankelijk van de specifieke situatie, goed kunnen worden ingezet als visvriendelijk alternatief. Er valt voor waterbeheerders dus wel degelijk iets te kiezen.

De faunapomp, de visvriendelijke hidrostal en de Amarex KRT (D) pomp zijn een goede keuze in situaties waar geen grote capaciteit is vereist (kleinere poldergemalen). Wanneer grotere capaciteiten zijn vereist, lijken buisvijzels en De Witvijzels goede mogelijkheden te bieden wat betreft visveiligheid. Ook conventionele vijzels blijken op grond van het onderzoek veilig, wanneer deze een grote capaciteit hebben.

Minder veilig blijken centrifugaal- en schroefcentrifugaalpomp, hoewel bij het merendeel hiervan de optredende vis schade nog beperkt valt te noemen. Opvoeren van het type open schroef, gesloten schroefpompen en gesloten schroefpompen in compacte uitvoering kunnen op grond van de optredende vis schade beter niet gekozen worden. Een uitzondering kan hierbij worden gemaakt voor de visveilige axiaal(schroef)pomp die in eerder onderzoek met gedwongen blootstelling van vis praktisch geen schade veroorzaakte. In alle gevallen blijft het zaak waar mogelijk te kiezen voor pompen met zo laag mogelijke toerentallen en een zo groot mogelijke capaciteit.

---

## 5.6 MINDER STARTEN, LANGER DRAAIEN

Uit het praktijkonderzoek is gebleken dat de omvang van de vangst van vis het grootst is als het opvoerwerk net wordt opgestart. De verklaring is dat de vis zich dan heeft kunnen verzamelen voor het gemaal of zich bevindt in de pompkelder. Bij het opstarten wordt de vis verrast door de optredende stroming en direct meegezogen. Daarom is het wenselijk minder vaak op te starten en langer te draaien in plaats van vaker en korter te draaien. Met andere woorden: grotere peilschommelingen toe te staan. Natuurlijk is dit sterk afhankelijk van de mogelijkheden ter plaatse, maar het verdient zeker aanbeveling na te gaan wat er op dit gebied mogelijk is.

## 5.7 MITSSEN EN MAREN

Het uitgevoerde praktijkonderzoek geeft een beeld van de visschade die is aangetroffen in het najaar van 2009, bij 24 onderzochte gemalen. De resultaten zijn mogelijk tijd-, plaats- en seizoensafhankelijk. Het is niet onmogelijk dat de visschade bij andere gemalen, in andere seizoenen een ander beeld laat zien, specifiek wat betreft grotere vis. Maar de uitkomsten van het praktijkonderzoek ondersteunen wel degelijk de eerdere conclusies van de eraan voorafgaande literatuur- en expertstudie.

.....

---

# BIJLAGEN



---

## PUBLICATIES

---

**2009**      **Onderzoek naar de visveilige axiaalpompe en buisvizeel**

In dit onderzoek zijn twee visveilige opvoerwerken getest in een testopstelling met gedwongen blootstelling van vis. Beide pompen bleken, onder de testcondities, veilig voor schubvis en aal.

**2008**      **Gemalen of vermalen worden. Onderzoek naar visvriendelijkheid van gemalen**

Inventarisatie van de visvriendelijkheid van de belangrijkste Nederlandse gemaaltypen: scheprad, vizeel, centrifugaalpompe, schroefcentrifugaalpompe en schroefpompe. De inventarisatie is uitgevoerd op basis van literatuuronderzoek en expert judgement. Deze publicatie kunt u als pdf downloaden van [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl).

**2008**      **Fish friendly pumping stations; principles, practices and outcomes (2008-w-04)**

Het rapport 'Fish friendly pumping stations(...)' gaat dieper in op de noodzaak om (polder)gemalen visvriendelijk te maken en geeft een overzicht van de maatregelen om dat te doen. De noodzaak wordt afgezet tegen de huidige inspanningen van waterbeheerders op dit gebied en hun motieven voor het al dan niet visvriendelijk maken van hun gemalen. Er wordt gekeken of het op dit punt gevoerde waterschapsbeleid overeenkomt met bestaande maatschappelijke en juridische verplichtingen. Deze publicatie kunt u als pdf downloaden van [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl).

---

## MEER INFORMATIE

---

### Hydrotheek zoekvraag Vis & Vismigratie

De Hydrotheek is een online database met duizenden publicaties op het gebied van hydrologie, aquatische ecologie, waterhuishouding en afvalwaterzuivering. Als u op de voorgeprogrammeerde zoekvraag klikt, vindt u alle publicatie over vis & vismigratie die in de database zijn opgenomen.

### Themasite vis & vismigratie

De STOWA themasite vis & vismigratie (via [stowa.nl](http://stowa.nl)) geeft informatie en achtergronden over het verbeteren van vismigratiemogelijkheden via het aanpassen van gemalen of aanleggen van migratievoorzieningen. Op de site staat ook meer informatie over de onderzoeken die STOWA op dit gebied laat uitvoeren.

### Vismigratie.nl

Op [vismigratie.nl](http://vismigratie.nl) vindt u allerhande informatie over migratie en een kaart met daarop weergegeven een zeer gedetailleerd overzicht van vismigratieknelpunten. Deze kunt u ook uitsplitsen naar KRW-waterlichamen.

### LinkedIn Fish Migration Group

Als u een account hebt op LinkedIn, kunt u zich aanmelden voor de LinkedIn Fish Migration Group. De groep bestaat uit onderzoekers, consultants, ecologen, technici en water- en rivierbeheerders die betrokken zijn bij vismigratie.