

# Visvriendelijkheid van gemalenpompen

**TEKST** Bart van Esch, Technische Universiteit Eindhoven, Igor Spierts, ATKB  
**ILLUSTRATIES** Janny Bosman, Bart van Esch en Igor Spierts

Het verminderen van visschade in pompgemalen staat hoog op de agenda van waterbeheerders. Ondanks vele monitorstudies bestaan er nog veel vragen over de visveiligheid van de pompen. Recent is hierin verandering gekomen door een onderzoek van de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e) en milieuvadvisbureau ATKB.

Nederland telt naar schatting zo'n 5000 gemalen, variërend van klein tot zeer groot. Hoewel essentieel voor het waterbeheer, vormen deze gemalen vaak een belemmering voor de migratie van vissen. Vooral dankzij de Kaderrichtlijn Water (KRW) die in 2000 van kracht werd, staat de vispasseerbaarheid van gemalen steeds meer in de belangstelling. Op grond van de KRW worden Europese lidstaten namelijk verplicht om vóór 2015 de knelpunten voor migratie aan te pakken. Het gevolg is dat steeds meer waterschappen er toe overgaan om visvriendelijke pompen voor hun gemalen voor te schrijven.

## Monitoring

In opdracht van STOWA is een groot aantal Nederlandse gemalen onderworpen aan monitorstudies. Het doel is om te begrijpen hoe visschade afhangt van het type pomp en van de omstandigheden in het gemaal. Het gaat dan om zaken als de afmeting van de pomp, het toerental, de capaciteit en de opvoerhoogte. Maar ook de vissoort en de lengte van de vis zijn belangrijke parameters. De belangrijkste conclusie tot nog toe was echter dat een duidelijke relatie tussen deze parameters niet was aangetoond. Wél is duidelijk geworden dat visschade toeneemt met de lengte van de vis en het toerental van de pomp, en afneemt naarmate de

pomp groter is. Ook blijken baarsachtigen en paling minder gevoelig voor schade dan karperachtigen. Gemiddeld gezien scoren axiale pompen (ook wel propeller- of schroefpompen genoemd) het minst op visvriendelijkheid, maar afzonderlijke pompgemalen vertonen een grote mate van spreiding. Dat maakt dat het nauwelijks mogelijk is om aan de hand van de resultaten uit deze studies op voorhand uitspraken te doen over de visvriendelijkheid van een specifiek gemaal.

## Criteria voor visveiligheid

Het gevolg is dat aan de kant van de waterbeheerders niet bekend is wat in redelijkheid kan worden verlangd

Uitvoering van de visproeven:



selectie van de vissen



invoer naar de pomp

in termen van visveiligheid. Pompfabrikanten op hun beurt hebben geen duidelijke criteria voor vispasbaarheid. En bovendien: je kunt een pomp wel testen, maar wat zegt dat over de visveiligheid van dezelfde pomp met een andere diameter, een ander toerental en voor vissen met een andere lengte?

Dit gebrek aan kennis is de reden dat er in plannen voor een nieuw of te renoveren gemaal vaak nog algemeen gestelde eisen en formuleringen worden aangetroffen; het gemaal of de pomp moet simpelweg 'visvriendelijk' zijn. Anderzijds prijzen pompfabrikanten meer dan eens een pomptype aan met het predicaat 'visvriendelijk', zonder te specificeren wat hieronder precies wordt verstaan.

Onderzoek aan de TU/e heeft meer duidelijkheid gegeven over de oorzaken van visschade in Nederlandse gemalen. In samenwerking met ATKB zijn vervolgens experimenten uitgevoerd waarbij vissen werden blootgesteld aan een testpomp. De resultaten van dit onderzoek laten zien dat het mogelijk is om visschade in een gemaal te voorspellen. Ook kunnen de resultaten van visproeven worden vertaald naar pompen met een andere diameter, een ander toerental en vissen van een andere lengte.

### Oorzaken van visschade

Voorals in Amerika is veel onderzoek

gedaan naar de oorzaak van visschade in waterkrachtcentrales. Dat werd gedaan in het kader van het 'Advanced Hydropower Turbine System' programma dat het Amerikaanse departement van Energie begon in 1994. Het doel was om visvriendelijke waterturbines te ontwikkelen, maar de resultaten zijn eveneens te gebruiken voor de analyse van pompen.

Er zijn een aantal oorzaken van visschade gevonden die een rol spelen in turbines en pompen. Eén ervan is de mechanische schade. Deze wordt veroorzaakt door bijvoorbeeld een botsing van de vis met een schoep van de pomp. Ook het schuren van de vis langs een ruw oppervlak of het beknelde raken in een smalle spleet behoren tot deze categorie. Een te hoge afschuifsnellheid is een tweede oorzaak van schade. Hierbij ontstaat schade aan de vis doordat de krachten die het water uitoefent op de vis verschillend van grootte zijn. Hierdoor kan de vis in het ergste geval uit elkaar worden getrokken. Een derde oorzaak is een snelle of grote drukvariatie. Met name een verlaging van de druk kan leiden tot inwendige bloedingen of het scheuren van de zwemblaas, indien de vis daarover beschikt. Ook kan het de vorming van lucht- of dampbellen in ogen en bloedbaan tot gevolg hebben, vergelijkbaar met de caissonziekte bij duikers. Een drukverhoging leidt in

het algemeen niet tot schade. Er zijn veel testen gedaan met verschillende soorten vis. Zelfs een snelle drukverhoging tot 20 bar leidde niet tot permanente schade. Wél werd melding gemaakt van tijdelijke sufheid en desoriëntatie van vissen waardoor ze mogelijk gemakkelijker ten prooi vallen aan roofdieren.

### Kans op visschade

Door de TU/e is onderzocht welke van deze oorzaken van visschade in pompgemalen de belangrijkste is. Hieruit bleek dat in pompen de schade aan vissen hoofdzakelijk wordt veroorzaakt door botsingen met de schoepen. Dit komt overeen met conclusies uit soortgelijke onderzoeken naar de visveiligheid van waterturbines.

De TU/e ontwikkelde een model waarmee de kans op ernstige visschade kan worden berekend. Het geeft allerlei interessante inzichten. Bijvoorbeeld dat axiale pompen (pompen waarbij de schoepen in de richting van de aandrijfassen staan) inderdaad minder visvriendelijk zijn dan mixed-flow of radiale pompen (waarbij de schoepen in een hoek op de aandrijfassen staan), onder verder gelijke omstandigheden. Anderzijds blijkt dat voor elk type pomp de visschade afhangt van de afmeting van de pomp, de lengte van de vis en de gewenste opvoerhoogte en capaciteit. Dat betekent dus automatisch dat elke pomp een werkgebied ➤



uitstroom in de opvangbak



opvang in het net



inspectie

heeft waarbinnen die pomp visvriendelijk is – het hangt slechts van de omstandigheden af. Dit verklaart de grote spreiding in waargenomen visschade in de onderzoeken door STOWA, voor pompen van hetzelfde type.

### Experimenten

In Januari 2013 zijn door TU/e en ATKB visproeven gedaan bij pompfabrikant en gemalenbouwer Bosman Watermanagement. Hiervoor werd een nieuw type pomp gebruikt: de Vision. Deze pomp is kortgeleden ontwikkeld om vis te kunnen verpompen met een minimum aan schade. Eén van de doelstellingen van de experimenten was om te bezien of de resultaten van de metingen overeenkwamen met het rekenmodel.

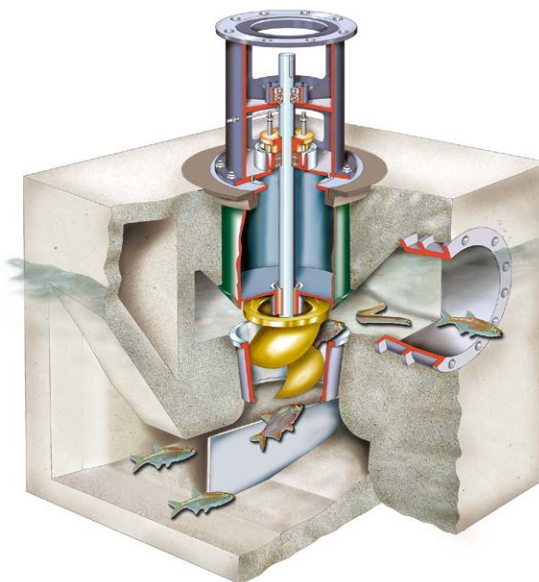
De testen zijn gedaan met een modelpomp (diameter waterinlaat 30 centimeter). De vis werd ingebracht in het systeem vlak voor de inlaat van de pomp en opgevangen in een net aan de uitlaat. Om de grenzen van de pomp in kaart te brengen zijn 10 vistesten gedaan in een breed werkgebied: toerentallen tot 870 rpm, capaciteiten tot 21 m<sup>3</sup>/min en opvoerhoogten van 1 tot 5,5 meter.

Elke test is uitgevoerd met ongeveer 50 karpertachtigen en 50 alen. Alle vissen werden na de pomppassage gedurende 24 uur bewaard in bassins om uitgestelde schade vast te kunnen stellen. Van zowel de karpertachtigen als de alen werden 50 exemplaren als controlegroep behandeld. Dat wil

zeggen dat deze vissen naar de testlocatie werden vervoerd en 24 uur werden opgeslagen, maar niet werden gebruikt voor de pomptesten. Hierdoor kon worden vastgesteld in hoeverre eventuele visschade kon worden herleid tot het transport en de opslag van vissen.

### Grote overlevingskans

Onderstaand zijn de meetresultaten in grafiekvorm gegeven. Hieruit is te zien dat onder normale bedrijfscondities de overlevingskans van karpers (lengte 14 centimeter) groter is dan 96% voor opvoerhoogten tot 2 meter en groter dan 90% voor opvoerhoogten tot wel 4 meter. Voor paling (lengte 47 centimeter) geldt onder deze omstandigheden zelfs een overlevingskans van meer dan 94% bij opvoerhoogten tot 5,5 meter. In dezelfde grafieken worden de meetresultaten ook vergeleken met het rekenmodel van de TU/e. Dit model voorspelt de kans op (ernstige) schade, ook als deze niet tot sterfte leidt. Daarom moeten deze berekeningen niet alleen worden vergeleken met de gemeten sterfte, maar ook met de gemeten schade. Over het algemeen komen de metingen



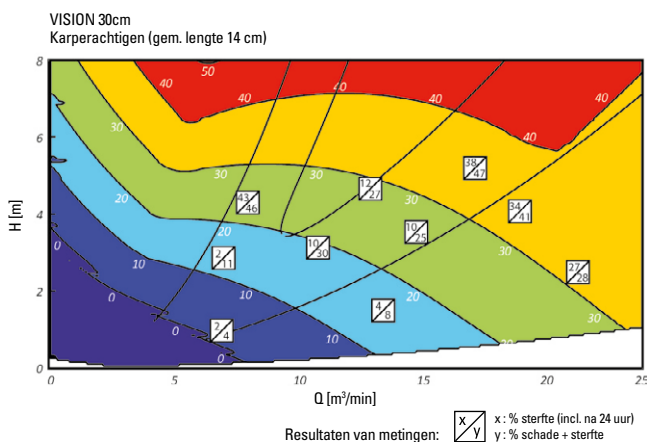
De in het onderzoek gebruikte Vision pomp van Bosman Watermanagement.

goed overeen met de berekeningen van het model. De afwijking is niet groter dan 10-15%. En dat is ongeveer gelijk aan de onnauwkeurigheid van dit soort metingen als 50 vissen per meting worden gebruikt.

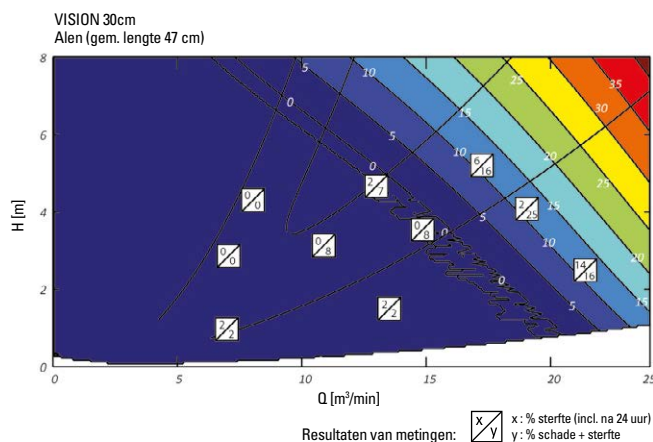
Geconcludeerd mag worden dat de overleving van de vissen die deze pomp passeren zeer hoog is, zeker in verhouding tot het relatief kleine formaat van de gebruikte testpomp.

Van deze vistesten is een film gemaakt, te vinden op de website van Bosman Watermanagement: [www.bosman-water.nl](http://www.bosman-water.nl)

Surf voor de geraadpleegde literatuur naar [www.invisionair.nl](http://www.invisionair.nl)



Gemeten schade- en sterftepercentage voor karpertachtigen (lengte 14 cm) in de Vision modelpomp, vergeleken met modelberekeningen.



Gemeten schade- en sterftepercentage voor alen (lengte 47 cm) in de Vision modelpomp, vergeleken met modelberekeningen.

## Rekenmodel voor visschade

De goede overeenkomst met de metingen betekent dat het rekenmodel ook kan worden gebruikt om de overlevingskansen te berekenen voor pompen met een grotere diameter en voor vissen met een andere lengte.

Bij het bepalen van de kans op visschade moet er een onderscheid worden gemaakt tussen de kans  $P_b$  dat er een botsing optreedt tussen een vis en een schoep, en de kans  $f_{MR}$  dat een dergelijke botsing leidt tot ernstige schade (de zogenaamde 'mutilation ratio'). Het product van beide vormt dan de kans  $P$  op ernstige schade tijdens vispassage door de pomp:

$$P = f_{MR} \times P_b$$

De kans  $P_b$  dat een vis wordt geraakt is te berekenen als de verhouding van de tijd die nodig is voor een vis om de pomp binnen te komen en de tijd waarin een schoep beweegt over één kanaalbreedte. Het is dus eenvoudig in te zien dat deze kans groter is als de vis langer is of langzamer de pomp binnenkomt (bijvoorbeeld door een lage capaciteit of een grote inlaatdiameter). Deze kans is ook groter naarmate de pomp meer schoepen heeft en sneller roteert. De botsingskans is daarom afhankelijk van de lengte van de vis, de inlaatdiameter van de pomp, het aantal schoepen, het toerental en de capaciteit van de pomp. De mutilation ratio is afhankelijk van de verhouding van de vislengte en de dikte van de schoep en van het snelheidsverschil tussen de vis en de schoep tijdens de botsing.

Als voorbeeld: in onderstaande grafieken wordt de kans op visschade gegeven voor een Vision 90 pomp. Duidelijk is te zien dat de kans  $P_b$  op een botsing met een schoep toeneemt met het toerental van de pomp, en dus met de opvoerhoogte  $H$ . Maar deze kans neemt af voor een grotere capaciteit door de pomp omdat hierdoor de verblijftijd van de vis in de pomp afneemt. Daarentegen neemt de kans op schade door een botsing,  $f_{MR}$ , toe met het toerental én met de capaciteit, omdat beide een toename van de botsingssnelheid tot gevolg hebben.

Uit de grafieken blijkt dat een Vision 90, met een inlaatdiameter van 87,5 cm, visvriendelijk is voor vissen van 15 cm, met een overlevingskans van meer dan 94% voor opvoerhoogten tot 8 meter.

Een opmerkelijk resultaat van deze studie is dat de kans  $P$  op visschade voor een pomptype alleen afhankelijk is van de relatieve vislengte  $L_{vis}/D$ , de relatieve capaciteit  $Q/D^2$  en de opvoerhoogte  $H$ :

$$P = P(L_{vis}/D, Q/D^2, H)$$

met  $L_{vis}$  de vislengte,  $D$  de pompdiameter en  $Q$  de capaciteit. Dat betekent bijvoorbeeld dat metingen van visschade kunnen

worden vertaald naar een andere pompdiameter of –toerental en een andere vislengte. Als bijvoorbeeld voor vissen van 15 cm een sterfte van 10% is gemeten in een pomp met een diameter van 30 cm bij een capaciteit van 10 m<sup>3</sup>/min en een opvoerhoogte van 1,5 m, dan zal het sterftepercentage voor vissen van 45 cm óók 10% zijn als een pomp met een diameter van 90 cm wordt gebruikt bij een opvoerhoogte van 1,5 m en een capaciteit van 90 m<sup>3</sup>/min.

