

# **Onderzoek vispassage boezemgemaal Halfweg**

**Monitoring en optimalisatie bedieningsprotocol  
vispassage**

**Najaarsmigratie (uittrek) 2012 en voorjaarsmigratie (intrek) 2013**

**24 december 2013**



# **Onderzoek vispassage boezemgemaal Halfweg**

**Monitoring en optimalisatie bedieningsprotocol  
vispassage**

**Najaarsonderzoek (uittrek) 2012 en voorjaarsonderzoek (intrek) 2013**



## Verantwoording

<b>Titel</b>	Onderzoek vispassage boezemgemaal Halfweg. Monitoring en optimalisatie bedieningsprotocol vispassage, najaarsonderzoek (uittrek) 2012 en voorjaarsonderzoek (intrek) 2013
<b>Opdrachtgever</b>	Hoogheemraadschap van Rijnland
<b>Projectleider</b>	ir. J.J.X. (Jasper) Arntz
<b>Auteur(s)</b>	M.B.E. (Martijn) de Boer & ing. M.J. (Martin) Kroes
<b>Tweede lezer</b>	ir. J.J.X. (Jasper) Arntz
<b>Projectnummer</b>	1211577
<b>Aantal pagina's</b>	65 (exclusief bijlagen)
<b>Datum</b>	24 december 2013
<b>Handtekening</b>	Ontbreekt in verband met digitale versie. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

## Colofon

Tauw bv  
BU Meten, Inspectie & Advies  
Australiëlaan 5  
Postbus 3015  
3502 GA Utrecht  
Telefoon +31 30 28 24 82 4  
Fax +31 30 28 89 48 4

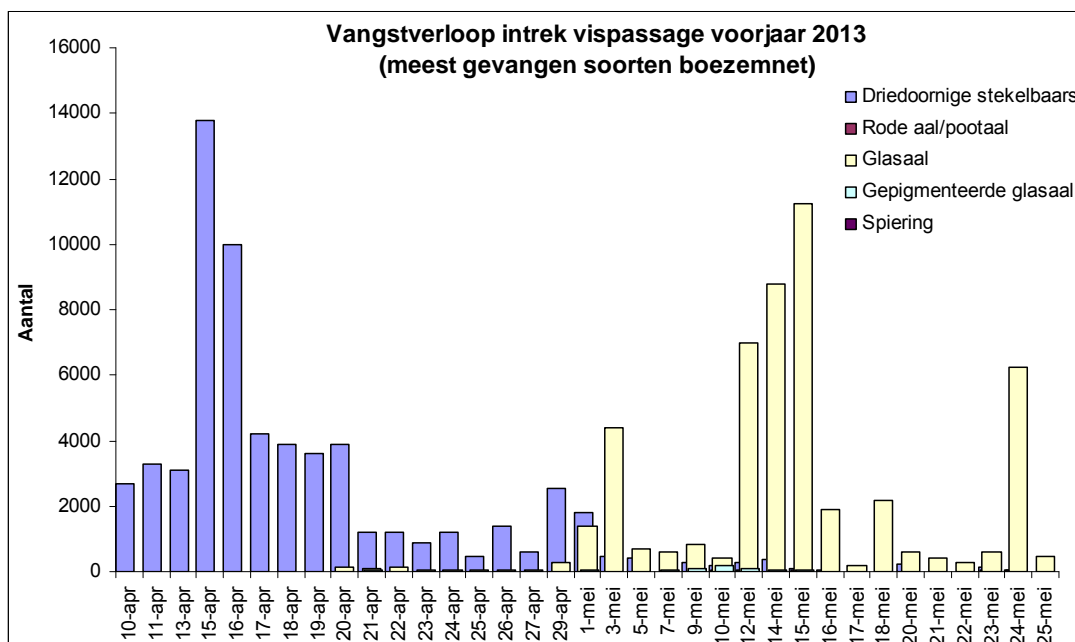
## Managementsamenvatting

### Aanleiding

De vispassage bij gemaal Halfweg is oktober 2012 geopend. Gemaal Halfweg ligt ten westen van Amsterdam en vormt de scheiding tussen Rijnlands boezem en het Noordzeekanaal. Het gemaal heeft als functie overtollig water uit het beheersgebied weg te pompen. Daarnaast wordt het gemaal ingezet om verzilting van Rijnlands gebied tegen te gaan. Het gemaal is een belangrijk knelpunt voor de intrek van trekvissoorten als aal en driedoornige stekelbaars. Rijnland heeft een vispassage aangelegd om vismigratie vanuit de zijtak van het Noordzeekanaal naar Rijnlandse boezem en omgekeerd mogelijk te maken. Om te onderzoeken of vis het gemaal kan passeren via de vispassage en of eventuele aanpassingen benodigd zijn, heeft Rijnland een onderzoek naar zowel stroomopwaartse als stroomafwaartse vistrek via de vispassage laten uitvoeren.

### Voorjaarsmigratie: van het Noordzeekanaal naar Rijnlands boezem

De stroomopwaartse trek van vis door de vispassage is gemeten met behulp van een fijnmazige fuik in de periode van 10 april tot en met 25 mei 2013. In het voorjaar van 2013 zijn meer dan 113.000 vissen gevangen behorend tot 13 vissoorten. De meest voorkomende soorten waren driedoornige stekelbaars en (glas)aal. Voor deze migrerende soorten werkt de vispassage dus goed. Snoekbaars en spiering in alle (gevangen) lengteklassen waren ook in staat om de boezem in te trekken.



**Aanbod Noordzeekanaalzijde versus vispassage in het voorjaar**

Het visaanbod is op 9 avonden in de periode april mei met behulp van een groot kruisnet onderzocht. Deze metingen zijn uitgevoerd op de reguliere draaidagen van het hoofdgemaal (maandag, woensdag en vrijdag). Voorafgaand aan deze metingen is het gemaal ingezet om een lokstroom te creëren. De meest voorkomende vissoorten in de aanbodmetingen waren eveneens driedoornige stekelbaars, (glas)aal en spiering (voornamelijk broed). Bot en zwartbekgrondel komen wel voor in het aanbod, maar migreren niet door de passage. Mogelijk zijn deze bodemgebonden soorten niet in staat om de inzwemopening fysiek te vinden (deze ligt 4 meter boven de bodem) en kunnen daardoor niet te passeren. Divers visbroed (waaronder broed van spiering) komt voor in het aanbod, maar migreert niet door de passage. De stroomsnelheid is voor jonge vissen mogelijk iets te hoog. Ook is het effect van verlichting op het visaanbod gemeten. Het aanbod van glasaal is significant hoger wanneer licht aanwezig is boven het kruisnet.

**Voorjaarsmigratie: van Rijnlands boezem naar het Noordzeekanaal**

In het voorjaar migreren vissen zowel actief als passief van boezem naar kanaal. Dit is onderzocht door een fuik voor de uitstroomopening in het Noordzeekanaal te plaatsen. Aan de kanaalzijde van het gemaal zijn 13 soorten aangetroffen. Vooral pos, maar ook baars en snoekbaars, komen met de buisvijzel mee en migreren naar het Noordzeekanaal.

**Werkingscapaciteit vijzel en dagelijkse migratiepiek**

Om het effect van de werkingscapaciteit van de buisvijzel op de vispasseerbaarheid te onderzoeken zijn metingen verricht bij verschillende draaicapaciteiten. De vispassage werkt beter op 'half vermogen' dan op 'vol vermogen' of 'kwart vermogen'. Daarnaast is de fuik om het uur geleegd tot diep in de nacht. Gebleken is dat de migratiepiek vooral net na middernacht plaatsvindt.

**Najaarsmigratie: van Rijnlands boezem naar het Noordzeekanaal via de vispassage**

In het najaar is met twee aanbodfuiken aan de instroomzijde van het gemaal het aanbod bepaald (26 oktober tot en met 6 december 2012). Door middel van een fuik aan de uitstroomzijde van de vispassage is de doortrek bepaald. Het visaanbod rond gemaal Halfweg bestond uit 12 vissoorten, waarvan baars en aal de meest voorkomende. Gevangen migrerende soorten zijn aal, bot en rivierprik. Het aanbod van schieraal is groot en tijdens de monitoring zijn zoveel mogelijk schieralen (die gevangen zijn in de aanbodfuiken) gemerkt. Echter, geen enkele van de 147 gemerkte schieralen is de vispassage gepasseerd. Waarschijnlijk zijn deze met de visvriendelijke pompen van het boezemgemaal meegevoerd. Op basis van de merk-terugvangst resultaten kunnen geen uitspraken worden gedaan over heen en weer zwemgedrag of zoekgedrag in het gebied voor de ingang van het gemaal of de vispassage. Uit het onderzoek bleek ook dat de andere soorten vis geen gebruik maken van de vispassage bij de stroomafwaartse migratie wanneer het gemaal gelijktijdig in bedrijf is. Ook maken vissen nauwelijks gebruik van de vispassage wanneer het gemaal niet in bedrijf is.

### **Aandachtspunten voor verdere optimalisatie**

In het voorjaar wordt aanbevolen om de werkingsperiode in de avonduren te verlengen tot 02.00 uur. Vismigratie vindt ook nog plaats na middernacht. Op 'half vermogen', werkt de vispassage het best. Aanbevolen wordt om vanaf eind mei de vijzel in te stellen op een kwart vermogen, waardoor er betere stromingscondities ontstaan voor de intrek van visbroed. Aanbevolen wordt deze capaciteit te hanteren, of indien gewenst, verder te optimaliseren. Bodemgebonden soorten als bot en visbroed lijken de passage moeilijk te kunnen passeren.

In het najaar wordt aanbevolen om de vindbaarheid van de vispassage te verbeteren door de vijzel op vol vermogen in te stellen. Dit moet vooral in de periode dat het gemaal uit staat zorgen voor een grotere lokkende werking van de vispassage. Aansluitend kan de werkingsperiode van de vispassage worden aangepast door de periode in de avond te verlengen en de periode in de middag te laten vervallen. Idealiter zou de vispassage 24 uur per dag kunnen werken.



## Inhoud

<b>Verantwoording en colofon</b> .....	<b>5</b>
<b>Managementsamenvatting</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Inleiding</b> .....	<b>11</b>
1.1 Aanleiding .....	11
1.2 Onderzoeksvragen .....	12
1.3 Leeswijzer .....	12
<b>2 Materiaal en methode</b> .....	<b>13</b>
2.1 Boezemgemaal Halfweg .....	13
2.2 Vispassage .....	14
2.3 Materiaal .....	15
2.3.1 Najaarsonderzoek .....	15
2.3.2 Fuikenvisserij .....	15
2.3.3 Voorjaarsonderzoek .....	18
2.3.4 Kruisnet .....	18
2.3.5 Boezemfuik (glasaalfuik) .....	18
2.3.6 Kanaalfuik (hokfuik) .....	19
2.4 Inspanning .....	21
2.4.1 Najaarsonderzoek .....	21
2.5 Periode van uitvoering .....	21
2.5.1 Najaarsonderzoek .....	21
2.5.2 Voorjaarsonderzoek .....	22
2.6 Merk-terugvangst .....	24
2.6.1 Najaarsonderzoek .....	24
2.6.2 Voorjaarsonderzoek .....	25
2.7 Gegevensverwerking en analyse .....	26
<b>3 Resultaten</b> .....	<b>28</b>
3.1 Najaar 2012 .....	28
3.1.1 Totale vangst bij Gemaal Halfweg .....	28
3.1.2 Aanbodmetingen (hokfuiken) .....	29
3.1.3 Passage via gemaal (doortrekmelingen) .....	30
3.1.4 Bemonstering vispassage .....	33
3.1.5 Vangstverloop .....	34

3.1.6	Merk-terugvangst schieraal .....	36
3.2	Voorjaar 2013 .....	38
3.2.1	Totale vangst bij gemaal Halfweg (kruisnet, boezemfuik en kanaalfuik) .....	38
3.2.2	Aanbod Noordzeekanaal (kruisnet) .....	39
3.2.3	Voorjaarsintrek via de vispassage (boezemfuik) .....	41
3.2.4	Vangstverloop in de tijd en relatie met bediening .....	45
3.2.5	Stroomafwaartse vismigratie via de vispassage .....	52
<b>4</b>	<b>Discussie</b> .....	<b>54</b>
4.1	Functionaliteit en effectiviteit vispassage voor uittrek (najaar 2013) .....	54
4.1.1	Passage van vis via de vispassage .....	54
4.1.2	Passage van vis via gemaal .....	55
4.1.3	Vergelijking met eerdere bemonsteringen .....	57
4.2	Functionaliteit en effectiviteit vispassage voor intrek (voorjaar 2013) .....	57
4.2.1	Functionaliteit .....	57
4.2.2	Effectiviteit .....	58
4.2.3	Vangstverloop in de avond en ochtend .....	59
4.2.4	Verschil in pompcapaciteit .....	60
4.2.5	Invloed van verlichting op het aanbod (glasaal) .....	60
<b>5</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>61</b>
5.1	Najaarsmigratie (2012) .....	61
5.2	Voorjaarsmigratie (2013) .....	61
<b>6</b>	<b>Aanbevelingen</b> .....	<b>63</b>
6.1	Najaarsmigratie (2012) .....	63
6.2	Voorjaarsmigratie (2013) .....	63
	<b>Geraadpleegde literatuur</b> .....	<b>65</b>

## **Bijlage(n)**

- 1 Impressie van de vangsten

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Uit verscheidene onderzoeken is gebleken dat gemalen in algemene zin een probleem zijn in relatie tot vismigratie. Deze problematiek is tweeledig. Enerzijds vormt het gemaal een barrière voor vismigratie. Anderzijds kunnen opvoerwerktuigen zorgen voor schade en/of sterfte bij passerende vissen. De barrièrewerking geldt ten aanzien van migratie in 2 richtingen. Vismigratie vanuit het ontvangende water naar het bemalen water is niet mogelijk als gevolg van de optredende stroomsnelheden. Buiten de werkingsperioden van de pomp om, zorgt een waterkerende voorziening (bijvoorbeeld een terugslagklep) voor een niet te passeren barrière. In de tegenovergestelde richting worden vissen afgeschrikt als gevolg van geluid en trillingen van het opvoerwerktuig of is het (door de aanwezigheid van een krooshek) fysiek niet mogelijk om te migreren via de pompen. Op het moment dat vissen door de pompen migreren, bestaat de mogelijkheid tot optreden van schade en/of sterfte. Dit is onder andere aangetoond in het onderzoek van STOWA (Chan et al., 2012)<sup>1</sup>.

Met bovengenoemde problematiek in het achterhoofd heeft het hoogheemraadschap van Rijnland bij gemaal Halfweg (één van de 4 boezemgemalen voor de waterafvoer van Rijnlands boezem) maatregelen genomen om de vismigratie te bewerkstelligen; recent is het gemaal voorzien van een vispassage. Om te onderzoeken of de genomen maatregelen gezorgd hebben voor de doelrealisatie en of eventuele aanpassingen benodigd zijn, heeft het hoogheemraadschap gekozen voor het uitvoeren van zowel een najaars- als een voorjaarsmeting. In opdracht van het hoogheemraadschap van Rijnland heeft Tauw de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- Het monitoren van:
  - De passage van vis in het najaar (oktober-december) via de aangelegde vispassage en het boezemgemaal en de najaarstrek van aal
  - De intrek van diadrome vis – i.e. vis die onder natuurlijke condities moet migreren – in het voorjaar (maart-mei) via de aangelegde passage
- Het optimaliseren van de werking van het bedieningsprotocol voor de vispassage om optimale condities te creëren voor de passage van (diadrome) vis

<sup>1</sup>Deze problematiek is op gemaal Halfweg nagenoeg niet van toepassing aangezien tijdens eerder onderzoek in 2007 door Witteveen+Bos al is aangetoond dat er sprake is van zeer geringe beschadiging (<1 %) bij passage van de vijzels.

## 1.2 Onderzoeksvragen

De volgende onderzoeksvragen worden beantwoord om te komen tot het gewenste resultaat:

### Functionaliteit

- Is het mogelijk dat vissen de vispassage passeren van boezem naar Noordzeekanaal en vice versa?

### Effectiviteit

- Welk aanbod (hoeveel en welke soorten vissen) is er bij gemaal Halfweg?
- Welk percentage (van het visaanbod) maakt gebruik van het gemaal/de vispassage (merk terugvangst)?
- Hoe is het verloop van de migratie in de tijd en hoe verhoudt zich dit in relatie tot het optimaliseren van het bedieningsprotocol voor de vispassage om optimale condities te creëren voor de passage van (diadrome) vis

## 1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de onderzoekslocatie beschreven en wordt ingegaan op de gebruikte methode en inspanning. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten van het onderzoek weergegeven. Hoofdstuk 4 bevat de discussie en in hoofdstuk 5 zijn de conclusies en hoofdstuk 6 de aanbevelingen geformuleerd.

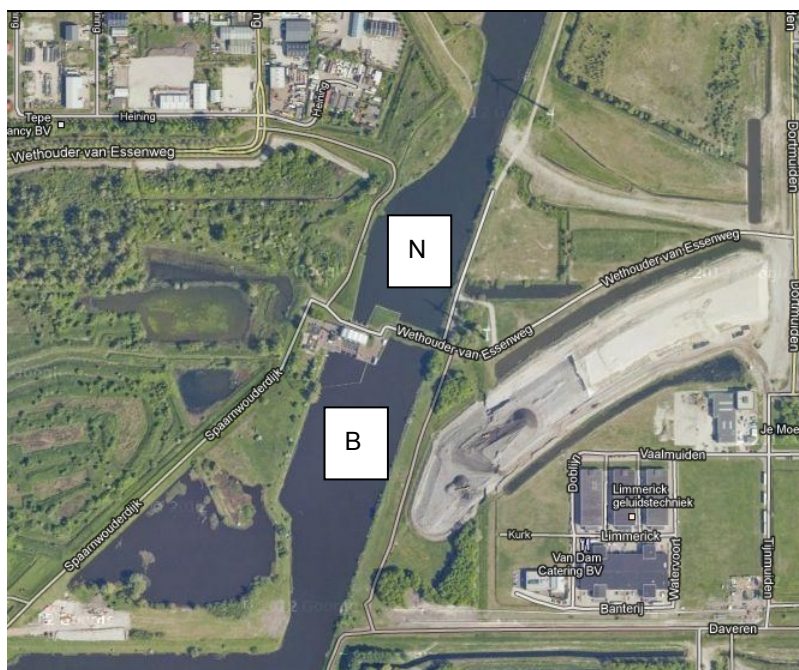
## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Boezemgemaal Halfweg

Gemaal Halfweg ligt in Amsterdam en vormt de scheiding tussen Rijnlands boezem en het Noordzeekanaal. Het gemaal heeft als functie overtollig water uit het beheersgebied weg te pompen. Daarnaast wordt het gemaal ingezet om verzilting van tegen te gaan. Onderstaande figuur geeft de ligging weer van het gemaal.

Adres:

Wethouder van Essenweg 1  
Amsterdam



**Figuur 2.1 Ligging gemaal Halfweg (N = Noordzeekanaal, B = Rijnlands Boezem)**

Het gemaal Halfweg is voorzien van drie vijzels met een maximale capaciteit ca  $11 \text{ m}^3/\text{s}$  en heeft een totale capaciteit van  $34 \text{ m}^3/\text{s}$  (22 RPM). Het gemaal kan ook op 2/3e van zijn capaciteit ingezet worden (15 RPM), de capaciteit bedraagt dan  $22 \text{ m}^3/\text{s}$ . In de bedrijfsvoering van het gemaal wordt een zomer- en winterregime gehanteerd. De overschakeling vindt plaats in de maanden maart en oktober.

### *Winterregime*

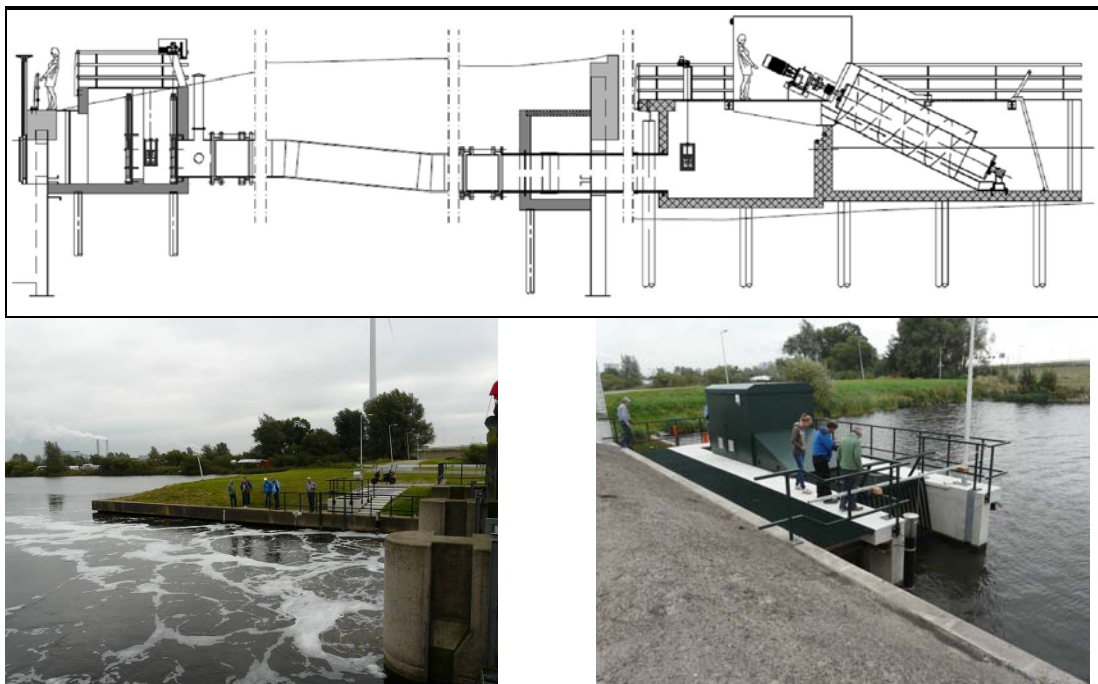
Het gemaal draait iedere maandag en vrijdag (overdag). Bij veel neerslag wordt afhankelijk van de hoeveelheid extra bemalen (in eerste instantie 's nachts en in tweede instantie overdag). Voor het najaarsonderzoek is de bemaling van de extra afvoer omgedraaid. Dat wil zeggen als het gemaal extra ingezet moest worden, dit in eerste instantie overdag en in tweede instantie 's nachts werd gedaan.

### *Zomerregime*

Het gemaal draait iedere maandag, woensdag en vrijdag gedurende een periode van 4 uur met een capaciteit van 22 m<sup>3</sup>/s in de ochtend van 8.00 tot 12.00 uur. Voor het voorjaarsonderzoek is de maalperiode verplaatst naar de middag van 14.00 tot 18.00 uur om een lokstroom te creëren voor de geplande aanbodmetingen.

## 2.2 Vispassage

Om migratie vanuit de zijtak van het Noordzeekanaal naar de Rijnlandse boezem en omgekeerd mogelijk te maken, heeft het Rijnland een vispassage aangelegd. Het ontwerp van de vispassage staat schematisch weergegeven in onderstaande figuur.



**Figuur 2.2 Schematische weergave van de vispassage bij gemaal Halfweg. Links zijde Noordzeekanaal (uitstroomvispassage; rechts zijde Rijnlands boezem (instroom vispassage)**

Aan de boezemzijde (rechts op bovenstaande figuur) staat een opvoerunit opgesteld. In de opvoerunit is een visveilige buisvijzel aanwezig die het water afvoert naar een opvoerbak met een maximale capaciteit van 19 m<sup>3</sup>/minuut. De opvoerbak is via een composietbuis DN 1000 verbonden met een uitstroombak aan de zijde van het Noordzeekanaal (links in de figuur). In de opvoerbak is een automatische afsluiter aanwezig om de vissen vanuit de opvoerbak naar de boezem te laten migreren. Dit gaat via een lozingspijp met een diameter van 250 mm. De stroomsnelheid in de lozingspijp bedraagt 0,15 m/s bij de tijdens het onderzoek gehanteerde werkingscapaciteit (ca. 9,5 m<sup>3</sup>/minuut). Bij maximale capaciteit bedraagt de stroomsnelheid in de lozingspijp ca. 0,3 m/s. In de uitstroombak is een automatische en handbediende schuif aanwezig. Wanneer de schuif open staat heeft de uitstroombak een open verbinding met het Noordzeekanaal.

Het werkingsregime van de vispassage in zowel voorjaar (maart-mei) als najaar (september-december) is als volgt:

- Ochtend (2 uur): van 8.00 tot 9.00 uur en van 10.00 tot 11.00 uur
- Middag (2 uur): van 12.00 tot 13.00 uur en van 14.00 tot 15.00 uur
- Avond (3 uur): van 21.00 tot 24.00 uur

Gedurende het voorjaaronderzoek is in totaal vijf dagen afgeweken van dit regime. Dit is gedaan om te bepalen of het reguliere werkingsregime optimaal is. De vispassage is extra ingezet:

- In de nacht/ochtend (1.00-07.00 uur) op 17 en 18 mei
- In de avond/nacht (aanvullend op de reguliere avonduren) 2 uur extra (20.00 tot 21.00 uur en 0.00 tot 01.00 uur) op 15, 17 en 24 mei

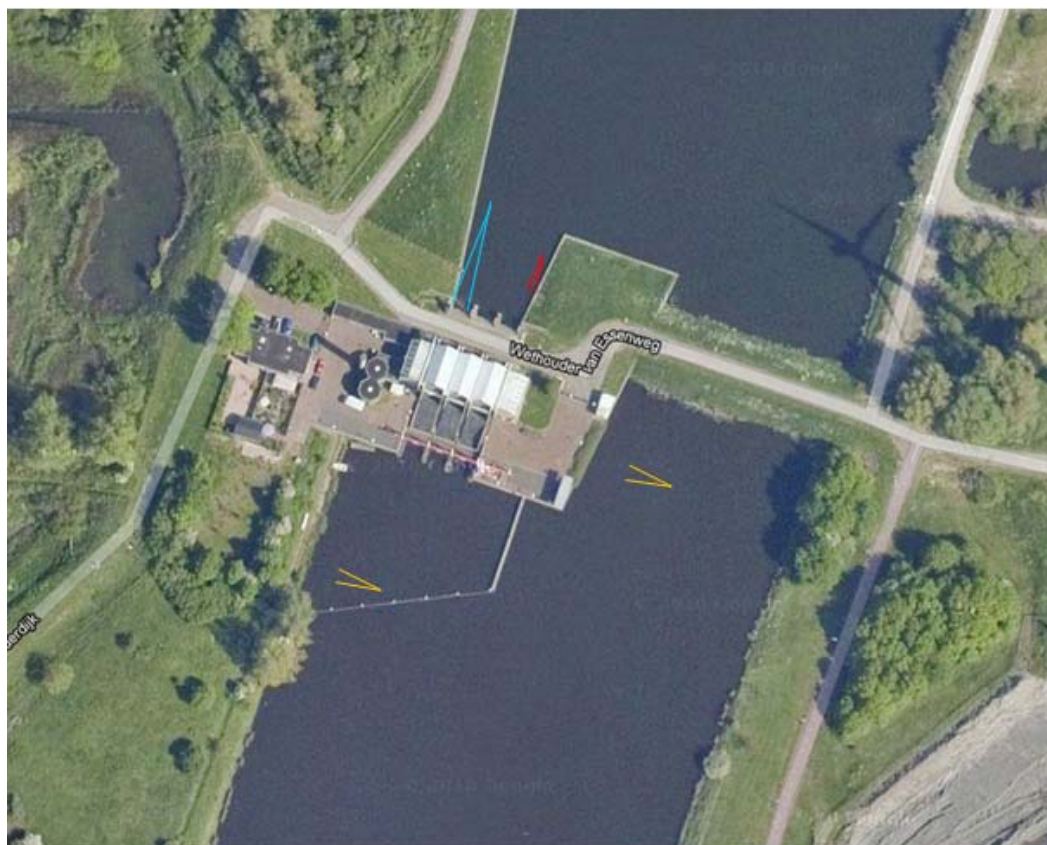
## **2.3 Materiaal**

### **2.3.1 Najaaronderzoek**

De toegepaste vangtuigen zijn hokfuisen, een kuilvormig opvangnet en leefnetten. In navolgende tekst volgt een korte beschrijving van deze vangtuigen en de toepassing hiervan.

### **2.3.2 Fuikenvisserij**

Om het aanbod (zijde Rijnlands boezem) te bepalen is gebruik gemaakt van twee hokfuisen. Beroepsvisser Piet Ruijter is ingezet voor het legen van de aanbodfuisen.



**Figuur 2.3** Positie van de aanbodfuiken (geel), hokfuijk bij de vispassage (rood) en kuilvormig opvangnet achter vijzel 3 (blauw) bij gemaal Halfweg.

De doortrek via vijzel 3 is bepaald met een kuilvormig opvangnet (figuur 2.4) dat met behulp van een frame in de sponning achter de vijzel is geplaatst. Gedurende de doortrekmetingen stond de bovenkant van het frame van het gebruikte opvangnet ongeveer 20 cm onder het wateroppervlak. Naar verwachting is het effect hiervan gering. Wel verdient het de aandacht om het frame aan te passen en beter passend te maken in een vervolg onderzoek.





**Figuur 2.4 Uitvoering van de gemaalbemonstering met fuik en frame.**

De doortrek van de vispassage is bemonsterd met een hokfuik (kanaalfuik, zie figuur 2.5). Deze was direct achter de uitstroomopening van de vispassage geplaatst.



**Figuur 2.5 De kanaalfuik; een hokfuik met frame voor de bemonstering van vismigratie in stroomafwaartse richting**

### 2.3.3 Voorjaarsonderzoek

De toegepaste vangtuigen zijn een kruisnet en twee verschillende fuiken (boezemfuik en kanaalfuik). In navolgende tekst volgt een korte beschrijving van deze vangtuigen en de toepassing hiervan.

### 2.3.4 Kruisnet

Voor het bepalen van het visaanbod aan de kanaalzijde is er een speciaal vervaardigd kruisnet ingezet (figuur 2.6). Het had afmetingen van 4 x 4 m en een maaswijdte van 0,8 mm en is gemaakt van geweven polyester. Onderaan het kruisnet bevindt zich een zak, waar alle gevangen vis in wordt verzameld. Het kruisnet werd hydraulisch (met behulp van een kraan) opgehaald en neergelaten.



**Figuur 2.6** Het kruisnet voor het bepalen van visaanbod bij gemaal Halfweg aan de kanaalzijde.

### 2.3.5 Boezemfuik (glasaalfuik)

Om de hoeveelheid intrekende vis te bepalen is er een speciale fuik gemaakt voor het vangen van glasaal en andere vissoorten. Deze fuik is gemaakt van geweven polyester met een maaswijdte van 0,8 mm. Zie figuur 2.7.

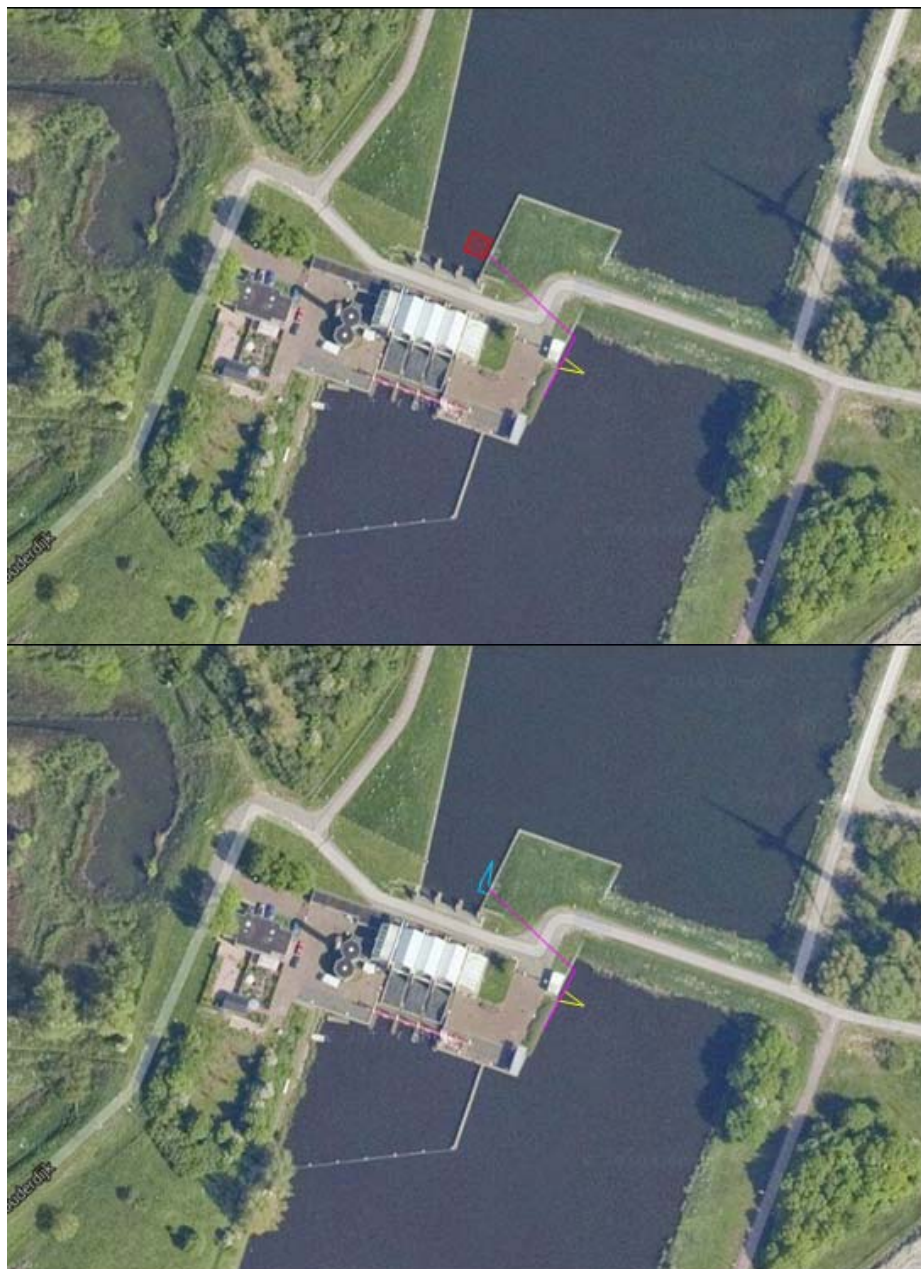


**Figuur 2.7 Boezemfui bevestigd aan de uitstroomopening van de vispassage.**

### **2.3.6 Kanaalfui (hokfui)**

Deze fui is ontwikkeld voor het bemonsteren van de stroomafwaartse migratie (uittrek) door de vispassage, en bestaat uit een frameconstructie voorzien van netwerk met daaraan een hokfui (zie figuur 2.5).

De exacte locatie van deze vangtuigen is weergegeven in onderstaande figuur.



**Figuur 2.8** Locaties van de vangtuigen en vispassage  
boven bemonstering met het kruisnet (rood) en boezemfuik (geel);  
onder bemonstering met de kanaalfuik (blauw) en boezemfuik (geel). De ligging van de vispassage is met  
paars aangegeven.

---

## **2.4 Inspanning**

### **2.4.1 Najaarsonderzoek**

#### **Aanbodmetingen**

Door middel van twee aanbodfuiken aan de instroomzijde van het gemaal is continu het aanbod bepaald. De fuien zijn gemiddeld 2 x per week geleegd.

#### **Doortrekmetingen gemaalvizels**

In totaal is twee avonden de doortrek van het gemaal bemonsterd. Per avond zijn er twee metingen verricht. Bij de eerste meting (19.30 - 20.30 uur/21.00 uur) was enkel het gemaal in bedrijf, bij de tweede meting (21.00 - 24.00 uur) was ook de vispassage in bedrijf. Indien het nodig was om water te sparen, dan is dit overdag gedaan (de eerste vier uur in de ochtend). Voorafgaand aan het aanbrenge van de vangconstructie is het gemaal stilgezet. Afhankelijk van de vangst, is ten tijde van de doortrekmeting het gemaal ieder uur stilgezet om de vangst te verwerken.

#### **Doortrekmeting vispassage**

Door middel van de fuik aan de uitstroomzijde van de vispassage is continu de doortrek bepaald. Deze fuik is telkens tegelijkertijd met de aanbodmetingen (zie paragraaf 2.4.1) geleegd, gemiddeld 2 x per week. Hierbij is rekening gehouden met het werkingsregime van de vispassage.

## **2.5 Periode van uitvoering**

### **2.5.1 Najaarsonderzoek**

Het najaarsonderzoek is uitgevoerd in de periode van 26 oktober 2012 tot en met 6 december 2012. Tabel 2.1 geeft een overzicht van wanneer de aanbodfuien zijn geleegd, er een doortrekmeting van het gemaal plaats vond en wanneer de fuik achter de vispassage is geleegd. De vispassage is telkens gelijktijdig geleegd met de aanbodfuien in de boezem.

**Tabel 2.1** Overzicht van de periode van uitvoering

<b>Aanbodfuien</b>													
Datum	29-10-2012	2-11-2012	5-11-2012	7-11-2012	9-11-2012	12-11-2012	15-11-2012	19-11-2012	22-11-2012	26-11-2012	29-11-2012	3-12-2012	6-12-2012
Meting nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Doortrekmeting gemaal</b>													
Datum				8-11-2012	8-11-2012					26-11-2012	26-11-2012		
Meting nr.				1.1	1.2					2.1	2.2		
Tijd				19.30-20.30	21.00-24.00					19.30-21.00	21.00-00.00		
<b>Bemonstering vispassage</b>													
Datum	29-10-2012	2-11-2012	5-11-2012	7-11-2012	9-11-2012	12-11-2012	15-11-2012	19-11-2012	22-11-2012	26-11-2012	29-11-2012	3-12-2012	6-12-2012
Meting nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

## 2.5.2 Voorjaarsonderzoek

### Aanbodmetingen

Het visaanbod is 9 maal gemeten in de avond (20.00 - 00.00 uur/1.00 uur) met behulp van het kruisnet. Deze metingen zijn uitgevoerd op de reguliere draaidagen van het hoofdgemaal (maandag, woensdag en vrijdag). Voorafgaand aan deze metingen is het gemaal ingezet om een lokstroom te creëren (periode 14.00 - 18.00 uur). De metingen zijn uitgevoerd op 24 en 26 april en op 1, 3, 7, 10, 15, 17 en 24 mei 2013. Naast het visaanbod is ook het effect van licht op het visaanbod gemeten. Vismigratie vindt voor verschillende soorten op verschillende momenten op de dag plaats. Zo is bekend dat aal (glasaal en schieraal) vooral in het donker trekt. Dit kan een afschrikkend effect dan wel aantrekkelijk effect hebben. Met een randomizer (programma dat keuze baseert op toeval) is bepaald welke lichten met een bouwlamp als lichtbron uitgevoerd moesten worden. De eerste zes metingen zijn volgens het onderstaande schema uitgevoerd met de bouwlamp aan of uit. Omdat tijdens de laatste 3 metingen het onderzoek zich heeft gericht op een andere variabele (werkingscapaciteit), is besloten hierbij de variabele licht gelijk te houden.

Avond	Trek									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	met lamp	met lamp	zonder lamp	met lamp	met lamp	zonder lamp	met lamp	zonder lamp		
2	zonder lamp	zonder lamp	met lamp	met lamp	zonder lamp	met lamp	met lamp	zonder lamp		
3	zonder lamp	met lamp	met lamp	zonder lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp		
4	zonder lamp	met lamp	zonder lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	zonder lamp		
5	zonder lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp		
6	zonder lamp	met lamp	zonder lamp	met lamp	zonder lamp	zonder lamp	met lamp	met lamp		
7	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp
8	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp
9	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp	met lamp

met lamp
  zonder lamp

**Figuur 2.9 Lichtschema voor de kruisnetbemonsteringen (gebruik bouwlamp)**

### Bemonstering vispassage

De trek van vis door de vispassage is gemeten met behulp van de boezemfuij. Deze metingen zijn uitgevoerd in de periode van 10 april tot en met 25 mei 2013. Gemiddeld is de fuij 3 tot 4 keer per week geleegd. In totaal zijn er 36 lichtingen gedaan. Op 17 en 18 mei is deze fuij tweemaal extra ingezet om migratie in de ochtenduren te bepalen. Op de avonden 15, 17 en 24 mei (gepaard aan de aanbodmetingen) is deze fuij elk uur geleegd om middels voldoende metingen (n=5) het effect van de werkingscapaciteit van de buisvizel op de vispasseerbaarheid te onderzoeken. Middels deze metingen kon ook een goed beeld worden verkregen van de migratie gedurende de avond.

### Stroomafwaartse vispassage via buisvizel vispassage

Om na te gaan of gepasseerde vis daadwerkelijk vanuit het Noordzeekanaal migreert of wordt meegevoerd met het water dat via de buisvizel wordt opgepompt naar de opvoerbak is een hokfuij geplaatst aan de kanaalzijde. De hokfuij is voor de uitstroomopening in het Noordzeekanaal geplaatst, zodat de stroomopwaartse migratie van vis werd voorkomen. De maaswijdte van deze fuij is dusdanig dat glasaal en stekelbaars wel blijven intrekken en doorzwemmen naar de boezemfuij. Voor andere/grotere vis is de maaswijdte van de hokfuij te fijn. Dit type bemonstering is gedurende 2 dagen uitgevoerd (op 23 en 25 mei 2013).

## 2.6 Merk-terugvangst

### 2.6.1 Najaarsonderzoek

Tijdens de monitoring zijn zoveel mogelijk van de schieralen (die gevangen zijn in de aanbodfuiken) gemerkt met een Floy-tag met uniek nummer. Vanaf het moment dat het aanbod van schieraal af nam en duidelijk werd dat er geen doortrekmetering meer uitgevoerd kon worden is in overeenstemming met het Hoogheemraadschap besloten het merken te stoppen. Hierdoor zijn niet alle gevangen schieralen gemerkt.



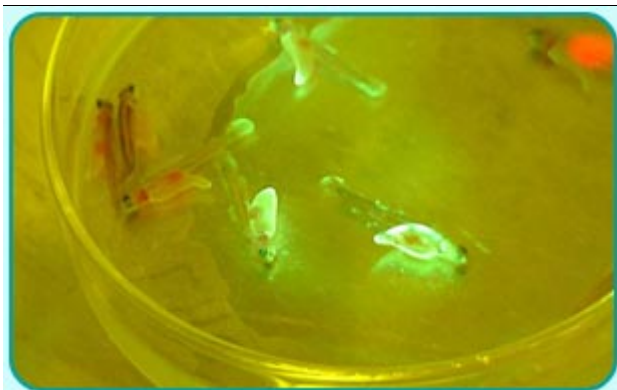
**Figuur 2.5** Voorbeeld van een schieraal die wordt voorzien van een Floy-tag.

Voor het merken van de schieraal is goedkeuring afgegeven door de Dierexperimentencommissie (DEC). Het merken van schieraal met floy-tags is uitgevoerd door Visserijbedrijf Kalkman. Tauw heeft hiervoor een instructiesessie aan het visserijbedrijf gegeven. De alen zijn verdoofd in een Ethylene glycol monophenyl ether / 2-fenoxyethanol oplossing (36 ml verdovingsvloeistof per 40 l water). Zodra de gemerkte alen weer zijn bijgekomen in vers water zijn zij iets stroomopwaarts van de fuien teruggezet zodat ze niet onmiddellijk weer gevangen werden.



### 2.6.2 Voorjaaronderzoek

Ook voor het voorjaaronderzoek is een merk-terugvangexperiment opgestart, specifiek gericht op glasaal. In 1997 zijn merkexperimenten succesvol uitgevoerd door RIVO met glasaal bij Den Oever (Dekker & van Willigen, 1997). Bij dezen en andere merkacties is gebruik gemaakt van Bismarck Brown. De gemerkte glasaal is na 2 weken goed te onderscheiden van niet-gemerkte glasaal (Gascuel, 1987). Na overleg met meerdere deskundigen in binnen- en buitenland is besloten om in plaats van Bismarck Brown gebruik te maken van Oxytetracycline. Deze kleurstof zorgt voor een gelige verkleuring in calciumrijke lichaamsdelen, zoals tanden en botten.



**Figuur 2.6 Door UV-licht oplichtende garnalen welke gemerkt zijn met Oxytetracycline. (Bron: [www.fishmarking.com](http://www.fishmarking.com))**

Gemerkte glasalen hebben direct na het merken op het oog een gelige kleur. Deze kleur verdwijnt na enkele dagen. Met behulp van ultraviolet licht is (tot zeker 12 maanden na het merken) een geelkleurige botstructuur te zien. Dit maakt het eenvoudig om met behulp van een UV-lamp de glasaal te sorteren op een sorteertafel. Voor het toepassen van de kleurstof is een protocol opgesteld alvorens deze is toegepast. Gedurende twee avonden is een beperkt aantal glasalen gekleurd. De eerste avond is de kleurstof gaan klonteren, waardoor deze niet goed werd opgenomen door de glasalen. De tweede avond was in veel mindere mate sprake van klontering en leek de kleurstof wel goed te worden opgenomen door de dieren. Echter na kleuring kon met behulp van een UV-lamp geen verschil worden gezien met een ongekleurde glasaal. Mede met het oog op de grote hoeveelheden glasaal die inmiddels werden aangetroffen in de fuik van de vispassage is in overleg met het hoogheemraadschap besloten om dit experiment vroegtijdig af te breken.

## 2.7 Gegevensverwerking en analyse

### Vangstregistratie

Alle gevangen vis is gemeten en geregistreerd in het gemaal. Daar was een opstelling gemaakt met sorteertafel, weegtafel, meetgoot en meerdere opvangbakken. De soms grote aantallen gevangen vissen (en dan specifiek driedoornige stekelbaars en glasaal) zijn verwerkt middels het bepalen van gewicht (glasaal) en volume (driedoornige stekelbaars) van deelmonsters:

- Glasaal: In eerste instantie is het gewicht bepaald van 200 exemplaren. Dit bedroeg 78 gram. Iedere grote vangst is vervolgens verwerkt met deelmonsters van 78 gram. Ter controle zijn per lichte vangst vervolgens meerdere deelmonsters opnieuw afgeteld. Daarbij zijn geen grote afwijkingen geconstateerd
- Driedoornige stekelbaars: De vangsten van driedoornige stekelbaars zijn verwerkt per volume-eenheid. Ook hierbij is ter controle het aantal exemplaren per volume-eenheid meerdere malen per lichte vangst vastgesteld. Daarbij zijn geen grote afwijkingen geconstateerd

Alle gevangen vis is geregistreerd op veldformulieren. Op deze formulieren werden tevens het weer en eventuele bijzonderheden vermeld.

### Statistische toets

#### *Invloed van verlichting*

Om de invloed van het licht te bepalen, is er getoetst met de Student's T-toets. De nulhypothese is dat er geen verschil is in het gemiddeld aantal gevangen vissen tussen de situatie met licht aan en uit. Met andere woorden: verwacht wordt dat het niet uitmaakt of de bouwlamp aan of uit staat.

Met de T-toets wordt getoetst of de verdeling van de gevangen hoeveelheden vis over de verschillende situaties afwijkt van de op basis van het toeval te verwachten verdeling. Als er een significante afwijking is, moet de nulhypothese worden verworpen. In beginsel laat de T-toets alleen zien of er een significante afwijking is, maar daarmee staat nog niet vast in welke richting die afwijking zich voordoet.

#### *Rendement verschillende pompcapaciteiten*

De verschillen vispassage bij de onderzochte pompcapaciteiten (kwart, half en vol vermogen) zijn geanalyseerd door per uur het rendement vast te stellen van gepasseerde vis.

In Nederland bestaat geen kader voor het vaststellen van het rendement van vispassages. Daarom is het berekenen van het rendement van vispassages een eenvoudige formule gehanteerd.

$$\text{Het rendement is} = \frac{\text{aantal gepasseerde vissen (boezemfuik)}}{\text{totale aanbod (boezemfuik+kruisnet)}} * 100\%$$

Naar verwachting wordt hiermee een beeld verkregen van het ecologisch rendement van de vispassage. De aanname daarbij is dat alle vis uit het aanbod (kruisnet) gemotiveerd is om te migreren.

Om de invloed van de verschillende capaciteiten te bepalen, is er getoetst met de Student's T-toets. De nulhypothese is dat er geen verschil is in het gemiddelde rendement tussen de situatie met half, vol, en kwart vermogen. Met andere woorden: verwacht wordt dat het niet uitmaakt hoe hard de vijzel van de vispassage draait. Met de T-toets wordt getoetst of de verdeling van de gevangen hoeveelheden vis over de verschillende situaties afwijkt van de op basis van het toeval te verwachten verdeling. Als er een significante afwijking is, moet de nulhypothese worden verworpen. In beginsel laat de T-toets alleen zien of er een significante afwijking is, maar daarmee staat nog niet vast in welke richting die afwijking zich voordoet.

## 3 Resultaten

### 3.1 Najaar 2012

#### 3.1.1 Totale vangst bij Gemaal Halfweg

##### Soortsamenstelling

Gedurende het onderzoek bij gemaal Halfweg zijn er in totaal 577 vissen bestaand uit 12 vissoorten gevangen in de fuiken, via het gemaal en via de passage (tabel 3.1). Deze aantallen zijn niet gecorrigeerd op dubbelvangsten. Algemeen voorkomende soorten zijn baars (36,0 %) en aal (31,4 %). Frequent gevangen vissoorten zijn kolblei (9,9 %), blankvoorn (8,3 %), snoekbaars (6,1 %) en bot (3,5 %). Brasem (2,1 %) is schaars gevangen en de soorten pos (0,9%), zwartbekgrondel (0,9 %), ruisvoorn (0,3 %) en rivierprik (0,3 %) werden sporadisch aangetroffen.

Tabel 3.1 Aangetroffen soorten en aantallen per type meting bij gemaal Halfweg

Aantal Soort	Type meting			Totaal	Vangstverdeling (%)
	Aanbod (Hokfuiken, 2 stuks) 13 lichtingen, 41 nachten	Gemaal (Doortrekmeting) 4 metingen, 2 nachten	Vispassage (Hokfuik) 13 lichtingen, 39 nachten		
Aal	174	7		181	31,4%
Baars	189		19	208	36,0%
Blankvoorn	45	1	2	48	8,3%
Brasem	11		1	12	2,1%
Bot	19	1		20	3,5%
Kolblei	41	12	4	57	9,9%
Pos	3		2	5	0,9%
Rivierprik		1	1	2	0,3%
Ruisvoorn	2			2	0,3%
Snoekbaars	25	7	3	35	6,1%
Zeelt	2			2	0,3%
Zwartbekgrondel	2	3		5	0,9%
<b>Totaal</b>	<b>513</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>577</b>	<b>100,0%</b>

##### Overige soorten

Naast vissen werden er ook overige fauna gevangen, waaronder honderden Chinese wolhandkrabben die zowel in de aanbodfuiken aan de boezemzijde als in de fuiken achter de

vispassage en vijzel 3 gevangen zijn. Daarnaast werd er één kikker gevangen in de aanbodfuiken.

### 3.1.2 Aanbodmetingen (hokfuiken)

#### Soortsamenstelling

In de twee aanbodfuiken aan de boezemzijde van het gemaal werden in totaal 513 vissen behorend tot 11 vissoorten gevangen (tabel 3.2). Het aanbod werd vooral gedomineerd door aal en baars.

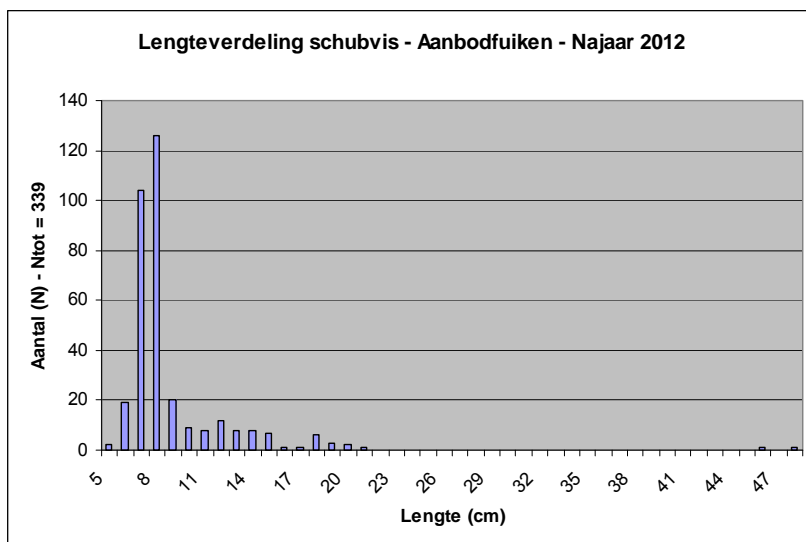
Tabel 3.2 Vangsten in de aanbodfuiken aan de boezemzijde van het gemaal

	29-10-2012	2-11-2012	5-11-2012	7-11-2012	9-11-2012	12-11-2012	15-11-2012	19-11-2012	22-11-2012	26-11-2012	29-11-2012	3-12-2012	6-12-2012	Totaal
<i>Meting nr.</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
<i>Aantal nachten</i>	3	4	3	2	2	3	3	4	3	4	3	4	3	41
Aal	6	30	30	25	9	7	6	3	21	19	10	8		174
Baars	24	24	5	11	26	16	10	13	11	24	4	9	12	189
Blankvoorn	1	1		9	2			1		3		28		45
Bot												1	18	19
Brasem						4		2	3	2				11
Kolblei	5	4	4	12	12								4	41
Pos				1	2									3
Ruisvoorn			1						1					2
Snoekbaars	12	4	1	1	2		1	1	1	1		1		25
Zeelt	2													2
Zwartbekgrondel			1				1							2
	50	63	42	59	53	27	18	20	37	49	14	47	34	513

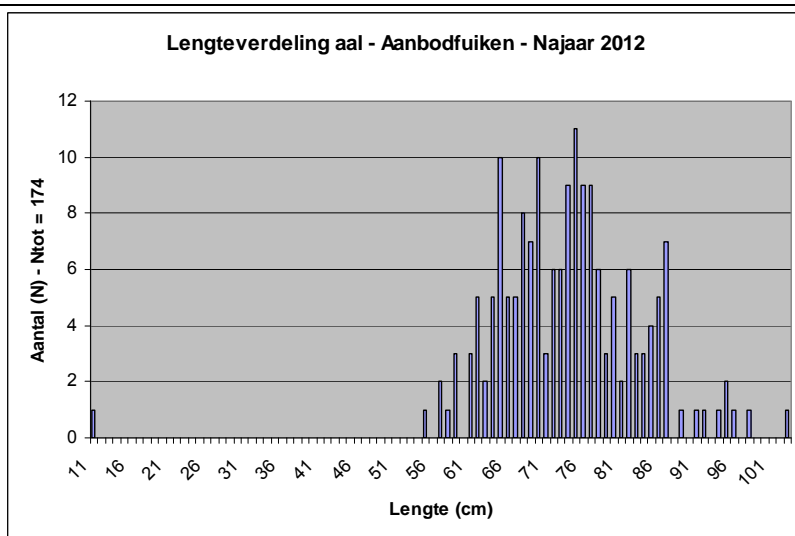
#### Lengtefrequentie verdeling

In de aanbodfuiken is voornamelijk kleine/juvenile schubvis (< 15 cm) gevangen en nauwelijks schubvis groter dan 25 cm (figuur 3.1). In hoeverre de fuiken selectief vissen op kleine vis is niet te zeggen.

Er is nagenoeg alleen schieraal gevangen en bijna geen rode aal (figuur 3.2). Slechts één van de gevangen alen was kleiner dan 55 cm.



Figuur 3.1 Lengte-frequentieverdeling voor alle schubvis gezamenlijk gevangen in de aanbodfuiken



Figuur 3.2 Lengte-frequentieverdeling van aal gevangen in de aanbodfuiken

### 3.1.3 Passage via gemaal (doortrekmelingen)

#### Soortensamenstelling

Bij de twee doortrekmelingen van 19.30 - 20.30 uur/21.00 uur (meting 1.1 en 2.1) waarbij enkel het gemaal in bedrijf was werden er 11 vissen gevangen. Bij de twee doortrekmelingen van 21.00 - 24.00 uur (meting 1.2 en 2.2), waarbij zowel het gemaal alsook de vispassage in bedrijf was, werden er 21 vissen gevangen (tabel 3.3). Gemiddeld zijn 7 alen in 7 uur via de vijzel van het

gemaal gemigreerd, wat overeen komt met 1 aal/uur. Gedurende deze doortrekmelingen hebben er geen vissen gebruik gemaakt van de vispassage.

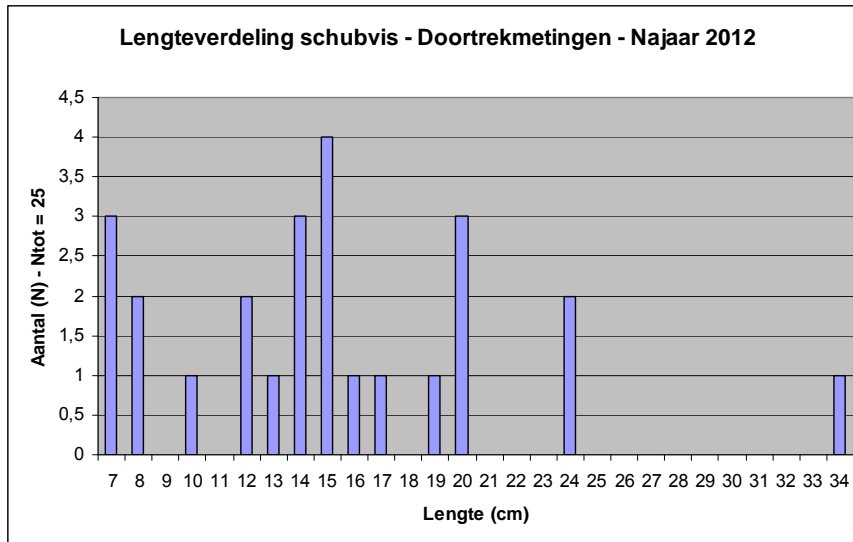
**Tabel 3.3 Vangsten bij doortrekmelingen door gemaal (vijzel 3) of vispassage**

Tijd	8-11-2012			26-11-2012			Totaal
	19.30-20.30 uur	21.00-24.00 uur	Vispassage	19.30-21.00 uur	21.00-24.00 uur	Vispassage	
Locatie	Gemaal	Gemaal	Vispassage	Gemaal	Gemaal	Vispassage	
-*			0	0		0	0
Aal	1	5			1		7
Blankvoorn					1		1
Bot					1		1
Kolblei	6	6					12
Rivierprik		1					1
Snoekbaars	2	5					7
Zwartbekgrondel	2				1		3
<b>Totaal</b>	<b>11</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>32</b>

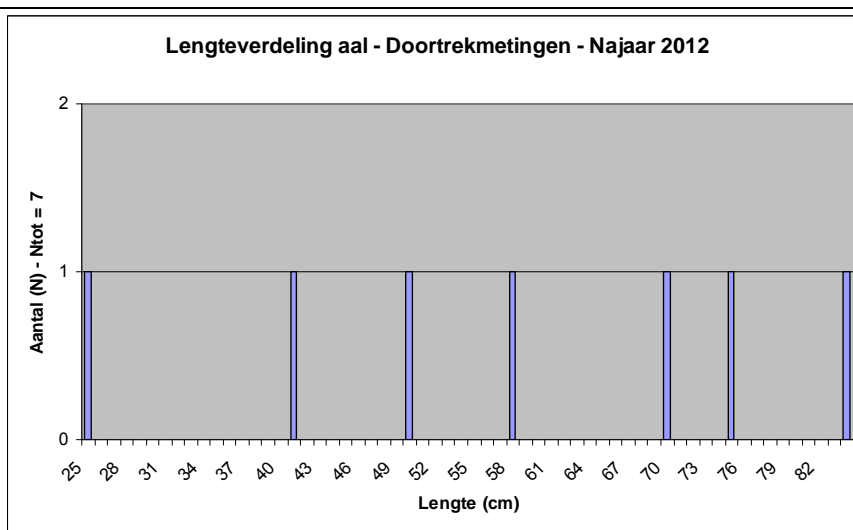
\*= Nulvangst

### Lengteverdeling

De in totaal 25 schubvissen die gedurende de doortrekmelingen via vijzel 3 of via de vispassage gepasseerd zijn varieerden in lengte tussen de 7 en 34 centimeter (tabel 3.5). De zeven alen gevangen tijdens de doortrekmelingen varieerden van 25 tot 85 centimeter in lengte.



Figuur 3.3 Lengtefrequentieverdeling voor schubvis gevangen bij de doortrekmetingen



Figuur 3.4 Lengtefrequentieverdeling voor Europese aal gevangen bij de doortrekmetingen

### Visschade

Van de 32 vissen die via vijzel 3 het gemaal gepasseerd zijn werden er geen beschadigde of dode exemplaren aangetroffen. De directe sterfte door vijzel 3 bedraagt hiermee 0,0 %.



### 3.1.4 Bemonstering vispassage

#### Passage vispassage

In de fuik aan de stroomafwaartse zijde van de vispassage werden gedurende de bemonsteringsperiode 32 vissen gevangen en 7 vissoorten (tabel 3.4).

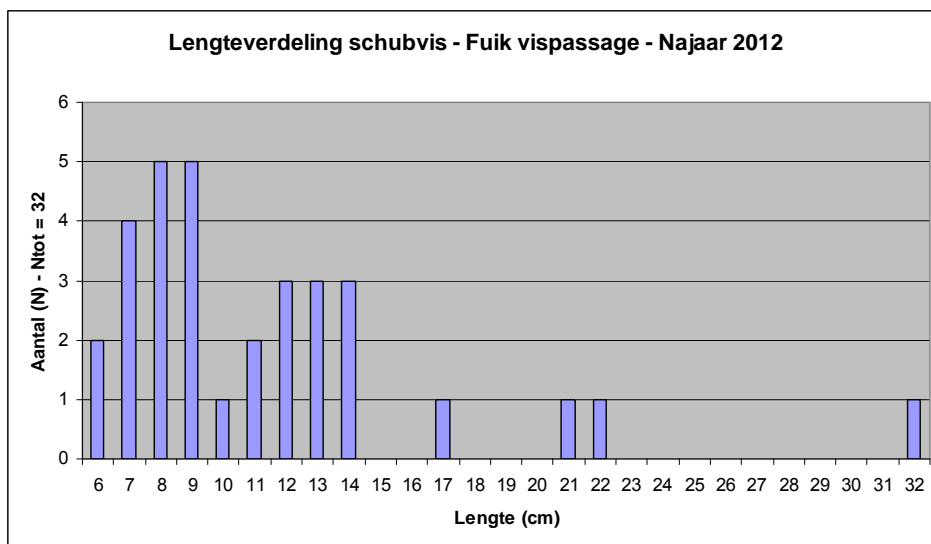
Tabel 3.4 Vangsten in de fuik achter de vispassage (stroomafwaarts)

	29-10-2012	2-11-2012	5-11-2012	7-11-2012	9-11-2012	12-11-2012	15-11-2012	19-11-2012	22-11-2012	26-11-2012	29-11-2012	3-12-2012	6-12-2012	Totaal
<i>Meting nr.</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
<i>Aantal nachten</i>	3	4	3	2	1	3	3	4	3	3	3	4	3	39
<i>-*</i>			0		0				0	0	0			0
Baars	3	4		4		2	2	4						19
Blankvoorn		1										1		2
Brasem						1								1
Kolblei	2							2						4
Pos						1		1						2
Rivierprik													1	1
Snoekbaars	2						1							3
Totaal	7	5	0	4	0	4	5	5	0	0	0	1	1	32

\* = Nulvangst

#### Lengtefrequentieverdeling

De vangst in de fuik achter de vispassage (lengterange van 6 centimeter tot en met 32 centimeter) bestond voornamelijk uit kleine vissen. Slechts vier exemplaren waren groter dan 15 centimeter (figuur 3.6).

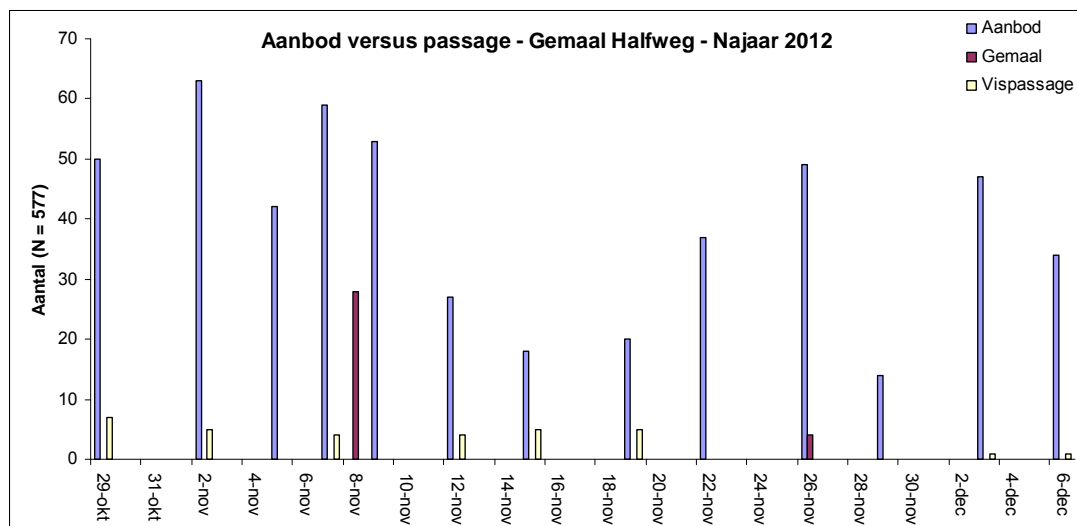


**Figuur 3.5** Lengte-frequentieverdeling voor schubvis gevangen in de fuik achter de vistrap.

### 3.1.5 Vangstverloop

#### Vangstverloop

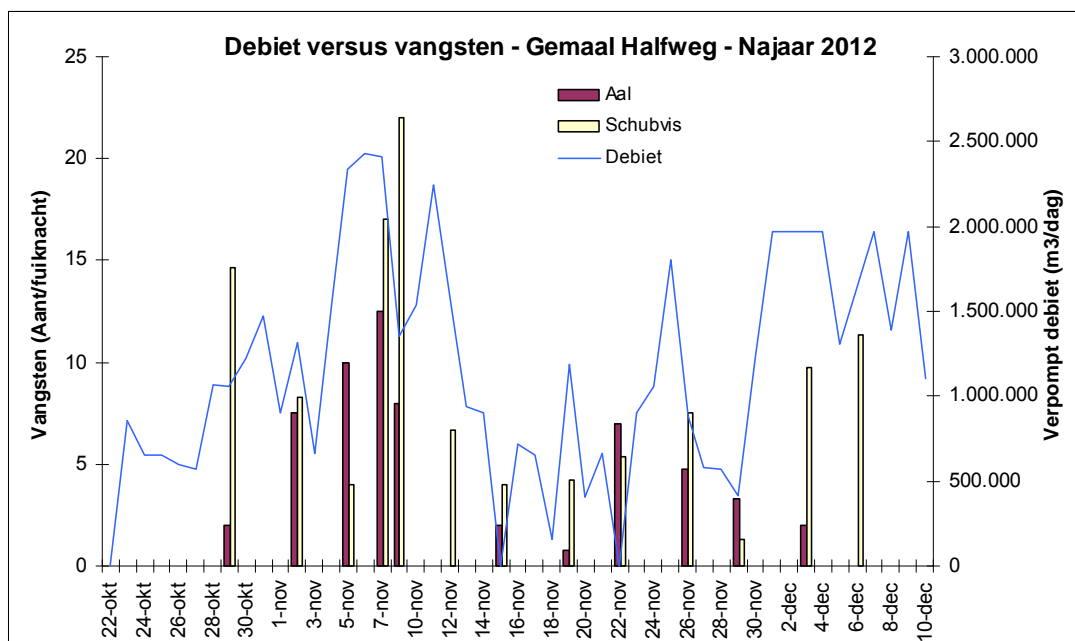
Het verloop van de vangsten over de tijd is per locatie weergegeven in de onderstaande figuur, met daarin een vergelijking tussen het aanbod en de hoeveelheid gepasseerde vis via de vispassage. De meeste vis werd gevangen in de aanbodfuiken.



**Figuur 3.6** Weergave in het verloop van vangsten over de tijd, met daarin de verhouding tussen het visaanbod en vispassage

### Relatie met afvoer

Het verloop van de afvoer van het gemaal over de tijd in relatie met aanbod van aal en schubvis is weergegeven in de onderstaande figuur. In de periode van 2 tot 9 november zijn er pieken van aal in de aanbodfuisen. Deze piek in aanbod valt samen met een piek in verpompt debiet. Dit betekent dat regen leidt tot meer vangst.



Figuur 3.7 Weergave in het verloop van vangsten over de tijd, met daarin het aanbod van aal of overige vis en het verpompte debiet.

### 3.1.6 Merk-terugvangst schieraal

#### Aanbod

In totaal zijn er aan de boezemzijde 173 alen gevangen, waarvan 147 stuks voorzien zijn van een Floy-tag. Deze alen zijn uitgevaren en verder stroomopwaarts uitgezet. In de twee hokfiuken (aanbod) aan de boezemzijde van het gemaal is 14 maal een gemerkte aal teruggevangen. Hiervan betrof het tweemaal zelfs een tweede terugvangst. Een groot deel van de "terugvangsten" werd al binnen 2-4 nachten teruggevangen. De resultaten bij gemaal Halfweg zijn weergegeven in tabel 3.5.

**Tabel 3.5. De resultaten van de merk-terugvangst experimenten met schieraal. Van de vangsten schieraal in de aanbodfuiken zijn zoveel mogelijk exemplaren gemerkt met een Floy-tag. Voor elk van de fuiken/netvangsten is aangegeven hoeveel ongemarke en teruggevangen gemerkte schieraal is aangetroffen. Ter vergelijking zijn ook de aantallen gevangen rode Aal weergegeven.**

	Schieraal Gemerkt	Schieraal Ongemerkt	Schieraal Terugvangst	Schieraal Vangst totaal	Rode Aal Vangst totaal
Aanbod	147	26	14	173	1
Gemaal passage	0	7	0	4	3
Vispassage	0	0	0	0	0

\* In het Noordzeekanaal zijn in totaal 4 gemerkte schieralen teruggemeld gedurende oktober 2012 – december 2012.

### Passage

In totaal zijn 173 alen gevangen. Hiervan zijn 147 gemerkt. Slechts zeven stuks zijn gevangen in de fuik achter het boezemgemaal. Deze waren alle zeven ongemarke.

### Terugmeldingen in het Noordzeekanaal

Er zijn vier gemerkte schieralen teruggevangen in het Noordzeekanaal ter hoogte van IJmuiden door Visserij Service Nederland (tabel 3.5). Het betrof schieralen met een lengte tussen de 58 en 73 centimeter. Twee schieralen zijn op 2 november aan de boezemzijde bij gemaal Halfweg gevangen en gemerkt. Deze zijn op 6 november teruggevangen in het Noordzeekanaal in fuiken die wekelijks zijn gelicht. Daarnaast werden er nog twee gemerkte schieralen gevangen op 30 november in het Noordzeekanaal. Dit betreft één exemplaar dat op 5 november is gevangen en gemerkt, en één exemplaar dat op 26 november is gemerkt. Drie van de vier alen zijn binnen vier dagen van gemaal Halfweg naar IJmuiden getrokken. Eén schieraal is na 25 dagen teruggevangen bij IJmuiden.

**Tabel 3.6 Overzicht van de terugmeldingen van gemerkte schieralen in het Noordzeekanaal**

Tagnummer	Lengte	Datum gemerkt	Datum terugvangst
35127	71	2-11-2012	06-11-2012
35129	72	2-11-2012	06-11-2012
35143	58	5-11-2012	30-11-2012
35247	73	26-11-2012	30-11-2012

## 3.2 Voorjaar 2013

### 3.2.1 Totale vangst bij gemaal Halfweg (kruisnet, boezemfuik en kanaalfuik)

#### Soortensamenstelling

In totaal zijn er in het voorjaar van 2013 bij gemaal Halfweg 118.000 vissen gevangen (met kruis- en boezemfuik) behorend tot 15 vissoorten en 1 hybride. Deze aantallen zijn niet gecorrigeerd op dubbelvangsten. Daarvan zijn er 1.535 juveniele/broed vissen gevangen (voornamelijk spieringbroed). De driedoornige stekelbaars is een dominant voorkomende soort (53 %). Een algemeen voorkomende soort is Europese aal (43 % glasaal, <1 % gepigmenteerde glasaal en <1 % pootaal/rode aal). De overige 13 vissoorten (en 1 hybride) werden in lage aantallen aangetroffen (<1 %).

**Tabel 3.7 Soortensamenstelling van de vangst in aantallen en percentages bij gemaal Halfweg (voorjaar 2013)**

	Totaal		Samenstelling per vangtuig					
	N	%	Kruisnet		Boezemfuik		Kanaalfuik	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Baars	273	0,2%	3	0,1%	267	0,2%	3	4,1%
Bot	144	0,1%	144	3,2%				
Blankvoorn	390	0,3%	1	0,0%	118	0,1%		
Brasem	119	0,1%	1	0,0%	388	0,3%	1	1,4%
Driedoornige stekelbaars	62760	53,1%	358	7,9%	62384	54,9%	18	24,3%
Pootaal/Rode aal	332	0,3%	5	0,1%	327	0,3%		
Glasaal	51424	43,5%	2379	52,5%	49045	43,1%		
Gepigmenteerde aal	789	0,7%	29	0,6%	760	0,7%		
Hybride	1	0,0%			1	0,0%		
Karper	1	0,0%			1	0,0%		
Kolblei	168	0,1%	2	0,0%	160	0,1%		
Kleine modderkuiper	1	0,0%			1	0,0%	6	8,1%
Pos	176	0,1%	3	0,1%	131	0,1%	42	56,8%
Ruisvoorn	7	0,0%			7	0,0%		
Snoekbaars	99	0,1%	21	0,5%	75	0,1%	3	4,1%
Spiering	31	0,0%	14	0,3%	17	0,0%		
Vetje	3	0,0%	1	0,0%	2	0,0%		
Zwartbekgrondel	36	0,0%	35	0,8%			1	1,4%
<b>Subtotaal</b>	<b>116754</b>	<b>98,7%</b>	<b>2996</b>	<b>66,1%</b>				
Broed overig	235	0,2%	235	5,2%				
Broed Spiering	1300	1,1%	1300	28,7%				
<b>Subtotaal</b>	<b>1535</b>	<b>1,3%</b>	<b>1535</b>	<b>33,8%</b>				
<b>Totaal</b>	<b>118.289</b>	<b>100,0%</b>	<b>4531</b>	<b>100,0%</b>	<b>113684</b>	<b>100,0%</b>	<b>74</b>	<b>100,0%</b>

Van de soorten karper, kleine modderkuiper en de hybride werden slechts één exemplaar gevangen.

#### **Overige soorten**

Naast vissen zijn er ook honderden krabben, tientallen garnalen, enkele rivierkreeften, een (dode) veldmuis en een gewone pad gevangen.

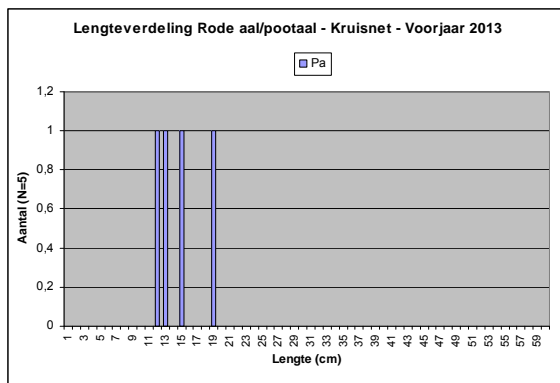
### **3.2.2 Aanbod Noordzeekanaal (kruisnet)**

#### **Soortensamenstelling**

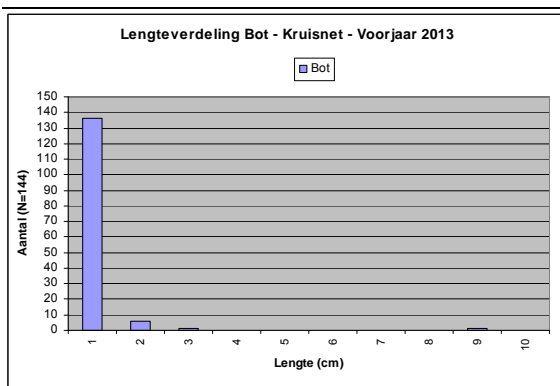
Aan de stroomafwaartse zijde van gemaal Halfweg zijn (met het kruisnet) in totaal 4.531 vissen gevangen, behorend tot 12 vissoorten. Hiervan zijn er 1.535 juveniele/broed vissen gevangen (voornamelijk spieringbroed). In dit voorjaar is Europese aal dominant voorkomend (53,3 %; waarvan 98 % glasaal, 1,1 % gepigmenteerde aal en 0,2 % (poot)aal). Algemeen voorkomende vissen zijn spiering(broed) (29,0 %). Driedoornige stekelbaars (7,9 %) en (jonge) bot (3,2 %) zijn eveneens frequent gevangen. De overige 8 soorten werden in lage aantallen aangetroffen (<1 %). Van de soorten brasem, baars en vetje werden slechts één exemplaar gevangen.

#### **Lengtefrequentie verdeling**

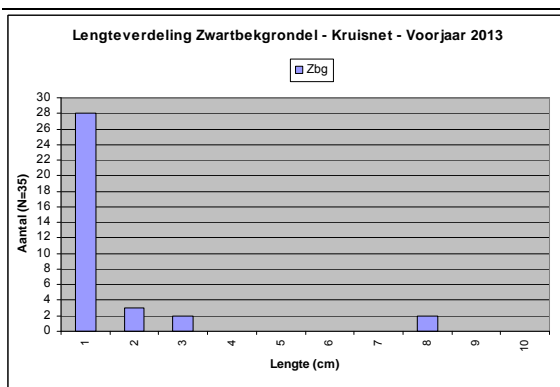
Hieronder zijn de L/F diagrammen weergegeven voor de 5 meest gevangen soorten in het kruisnet. Van de veel voorkomende driedoornige stekelbaars is de lengte niet vastgesteld. Het merendeel van de aal in het aanbod was glasaal (2379 stuks). Een beperkt deel was gepigmenteerd (29 stuks). De lengte van de glasaal en gepigmenteerde aal is vergelijkbaar en niet gemeten. De gevangen pootaal (5 stuks) had een lengte van 11 tot 19 cm. Naast de grote aantallen aal zijn vooral kleine bot (1 tot 9 cm) en de zwartbekgrondel (1 tot 8 cm) aangetroffen. Snoekbaars varieert van 31 tot 57 cm. Spiering bestond grotendeels uit broed, waarvan geen lengte is vastgesteld. De grootse exemplaren van spiering hadden een lengte van 5 tot 10 cm. Tevens is vrij veel broed gevangen, waarvan de soort en lengte niet is vastgesteld, omdat deze te klein waren.



Figuur 3.8 Lengte-frequentie verdeling voor Rode aal/pootaal

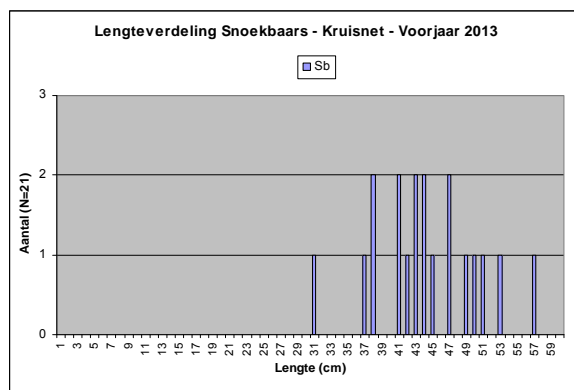
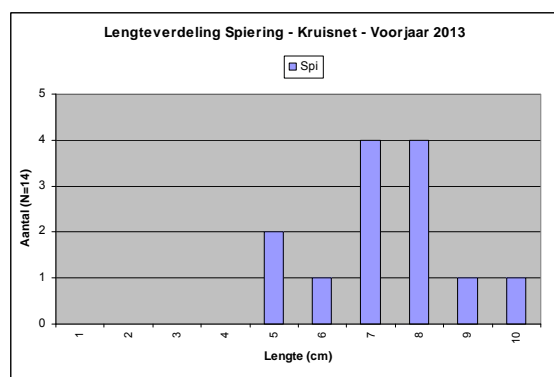


Figuur 3.9 Lengte-frequentie verdeling voor Bot



Figuur 3.10 Lengte-frequentie verdeling voor Zwartbekgrondel




**Figuur 3.11 Lengte-frequentie verdeling voor Snoekbaars**

**Figuur 3.12 Lengte-frequentie verdeling voor Spiering**

### 3.2.3 Voorjaarsintrek via de vispassage (boezemfuik)

#### Soortensamenstelling

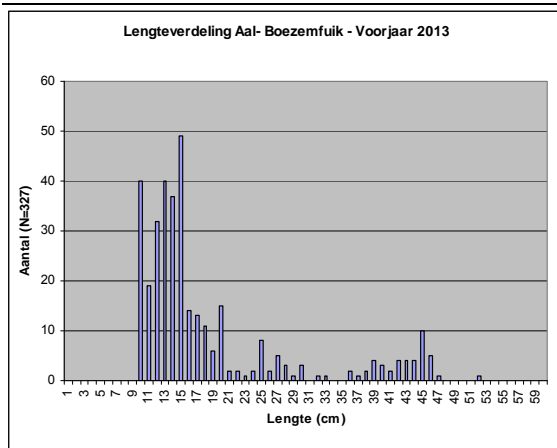
In de boezemfuik zijn meer dan 113.000 vissen gevangen behorend tot 13 vissoorten en 1 hybride. Een hier dominant voorkomende soort is driedoornige stekelbaars (54,9 %). Algemeen voorkomend is de Europese aal (44,1 %; waarvan 97,8 % glasaal, 1,6 % gepigmenteerde aal en 0,6 % (poot)aal). De overige 11 vissoorten zijn in lage aantallen gevangen (<1 %). Van de soorten karper, kleine modderkuiper en hybride werden slechts één exemplaar gevangen.

#### Lengtefrequentie verdeling

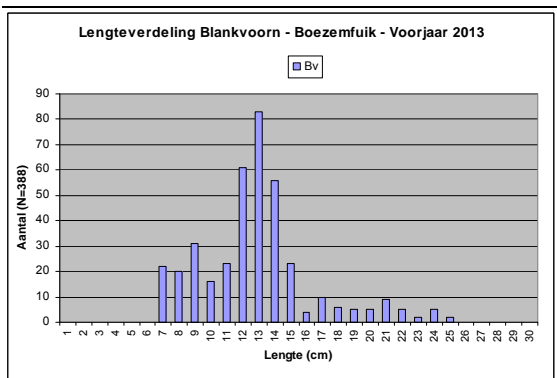
Hieronder zijn de L/F diagrammen weergegeven voor de meest gevangen vissoorten.

Driedoornige stekelbaars (62.384 stuks) kwam dominant voor in de vangst. De lengte is niet gemeten. Van de 50132 gevangen alen, was het merendeel glasaal (97,8 %) en een beperkt aandeel was gepigmenteerde aal (1,5 %) en rode aal/pootaal (0,7 %). De gevangen pootaal/rode varieerde van 9 tot 80 cm. Het merendeel van de pootaal/rode aal had een lengte van 9 tot 21

cm. De gevangen blankvoorn (388 stuks) had een lengte van 7 tot 25 cm. De piek lag bij 7 tot 16 cm, waarbij het vermoedelijk gaat om meerdere jaarklassen. De gevangen baars (267 stuks) had een lengte van 6 tot 45 cm. Er zijn opmerkelijk veel grote baarsen gevangen. Duidelijk herkenbare jaarklassen zijn niet aan te wijzen. Kolblei (160 stuks) kwam voor in de lengterange van 6-29 cm. Pos is gevangen in de lengterange van 7-20 cm (131 stuks). Van de 118 gevangen brasems varieerde de lengte van 7 tot 55 cm. Er was een gat in de lengteopbouw, door het nagenoeg ontbreken van de lengtes 13 tot 35 cm. De snoekbaars had een lengte van 20-56 cm (75 stuks). Er waren geen jaarklassen te herkennen.

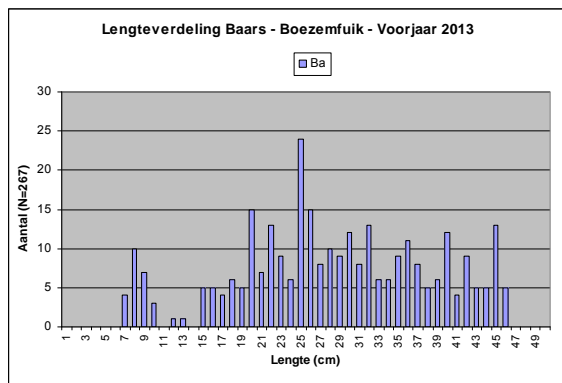


Figuur 3.13 Lengte-frequentie verdeling voor aal

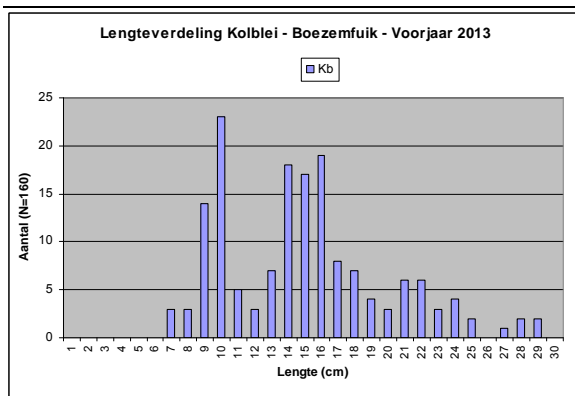


Figuur 3.14 Lengte-frequentie verdeling voor blankvoorn

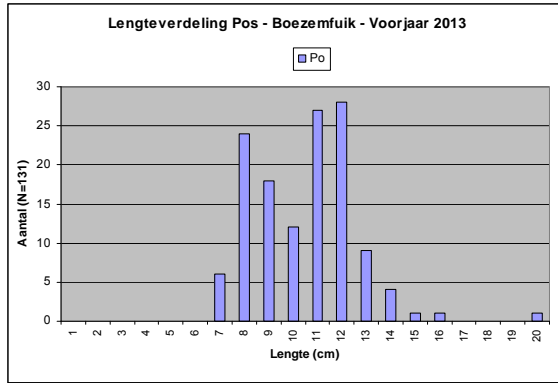
Kenmerk R002-1211577IJE-irb-V03-NL



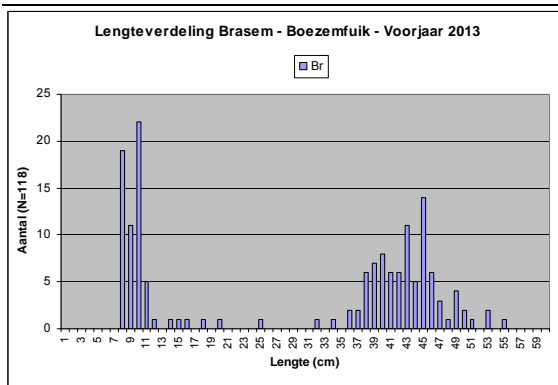
**Figuur 3.15 Lengte-frequentie verdeling voor baars**



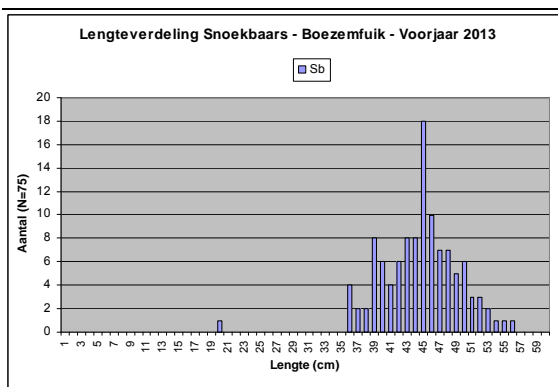
**Figuur 3.16 Lengte-frequentie verdeling voor kolblei**



Figuur 3.17 Lengte-frequentie verdeling voor pos



Figuur 3.18 Lengte-frequentie verdeling voor brasm

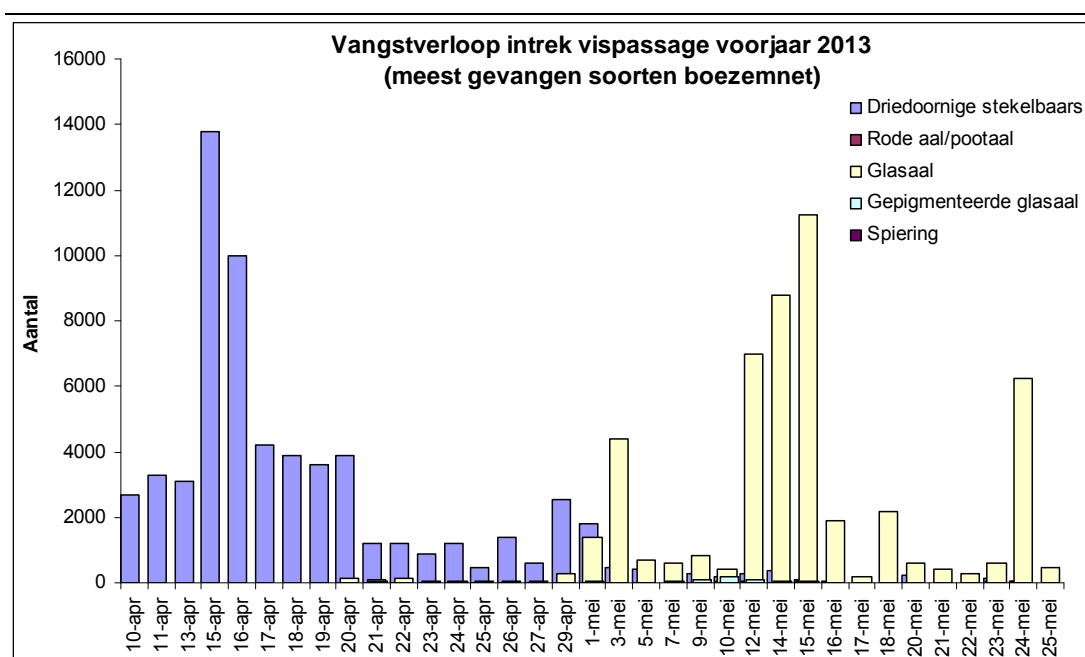


Figuur 3.19 Lengte-frequentie verdeling voor snoekbaars

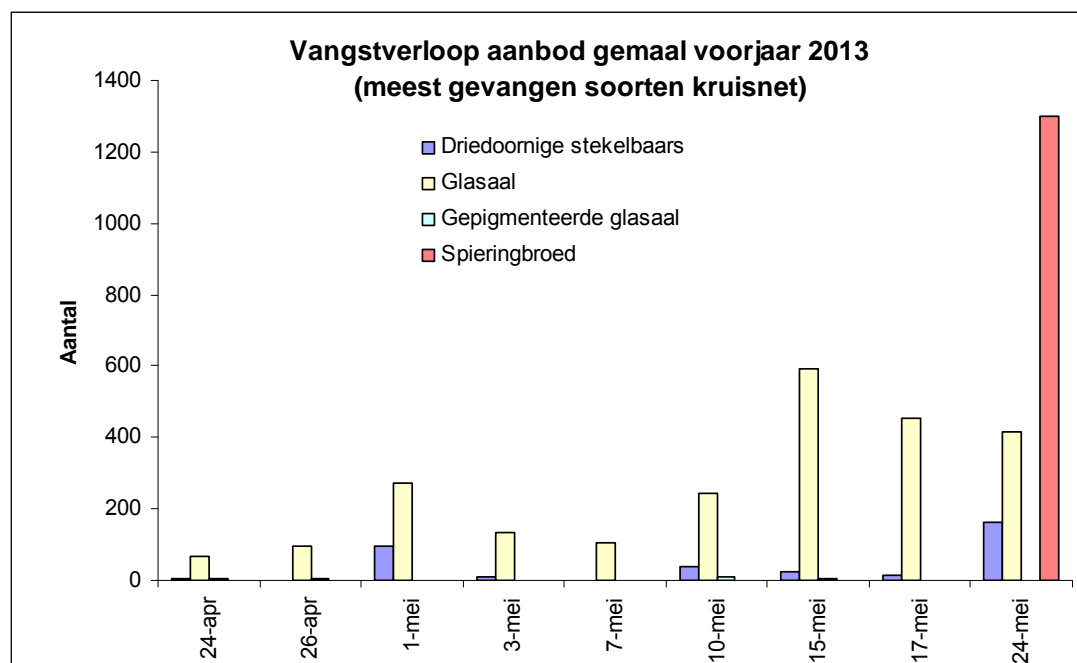
### 3.2.4 Vangstverloop in de tijd en relatie met bediening

#### Vangstverloop

Het vangstverloop over de bemonsteringsperiode is weergegeven in onderstaande figuren, met daarin vangsten in het kruisnet (aanbod) en vangsten in de fuik achter de vispassage aan de boezemzijde van het gemaal (boezemfuik).



**Figuur 3.20** Verloop van de intrek van meest gevangen soorten via de passage in het voorjaar van 2013



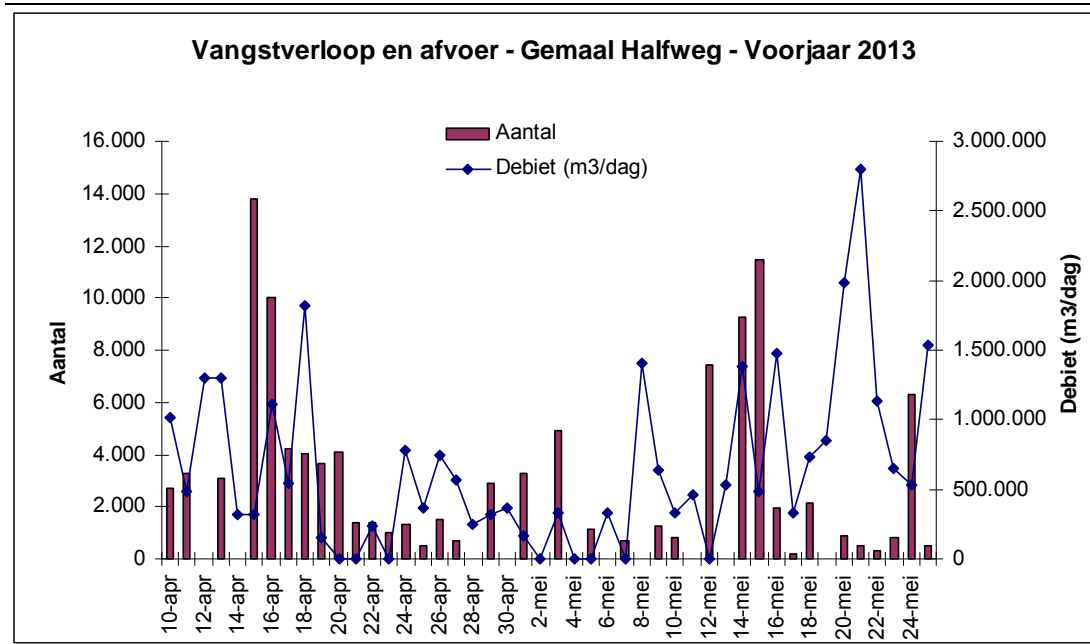
**Figuur 3.21 Verloop van het aanbod van meest gevangen soorten bij het gemaal in het voorjaar van 2013**

De vangst in de boezemfuik (intrek via vispassage) varieerde in aantallen van 13.805 stuks (15 april 2013) tot 213 stuks (17 mei 2013). In de maand april is er vooral intrek van driedoornige stekelbaars. Deze wordt opgevolgd door geringe aantallen van spiering (17 stuks) en vanaf begin mei is er vooral intrek van glasaal.

De vangst in het kruisnet (aanbod) varieerde in aantallen van 97 stuks op 24 april 2013 tot 1892 stuks op 24 mei 2013. Het aanbod vertoont geen bijzondere uitschieters. Glasaal is het meest gevangen halverwege mei. Opmerkelijk is de vangst van spieringbroed op 24 mei (2.300 stuks) in het aanbod voor het gemaal. Deze zijn niet in de fuik achter de vispassage aangetroffen.

### Relatie met afvoer

Het verloop van de totale vangsten (boezemfuijk en kruisnet) in relatie tot het (verpompt) debiet is weergegeven in onderstaande figuur.



**Figuur 3.22 Vangstverloop in relatie tot de afvoer bij gemaal Halfweg.**

Zoals in de figuur te zien is, lijkt het erop dat een piek in afvoer gevolgd wordt door een piek in aantal vangsten. De verklaring is dat een grotere afvoer leidt tot een groter effect en lokstroom in het Noordzeekanaal waardoor vis gelokt wordt naar het gemaal.

### Relatie met werkingscapaciteit buisvijzel

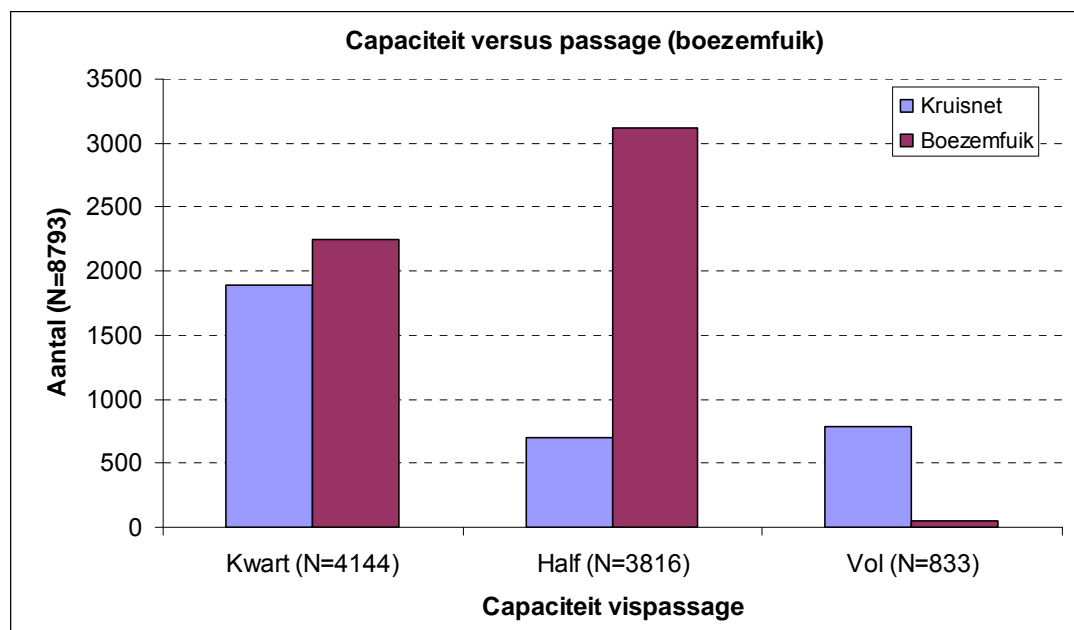
Het debiet van de buisvijzel is nader af te stellen. Zodoende is gedurende drie avonden gevarieerd om te bepalen of dit van invloed is op de hoeveelheid vis die naar binnen kan trekken. Een avond draaide de vispassage volgens het regulier gehanteerde toerental (en debiet), namelijk half vermogen. Een tweede avond heeft de vispassage op vol vermogen gedraaid. Een derde avond op een kwart vermogen. Onderstaande tabel geeft het vangstverloop over de avond waarbij het debiet van de vijzel werd gevarieerd. Deze metingen laten tevens zien op welk moment van de avond de meeste vis de vispassage is gepasseerd.

**Tabel 3.8 Vangstverloop gedurende de avond bij kwart (4,75 m<sup>3</sup>/min) regulier (9,5 m<sup>3</sup>/min) en vol vermogen (19 m<sup>3</sup>/min)**

Datum	Soort	Tijd					Totaal
		20.00-21.00u	21.00-22.00u	22.00-23.00u	23.00-00.00u	00.00-01.00u	
<b>Regulier</b>	Brasem			2			2
15-5-2013	Dd stekelbaars	18	9		4	1	32
	Kolblei					3	3
	Rode aal/pootaal				7	12	19
	Glasaal	20	171	749	960	1.150	3.050
	Pos	1	3	6	2	1	13
	Snoekbaars	1		1			2
	Spiering		1				1
<b>Totaal</b>		<b>40</b>	<b>184</b>	<b>758</b>	<b>973</b>	<b>1.167</b>	<b>3.122</b>
<b>Volledig</b>	Brasem				1		1
17-5-2013	Dd stekelbaars	4	1				5
	Rode aal/pootaal				1	1	2
	Glasaal	2	5	6	15	9	37
	Gepigmenteerde aal			1			1
	Pos		2				2
<b>Totaal</b>		<b>6</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>48</b>
<b>Kwart</b>	Blankvoorn				1		1
24-5-2013	Dd stekelbaars					1	1
	Rode aal/pootaal	1	1	2	7	5	16
	Glasaal	337	162	430	321	980	2.230
	Gepigmenteerde aal		1	1			2
	Ruisvoorn		1				1
	Snoekbaars	1					1
<b>Totaal</b>		<b>339</b>	<b>165</b>	<b>433</b>	<b>329</b>	<b>986</b>	<b>2.252</b>
<b>Totaal</b>		<b>385</b>	<b>357</b>	<b>1.198</b>	<b>1.319</b>	<b>2.163</b>	<b>5.422</b>

De grootste intrek vond plaats tijdens de halve (reguliere) capaciteit van de vijzel en de laagste intrek was er bij volledige capaciteit van de vijzel. Stromingscondities in de lozingskoker zijn bij vol vermogen ongunstig voor intrek van vis. De verhoudingen tussen vangsten in kruisnet (aanbod) en vangsten in de boezemfuij (passage) zijn weergegeven in onderstaande figuur.





**Figuur 3.23** Maalcapaciteit van de vispassage en vangsten, met links het aantal vangsten in het kruisnet en rechts het aantal vangsten in de boezemfuik

Gemiddeld werden er op 15 mei met halve capaciteit 760 vissen per uur gevangen en was het rendement gemiddeld 87 %. Op 17 mei met volle capaciteit zijn er gemiddeld 167 vissen per uur gevangen en bedroeg het rendement gemiddeld 24 %. Op 24 mei met kwart vermogen zijn er gemiddeld 828 vissen per uur gevangen en was het rendement gemiddeld 53 %.

**Tabel 3.9** Berekende rendementen per uur voor de verschillende pompcapaciteiten

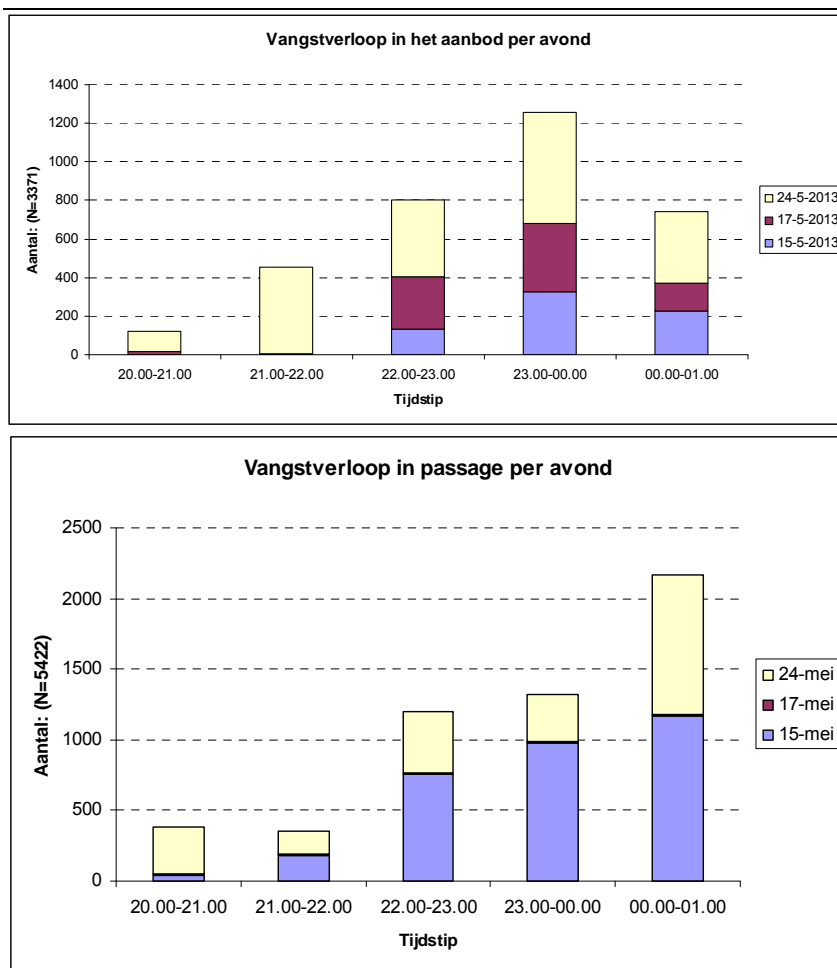
		20.00-21.00	21.00-22.00	22.00-23.00	23.00-00.00	00.00-01.00	Gemiddeld
		uur	uur	uur	uur	uur	
24-5-2013	Kwart (N=4144)	77,2%	26,8%	52,1%	36,4%	72,7%	53,1%
15-5-2013	Half (N=3816)	97,6%	98,4%	85,1%	74,8%	83,6%	87,9%
17-5-2013	Vol (N=833)	25,0%	80,0%	2,5%	4,6%	6,7%	23,8%

De toetsing van de berekende rendementen leverde de volgende resultaten:

- Er zijn meer vissen gevangen ( $\alpha = 0,003$ ) bij half vermogen versus vol vermogen. Het verschil in rendement is significant en bedraagt 76 %
- Er zijn meer vissen gevangen ( $\alpha = 0,012$ ) bij half vermogen versus kwart vermogen. Het verschil in rendement is significant en bedraagt 28 %
- Er zijn meer vissen gevangen bij vol vermogen versus kwart vermogen. Het verschil in rendement is significant ( $\alpha = 0,135$ ) en bedraagt 49 %

### Vangstverloop in de avond

Onafhankelijk van het gehanteerde debiet door de vispassage laten bovenstaande tabel 3.7 en figuur 3.23 zien dat het aantal vangsten in de boezemfuik stijgt naarmate de avond vordert.



Figuur 3.24 Vangstverloop per avond, met boven het aantal vangsten in het aanbod (kruisnet) en onder het aantal vangsten in de vispassage (boezemfuik)

### Vangstverloop in de ochtend

Op 17 en 18 mei 2013 is de vispassage ingezet buiten het regulieren werkingsregime, waarbij de vispassage van 01.00 tot 07.00 uur in bedrijf is geweest. De boezemfuik is voorafgaand geleegd om te bepalen of migratie tijdens deze uren plaatsvindt. In de onderstaande tabel zijn de soorten en gevangen aantallen weergegeven.

**Tabel 3.10 Vangstverloop (aantal per uur) in de boezemfuik in de periode van 16 tot en met 20 mei 2013**

Datum	16-5-2013	17-5-2013			18-5-2013	20-5-2013	Totaal
Tijd	00.00 uur	01.00-07.00 uur	19.00 uur	20.00-01.00 uur	01.00-07.00 uur	11.15 uur	
Baars	1					3	4
Brasem	3			1	2	12	18
Blankvoorn					2	4	6
Dd stekelbaars	50		11	5	2	250	318
Kolblei					1	3	4
Rode aal/pootaal	4	1	1	2	3	8	19
Glasaal	1900	20	128	37	2152	583	4820
Gepigmenteerde aal	16	3		1		12	32
Pos	4		1	2		1	8
Snoekbaars	4				4	4	12
Spiering					1		1
<b>Totaal</b>	<b>1982</b>	<b>24</b>	<b>141</b>	<b>48</b>	<b>2167</b>	<b>880</b>	<b>5242</b>

In de nacht van 16 op 17 mei 2013 zijn er tussen 01.00 uur en 07.00 uur 24 vissen ingetrokken via de vispassage. In de nacht van 17 op 18 mei 2013 zijn er tussen 01.00 uur en 07.00 uur 2.167 vissen gepasseerd. Hieruit blijkt dat het avond-nachtregime de optimale instelling is voor intrek via de vispassage.

#### Invloed van verlichting op aanbod van aal

De invloed van verlichting op het aanbod van aal is op 24 en 26 april, en op 1, 3, 7 en 10 mei 2013 onderzocht. De lichtingstijd van het kruisnet en het gevangen aantal vissen zijn weergegeven in tabel 3.3 (volgens het schema uit paragraaf 2.4.1).

Tabel 3.11 Aantallen gevangen aal in het aanbod per uur met lamp aan of uit (kruisnet)

Datum	24-4-2013				26-4-2013				1-5-2013				3-5-2013				7-5-2013				10-5-2013				Gemiddeld
Meting nr.	1.3	1.6	1.7	1.8	2.1	2.2	2.5	2.8	3.1	3.2	3.4	3.6	4.1	4.3	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	5.8	6.1	6.3	6.5	6.6	
Tijd	21.00-21.30	22.30-23.00	23.00-23.30	23.30-00.00	20.00-20.30	20.30-21.00	22.00-22.30	23.30-00.00	20.00-20.30	20.30-21.00	21.30-22.00	22.30-23.00	20.00-20.30	21.00-21.30	22.00-22.30	23.30-00.00	20.00-20.30	21.30-22.00	23.00-23.30	23.30-00.00	20.00-20.30	21.00-21.30	22.00-22.30	22.30-23.00	
Lamp	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	Uit	
Aantal	10	5	2	4	0	0	12	6	1	0	7	51	1	2	11	49	0	2	34	17	0	0	9	94	13
Datum	24-4-2013				26-4-2013				1-5-2013				3-5-2013				7-5-2013				10-5-2013				
Meting nr.	1.1	1.2	1.4	1.5	2.3	2.4	2.6	2.7	3.3	3.5	3.7	3.8	4.2	4.4	4.6	4.7	5.2	5.3	5.5	5.6	6.2	6.4	6.7	6.8	
Tijd	20.00-20.30	20.30-21.00	21.30-22.00	22.00-22.30	21.00-21.30	21.30-22.00	22.30-23.00	23.00-23.30	21.00-21.30	22.00-22.30	23.00-23.30	23.30-00.00	20.30-21.00	21.30-22.00	22.30-23.00	23.00-23.30	20.30-21.00	21.00-21.30	22.00-22.30	22.30-23.00	20.30-21.00	21.30-22.00	23.00-23.30	23.30-00.00	
Lamp	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	Aan	
Aantal	1	9	29	37	2	41	30	26	1	58	69	192	3	1	34	49	1	1	10	54	0	4	98	93	35

De resultaten laten zien dat er sprake is van een lichteffect. In het kruisnet werden zonder licht gemiddeld 13 vissen per trek (of 26 per uur) gevangen. Met licht werden er gemiddeld 35 vissen per trek (of 70 per uur) gevangen.

### 3.2.5 Stroomafwaartse vismigratie via de vispassage

#### Soortensamenstelling

In de kanaalfuik zijn 74 vissen gevangen, behorend tot 7 vissoorten. De belangrijkste soorten zijn pos en driedoornige stekelbaars. Tegelijkertijd zijn in de boezemfuik 1.326 vissen gevangen. Het merendeel bestond uit driedoornige stekelbaars en aal.

**Tabel 3.12 Soortensamenstelling in boezemfuij en kanaalfuij (bemonsteringsduur: 2x24h)**

Soort	Aantal		Totaal
	Kanaalfuij	Boezemfuij	
Baars	3		3
Brasem		2	2
Blankvoorn	1	2	3
Driedoornige stekelbaars	18	137	155
Kolblei	6	16	22
Rode aal/pootaal		54	54
Glasaal		1.080	1.080
Gepigmenteerde aal		22	22
Pos	42	9	51
Snoekbaars	3	2	5
Vetje		2	2
Zwartbekgrondel	1		1
<b>Totaal</b>	<b>74</b>	<b>1.326</b>	<b>1.400</b>

In de kanaalfuij werd voornamelijk pos en driedoornige stekelbaars gevangen. Baars, blankvoorn, kolblei, snoekbaars en zwartbekgrondel zijn in lage aantallen aangetroffen. In de boezemfuij is vooral glasaal en driedoornige stekelbaars gevangen. In beide fuien zitten naast glasaal en driedoornige stekelbaars ook vissen die via de buisvizel met de vizelstroom mee komen. Voor pos lijkt dit op doelgerichte migratie. Andere soorten lijken meteen terug naar de boezem te willen.

## 4 Discussie

### 4.1 Functionaliteit en effectiviteit vispassage voor uittrek (najaar 2013)

#### 4.1.1 Passage van vis via de vispassage

##### Vispassage versus aanbod

De resultaten in het najaar laten zien dat vissen relatief weinig gebruik maken van de vispassage als migratieroute. De vispassage heeft op 39 dagen gedurende 7 uur per dag gefunctioneerd (3 uur 's avonds, 2 uur 's middags en 2 uur 's morgens). In totaal zijn 32 vissen gevangen, omgerekend is dat 0,12 vissen per uur. Met de aanbodfuisen zijn in totaal 513 vissen gevangen verspreid over 41 nachten. Dit komt overeen met 12,5 vissen per nacht. Daarmee is het aanbod van vissen groter dan de passage door de vispassage. Van de 11 soorten in het aanbod, hebben 7 soorten gebruik gemaakt van de vispassage, waarvan alleen de rivierprik als diadrome vis kan worden aangemerkt. Er zijn 174 alen aangetroffen in de aanbodfuisen en geen enkele aal heeft gebruik gemaakt van de vispassage. Het huidige beheersregime van de vispassage op het moment dat het gemaal uit staat, werkt onvoldoende voor migrerende vissen.

##### Vispassage versus gemaal

Het vergelijken van de doortrek via de vispassage met de doortrek door het gemaal is mogelijk op basis van slechts twee doortrekmetingen achter het gemaal. Desondanks zijn er grote verschillen waargenomen tussen de vangst op beide locaties. 32 vissen, waarvonder zeven vissoorten, maakten gebruik van vijzel 3 van het gemaal terwijl er gelijktijdig geen enkele vis gebruik maakte van de vispassage. Drie diadrome soorten maakten gebruik van het gemaal, te weten aal, bot en rivierprik. Op het moment dat het gemaal aan staat, geven vissen de voorkeur aan passage via het gemaal in plaats van via de vispassage. Er is geen enkele aal gevangen in de vispassage. Gedurende de testen met de vispassage was er wel sprake van aanbod van schieraal. Uit diverse studies is gebleken dat alen gebruik maken van een bypass als alternatieve route voor stroomafwaartse migratie bij waterkrachtcentrales (Gosset et al., 2005; Durif et al., 2003; Haro et al., 2000; Rathcke, 1993). Condities bij waterkrachtcentrales zijn wellicht niet altijd vergelijkbaar met die bij gemalen. Motivatie voor de nulvangst in de vispassage is onduidelijk.

Alhoewel het gemaal visvriendelijk is, zou de vispassage toch aanvullend kunnen bijdragen aan stroomafwaartse migratie in perioden dat het gemaal niet in werking is. Verbeter punten zijn er mogelijk door 1. aanpassing van het debiet (van half naar vol vermogen) en 2. wijziging in periode van functioneren.

Ad 1. Debiet. Het debiet van de vijzel voor de vispassage bedroeg  $9,5 \text{ m}^3/\text{min}$ . Dit is ca. 6,6 % van het debiet op het moment dat er 1 pomp aan staat ( $144 \text{ m}^3/\text{min}$ ) en ca. 3,3 % als er twee pompen staan te draaien. Het debiet van de vispassage is misschien van onvoldoende omvang ten opzichte van de hoofdstroom, waardoor het denkbaar is dat migrerende vissen deze niet als alternatieve route herkennen / accepteren. Berg (1995) geeft aan dat het debiet van een vispassage tenminste 5 % van het totale rivierdebiet moet bedragen. Het debiet zou een belangrijke beperkende factor kunnen zijn bij de werking van de vispassage tijdens regulier vermogen. Het aanpassen van het werkingsregime van de vispassage van regulier naar vol vermogen in het najaar zou kunnen bijdragen aan een grotere aantrekkingskracht van de vispassage voor stroomafwaarts migrerende vissen.

Ad 2. Periode van functioneren. De vispassage werkt op drie momenten gedurende de dag (ochtend, middag en avond). Hiermee wordt voorzien in de migratievensters van een groot scala aan vissoorten. Van de nachtactieve aal, de meest voorkomende migrerende vissoort, is het bekend dat deze vooral in de eerste uren vlak na het intreden van de duisternis van de nacht migreert. Bij het huidige werkingsregime kan dat gedurende 3 uren. Wellicht dat een langere periode gunstiger is, bijvoorbeeld van 's avonds tot 2:00 s nachts, omdat aal dan meer tijd heeft om de opening van de vispassage te vinden.

#### **4.1.2 Passage van vis via gemaal**

##### **Doortrekmeting**

Het aantal vissen dat passeert via het gemaal bedraagt slechts 32 vissen over twee metingen (4 + 28 per meting). Desondanks hebben zeven Alen gebruik gemaakt van de vijzel, waarvan drie rode alen en vier schieralen. Andere diadrome vissoorten die zijn aangetroffen waren rivierprik en bot. Er is geen schade waargenomen bij de gepasseerde vissen, wat conform de verwachting is omdat het een visvriendelijke vijzel betreft.

##### **Merk-terugvangst schieralen**

Het aanbod van schieraal is relatief groot. Er zijn weinig terugvangsten van gemerkte alen, waardoor geen uitspraken kunnen worden gedaan over zwemgedrag of zoekgedrag in het gebied voor de ingang van het gemaal.

Alhoewel alen de vijzel hebben gepasseerd is het niet ondenkbaar dat het gemaal een afschrikkend effect heeft op schieraal. Van veldstudies bij waterkrachtcentrales als onder laboratoriumomstandigheden is het bekend dat aal aarzeling en afwijkend gedrag vertoont om vuilroosters te passeren voor de inlaten van waterkrachtcentrales. Ook bij gemalen worden deze gebruikt om vuil te weren, die mogelijk de pomp of turbine kan verstoppen of beschadigen. Uit onderzoek met gezenderde alen bij waterkrachtcentrales bleek dat ze voor de inname en vuilrooster de migratie via de hoofdstroom niet meer voortzetten en alternatieve routes zoeken.

Sommige alen zwommen zelfs terug in stroomopwaartse richting en kwamen enkele weken tot maanden later terug (Bruijs et al., 2003; Winter et al., 2006; Jansen et al., 2007). Bij afwezigheid van of slecht vindbare alternatieve routes zullen de alen wachten op geschikte omstandigheden (bijvoorbeeld hoge afvoeren) en uiteindelijk de vuilroosters passeren. Het waargenomen gedrag daarbij is dat alen dicht bij het vuilrooster zwemmen zonder te passeren en hier enige tijd verblijven door naar boven en beneden te zwemmen (Brown, 2005; Brown et al., 2008). De stroomopwaarts gerichte ontsnapping van schieralen voor vuilroosters is ook aangetoond in stroomgoten en door Adam (1998, 2000) and Adam et al. (1999) beschreven. Er is een verschillend migratiegedrag waargenomen bij waterkrachtcentrales. Dit betrof groepen van alen die stroomopwaarts zwommen en na verloop terugkeerden, maar ook alen die niet meer terug kwamen (Bruijs et al., 2003). Daarnaast verbleven sommige groepen alen in rust nabij de inname van de waterkrachtcentrale (Winter, 2004).

Mogelijkerwijs hangt het verschil in gedrag ook samen met de hydraulische omstandigheden (onder andere stroomsnelheid, waterdiepte, breedte van het inlaatkanaal, etc.) bij de instroomopening. De mogelijkheid om weg te zwemmen wordt in ieder geval bepaald door de aanstroomsnelheid en zwemcapaciteit van de alen (afhankelijk van de watertemperatuur en lengte van de aal). In het algemeen geldt hiervoor een aanstroomsnelheid van minder dan 0,5 m/s. De mogelijkheid om te passeren hangt af van de spijlafstand van de roosters. Bij een spijlafstand van minder dan 1,5 cm is deze niet meer passeerbaar voor alen.

Bij gemalen is het migratiegedrag van schieraal wel onder de aandacht (STOWA, 2010), maar nog niet beschreven in de wetenschappelijke literatuur. Desondanks mag het bovenbeschreven gedrag van schieraal bij waterkrachtcentrales ook worden verwacht voor de instroom van gemalen. Een verschil met de karakteristieken van waterkrachtcentrales in rivieren is dat de gemalen alleen water verplaatsen bij een wateroverschot. Het water in polder- en boezemwateren stroomt daardoor niet permanent. Bij langdurig droge perioden kan dit de oriëntatie van alen die naar zee willen trekken bemoeilijken. Ook als het gemaal alleen overdag water verpompt, is dit een probleem voor de nachtactieve alen. Als het gemaal niet in werking is kan deze bovendien fungeren als een schuilgebied voor vis. Deze schuilende vis wordt verrast zodra de pompen van het gemaal worden aangezet en naar buiten gepompt (STOWA, 2010). Dit is bij gemaal Halfweg echter niet onderzocht.

Om meer informatie te krijgen over het zoekgedrag van aal en overige vis bij het gemaal is een grotere onderzoeksinspanning nodig. De 2 metingen met een opvangnet achter het gemaal zijn niet toereikend. Beter is het om andere technieken aan te wenden, waarmee het zwem- en zoekgedrag in beeld wordt gebracht. Gedacht kan worden aan inzet van Didson voor de inzwemopening van het gemaal en de vispassage en/of de toepassing van akoestische zenders.



### 4.1.3 Vergelijking met eerdere bemonsteringen

#### Soortensamenstelling

In het najaar van 2007 is de stroomafwaartse migratie bij gemaal Halfweg bemonsterd (Witteveen+Bos, 2008), hierbij werden 12 vissoorten gevangen. In 2012 zijn er 11 vissoorten gevangen, de soort snoek is in 2007 wel aangetroffen (1 exemplaar) en in 2012 niet, Brasem en Rivierprik zijn in 2007 niet aangetroffen maar in 2012 wel (12 en 2 exemplaren).

#### Lengtefrequentieverdeling

In het najaar van 2007 waren voornamelijk schubvis gevangen kleiner dan 15 centimeter. Exemplaren groter dan 15 centimeter zijn nauwelijks gevangen. Deze resultaten zijn in overeenstemming met de resultaten uit 2012. De aal werd in 2007 in vrijwel alle lengteklassen gevangen. In 2012 zijn er in verhouding minder rode alen gevangen en meer schieralen.

## 4.2 Functionaliteit en effectiviteit vispassage voor intrek (voorjaar 2013)

### 4.2.1 Functionaliteit

#### Soortsamenstelling

In het aanbod, aan de stroomafwaartse zijde van de vispassage, zijn 13 vissoorten aangetroffen (waaronder niet gedetermineerd visbroed en broed van spiering). Via de vispassage, aan de boezemzijde van het gemaal, zijn 13 vissoorten en 1 hybride aangetroffen. De soorten baars, brasem, blankvoorn, kolblei, pos, ruisvoorn en snoekbaars zijn in hoge aantallen via de vispassage gepasseerd (boezemfuik), maar kwamen in lage aantallen voor in het aanbod (kruisnet).

#### Zoet-zout migrerende vissoorten

Driedoornige stekelbaars en aal (met name glasaal) zijn in zeer hoge aantallen gevangen (respectievelijk 62.670 en 51.424 stuks), voornamelijk in de boezemfuik achter de vispassage. De vergelijking tussen aantallen in de boezemfuik en aantallen in het kruisnet laat zien dat de vispassage voor deze doelsoorten goed werkt.

#### Zoetwatervissen

Zoetwatervissen zijn regelmatig aangetroffen in de fuik en lijken vooral vanuit de boezem te komen, hetgeen uit de vergelijking tussen de vangsten in de boezemfuik en de kanaalfuik (tabel 3.10) wordt bevestigd. Van pos en in mindere mate baars en snoekbaars, wordt verwacht dat deze wel migreren richting het Noordzeekanaal. Mogelijk betreft dit geen gerichte migratie, maar dispersie, een strategie van deze soorten om zich te verspreiden over grotere gebieden. Driedoornige stekelbaars en kolblei migreren niet actief richting het Noordzeekanaal, omdat deze niet of nauwelijks in de kanaalfuik zijn gevangen en juist in hogere aantallen in de boezemfuik zijn

gevangen. Dit geldt waarschijnlijk ook voor brasem en vetje, waarvan lage aantallen zijn gevangen.

### Bodemgebonden vissoorten

De soorten bot en zwartbekgrondel zijn in hoge aantallen aangetroffen in het visaanbod (hoofdzakelijk juveniele exemplaren), aan de stroomafwaartse zijde van de vispassage. Deze soorten werden niet in de fuik achter vispassage gevangen. Het lijkt voor deze soorten dan ook niet mogelijk stroomopwaarts via de vispassage gemaal Halfweg te migreren. Mogelijk dat de inzwemopening van de vispassage ongunstig is (ca. 4 meter boven de bodem) of dat stroomsnelheden te hoog zijn voor deze soorten.

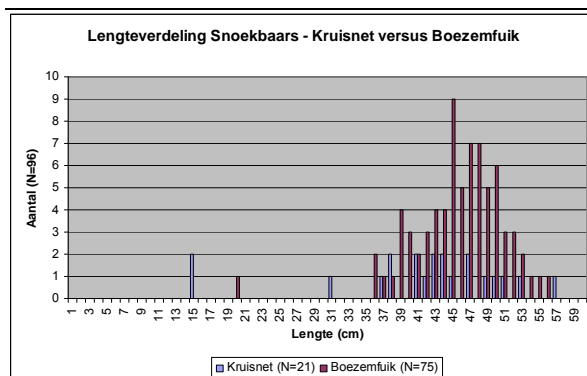
### Visbroed (spiering)

Ook (spiering)broed (lengte 1-3 cm) is in hoge aantallen gevangen aan de kanaalzijde, maar niet in de vispassage aangetroffen. Voor deze soorten geldt mogelijk ook dat het fysiek niet mogelijk is om tegen de lokstroom van de vispassage in te zwemmen. Voor deze soort zou een lagere capaciteit (kwart vermogen) gunstiger zijn, omdat de stroomsnelheid in de koker dan lager is. Later in het voorjaar (bijvoorbeeld eind mei) zou dit kunnen worden ingesteld, met als doel visbroed van spiering, maar ook andere soorten, binnen te laten.

## 4.2.2 Effectiviteit

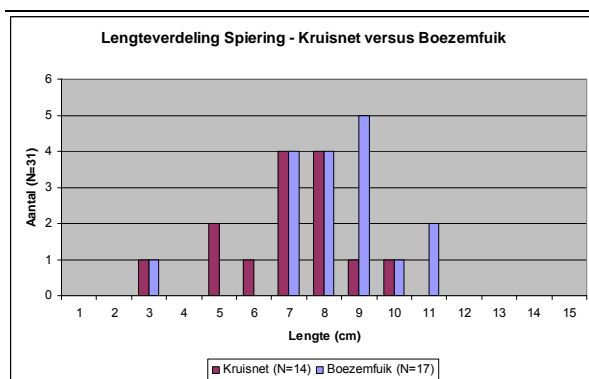
### Lengtefrequentie verhouding (snoekbaars en spiering)

De effectiviteit per soort is inzichtelijk gemaakt door de lengtefrequentie verhoudingen van de betreffende soorten aan de stroomopwaartse- en stroomafwaartse zijde met elkaar te vergelijken. Vanwege de gevangen aantallen voor- en achter het gemaal (zie tabel 4.2) kon dit alleen voor snoekbaars en spiering bepaald worden. Zie hiervoor onderstaande figuren.



**Figuur 4.1 Lengteverdeling van snoekbaars, gevangen in het kruisnet (stroomafwaarts) en in de boezemfuik (stroomopwaarts) van het gemaal.**

De snoekbaarsvangst in het kruisnet (N=21) varieerde in lengte van 15 tot 57 cm, de gemiddelde lengte was 41 cm. In de boezemfuik (N=75) varieerde de snoekbaarsvangst tussen de 20 en 56 centimeter lengte, hier bedroeg de gemiddelde lengte 46 cm. De vispassage blijkt voor snoekbaars (in alle lengteklassen) passeerbaar.



**Figuur 4.2 Lengteverdeling van spiering, gevangen in het kruisnet (stroomafwaarts) en in de boezemfuik (stroomopwaarts) van het gemaal.**

De spieringvangst in het kruisnet (N=14) varieerde van 3 tot 10 cm, de gemiddelde lengte was 7,0 cm. In de boezemfuik (N=17) varieerde de spieringvangst van 3 tot 11 cm, met een gemiddelde lengte van 8,2 cm. De vispassage blijkt voor spiering (in alle lengteklassen) passeerbaar.

#### 4.2.3 Vangstverloop in de avond en ochtend

De resultaten van de avondbemonsteringen laten zien dat de migratiebehoefte gedurende de avond toeneemt. Het visaanbod aan de stroomafwaartse zijde was tussen 23.00 en 00.00 uur het grootst (figuur 3.13). In de boezemfuik werd tussen 00.00 en 01.00 uur het meest gevangen. Het lijkt er daarom op dat het 'piekmoment' van stroomopwaartse migratie bij gemaal Halfweg rond middernacht (00.00 uur) ligt. De resultaten van de ochtendbemonsteringen suggereren dat het 'piekmoment' van migratie niet elke nacht rond hetzelfde tijdstip ligt. In de nacht van 16 op 17 mei vond dit 'piekmoment' vóór middernacht plaats, terwijl dit in de nacht van 17 op 18 mei plaatsvond tussen 01.00 en 07.00 uur (zie tabel 3.8).

Onafhankelijk van het gehanteerde debiet door de vispassage laten de metingen zien dat na middernacht nog intrek van vis plaatsvindt. Echter, de avond voorafgaand aan deze meting is de vispassage (van 20.00 tot 00.00 uur) op vol vermogen ingezet, waarbij opvallend weinig vis is gevangen. Het tijdsverschil tussen de 'piekmomenten' van migratie gedurende deze twee nachten komt dus waarschijnlijk niet door het visaanbod, maar door de maalcapaciteit van de vispassage. Doordat de vispassage op vol vermogen heeft gedraaid is dit piekmoment geforceerd verplaatst naar later die nacht.

De verkregen inzichten over het vangstverloop hebben vooral betrekking op glasaal, omdat deze dominant voorkwam in de vangsten. Voor een soort als driedoornige stekelbaars zou tevens de ochtend of middag favoriet kunnen zijn om in te trekken. De trek van driedoornige stekelbaars was al voorbij op het moment dat het verschil in dagverloop werd bekeken. Dit zou in een volgend onderzoek nog in beeld kunnen worden gebracht.

#### **4.2.4 Verschil in pompcapaciteit**

De meeste vissen zijn in stroomopwaartse richting gepasseerd indien de vijzel op half vermogen functioneert. Deze instelling heeft dan ook de voorkeur. Glasaal domineerde de vangsthoeveelheden en profiteert hier het meeste van. De trek van driedoornige stekelbaars was al op zijn einde, waardoor voor deze soort niet goed in beeld is gebracht welke pompcapaciteit gunstiger is. Wel is bekend dat de zwemcapaciteit van driedoornige stekelbaars beter is dan die van glasaal. Zodoende wordt bij vol vermogen van de vijzel niet verwacht dat driedoornige stekelbaars problemen ondervindt bij de intrek. Voor visbroed (o.a. spiering) zal de instelling half en vol vermogen minder gunstig zijn, vanwege te hoge stroomsnelheden in de koker. Als de piek van de glasaal trek voorbij is, kan worden gekozen om de vijzel op kwart vermogen in te stellen, zodat er gunstigere stromingscondities ontstaat voor minder goede zwemmers.

#### **4.2.5 Invloed van verlichting op het aanbod (glasaal)**

Gemiddeld werden er zonder gebruik van de bouwlamp 13 vissen per trek gevangen. Met gebruik van de bouwlamp zijn er gemiddeld 35 vissen per trek gevangen. De toetsing over de vangsttotalen bij licht aan versus uit liet een significant verschil zien ( $\alpha = 0,037$ ). Er worden meer vissen gevangen als het licht aan is (165 %) meer vis indien het licht aan staat. Dit is in overeenstemming met eerder onderzoek (Witteveen+Bos, 2007).

## 5 Conclusies

### 5.1 Najaarsmigratie (2012)

#### Functionaliteit

*Is het mogelijk dat vissen de vispassage passeren van boezem naar Noordzeekanaal?*

- Vissen maken bij de stroomafwaartse migratie geen gebruik van de vispassage wanneer het gemaal gelijktijdig in bedrijf is
- Vissen maken nauwelijks gebruik van de vispassage wanneer het gemaal niet in bedrijf is

#### Effectiviteit

*Welk aanbod (hoeveel en welke vissoorten boezemzijde) is er bij gemaal Halfweg?*

- Het visaanbod rond gemaal Halfweg bestaat uit 12 vissoorten. De meest voorkomende soorten zijn baars en aal. Migratiebehoevende soorten zijn aal, bot en rivierprik
- Het aanbod van schieraal is relatief groot bij het gemaal

*Welk percentage (van het visaanbod) maakt gebruik van de vispassage (merk terugvangst)?*

- Geen enkele van de 147 gemerkte schieralen heeft de vispassage gepasseerd
- Op basis van de merk-terugvangst resultaten kunnen geen uitspraken worden gedaan over heen en weer zwemgedrag of zoekgedrag in het gebied voor de ingang van het gemaal/vispassage

### 5.2 Voorjaarsmigratie (2013)

#### Functionaliteit

*Is het mogelijk dat vissen de vispassage passeren van Noordzeekanaal naar boezem en vice versa?*

- Er zijn 13 vissoorten (en 1 hybride) gepasseerd via de vispassage. De meest voorkomende soorten zijn driedoornige stekelbaars en (glas)aal. Voor deze migrerende soorten werkt de vispassage goed
- Snoekbaars en spiering in alle (gevangen) lengteklassen zijn in staat om de boezem in te trekken

- Bot en zwartbekgrondel migreren niet door de passage. Mogelijk zijn deze bodemgebonden soorten niet in staat om de inzwemopening fysiek te passeren of te vinden (deze ligt 4 meter boven de bodem). Visbroed (o.a. spieringbroed) migreert eveneens niet door de passage. De stroomsnelheid is mogelijk te hoog
- Met name pos maar ook baars, en snoekbaars komen met de buisvizel mee en migreren naar het Noordzeekanaal. Het gaat daarbij niet om gerichte migratie ten behoeve van paai

#### Effectiviteit

- *Welk aanbod (hoeveel en welke vissoorten kanaalzijde) is er bij gemaal Halfweg?*
- Er werden in het voorjaar van 2013 in totaal meer dan 118.000 vissen gevangen behorend tot 15 vissoorten en 1 hybride, waarvan 1.535 stuks visbroed. Het grootste aandeel van de vangst bestond uit driedoornige stekelbaars en glasaal, respectievelijk 62.800 en 51.400 exemplaren
- Aan de kanaalzijde van het gemaal zijn 13 soorten aangetroffen
- De meest voorkomende vissoorten in de kruisnet metingen zijn driedoornige stekelbaars, (glas)aal en spiering (voornamelijk broed)

*Hoe is het verloop van de migratie in de tijd en hoe verhoudt zich dit in relatie tot het optimaliseren van het bedieningsprotocol voor de vispassage om optimale condities te creëren voor de passage van vis (voor diadrome vis)*

- Het visaanbod neemt in de loop van de avond toe
- Het visaanbod is significant hoger wanneer licht aanwezig is boven het kruisnet
- Migratie vindt vooral 's avonds en 's nachts plaats
- De vispassage werkt beter op 'half vermogen' dan op 'vol vermogen' of 'kwart vermogen'
- In het voorjaar migreren er ook vissen zowel actief als passief van boezem naar kanaal

## 6 Aanbevelingen

### 6.1 Najaarsmigratie (2012)

Hoewel gemaal Halfweg visvriendelijk is, wordt aanbevolen om de vispasseerbaarheid van de vispassage in stroomafwaartse richting te verbeteren. De hoeveelheden en merk-terugvangsten van schieraal wijzen erop dat deze de vispassage nauwelijks gebruiken. Aanbevolen wordt om optimale condities voor passage van migrerende vissen te creëren. Onderstaand word een tweetal suggesties gegeven.

#### 1. Verbeteren vindbaarheid van de vispassage

In het najaar zou de vijzel op vol vermogen kunnen worden ingesteld om een grotere stroming te krijgen. Dit moet vooral in de periode dat het gemaal uit staat zorgen voor een grotere lokkende werking van de vispassage.

#### 2. Betere aansluiting op migratievenster van migrerende vissen

Aal is de meest voorkomende migrerende vissoort bij gemaal Halfweg. Het vergroten van het migratievenster voor aal kan leiden tot een betere passeerbaarheid van de vispassage. Op basis van het te verzetten debiet is het mogelijk de vispassage 24 uur per dag te laten functioneren. Indien dit niet gewenst is wordt voorgesteld om het huidige werkingsregime te veranderen door de periode in de avond te verlengen en de periode in de middag te laten vervallen. Het werkingsregime van de vispassage is dan als volgt:

- 2 uur in de ochtend (laatste 2 uur van de duisternis)
- 5 uur in de avond (1 uur voor duisternis, 4 uur na invallen van duisternis)

### 6.2 Voorjaarsmigratie (2013)

#### Werkingsregime

Het werkingsregime is onderzocht in de maand mei. In deze periode bleek dat vismigratie ook nog plaats vindt na middernacht. Daarbij ging het vooral om glasaal. Voorgesteld wordt om de werkingsperiode in de avonduren te verlengen tot 02.00 uur. Van driedoornige stekelbaars, die vooral in de maand april migreert, is geen beeld verkregen van het grootste intrekmoment gedurende de dag. Aanbevolen wordt om dit in een volgend onderzoek mee te nemen.

#### Werkingscapaciteit

Op 'half vermogen', werkt de vispassage het best. Aanbevolen wordt deze capaciteit te hanteren, of indien gewenst, verder te optimaliseren.

### **Functionaliteit**

Bodemgebonden soorten als bot en grondel en visbroed lijken de passage moeilijk te kunnen passeren. Aanbevolen wordt om vanaf eind mei de vijzel in te stellen op een kwart vermogen, waardoor er betere stromingscondities ontstaan voor de intrek van visbroed.



## Geraadpleegde literatuur

Adam B., 1999. Aalabwanderung – Ergebnisse von Versuchen in Modellgerinnen. Arbeiten des Deutschen Fischereiverbandes 70: 37–68.

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

Alcobendas, M., Lecomte, F., Castanet, J., Meunier, F.J., Maire, P., Holl, M., 1991. Technique de marquage de civelles (*Anguilla anguilla*) par baignade rapide dans le flouochrome. Application au marquage a la tetracycline de 500 kg de civelles. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture (1991) 321 : p. 43-54.

Brujls MCM, Polman HJG, Van Aerssen GHFM, Haddingh RH, Winter HV, Deerenberg C, Jansen HM, Schwevers U, Adam B, Dumont U and Kessels N., 2003. Management of silver eel: Human impact on downstream migrating eel in the river Meuse. EU-Report Contract Q5RS-2000-31141.

Brown LS., 2005. Downstream passage of silver phase American eels at a small hydroelectric facility. M.Sc. thesis, University of Massachusetts, Amherst, 122 pp.

Brown LS, Haro A and Castro-Santos T., 2008. Three-dimensional movement of silver-phase American eels (*Anguilla rostrata*) in the forebay of a small hydroelectric facility. In Casselman JM and Cairns D (eds) Eels at the Edge. Bethesda, MD: American Fisheries Society, Symposium 58 (in press).

Deelder CL., 1954. Factors affecting the migration of the silver eel in Dutch inland waters. J. Cons.int. Explor. Mer 20: 177–185.

Dekker, W & J. van Willigen, 1997. Hoeveel glasaal trekt het IJsselmeer in? Verslag van een merkproef met glasaal te Den Oever in 1997. RIVO-DLO Rapport. Nummer C062/97.

Durif C, Elie P, Gosset C, Rives J, and Travade F (2003) Behavioural study of downstream migrating eels by radio-telemetry at a small hydroelectric power plant. In Dixon DA (ed) Biology, Management, and Protection of Catadromous Eels. Bethesda, MD: American Fisheries Society, Symposium 33, pp. 343–356.

Gosset C, Travade F, Durif C, Rives J, Elie P (2005) Tests of two types of bypass for downstream migration of eels at a small hydroelectric power plant. *River Research and Applications* 21: 1095–1105.

Hadderingh RH., 1982. Experimental reduction of fish impingement by artificial illumination at Bergum power station. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 67: 887–900.

Hadderingh RH and Bakker HD., 1998. Fish mortality due to passage through hydroelectric power stations on the Meuse and Vecht rivers. In Jungwirth M, Schmutz S and Weiss S (eds) *Fish Migration and Fish Bypasses*. Oxford: Fishing News Books, pp. 315–328.

Hadderingh RH and Bruijs MCM., 2002. Hydroelectric power stations and fish migration. *Tribune de l'eau* 55(619–620/5–6): 79–87.

Hadderingh RH, Beijer RFLJ De, Van Aerssen GHFM and Van Der Velde G., 1999. Reaction of silver eels on underwater light sources and water currents: An experimental study. *Regulated Rivers: Research and Management* 15: 356–371.

Jansen HM, Winter HV, Bruijs MCM and Polman HJG (2007) Just go with the flow? Route selection and mortality during downstream migration of silver eels in relation to river discharge. *ICES Journal of Marine Science* 64: 1437–1443.

Lowe RH (1952) The influence of light and other factors on the seaward migration of the silver eel, *Anguilla anguilla*. *Journal of Animal Ecology* 21(2): 275–309.

McGrath, K. 2003. American eel light avoidance study. St Lawrence river 2002 by the New York Power Authority. Presented at the annual meeting of the American Fisheries Society, Quebec, 2003.

STOWA, 2010. Samenvatting van het STOWA-onderzoek naar de mogelijke schade aan vissen bij het passeren van gemalen. Worden vissen in de maling genomen? STOWA-rapportnummer 2010-21. ISBN 978.90.5773.480.9. STOWA Amersfoort, juni 2010.

STOWA, 2012. Gemalen of vermalen worden? Onderzoek naar de visvriendelijkheid van 26 opvoerwerktuigen. STOWA-rapportnummer 2012-04. ISBN 978.90.5773.540.0. STOWA Amersfoort, maart 2012.

Tauw, 2012. Visonderzoek boezemgemaal Halfweg – Projectvoorstel, 11 september 2012

Tauw, 2012. Visplan bemonstering Halfweg – Najaar 2012, 9 oktober 2012

Tesch FW., 2003. The Eel. Fifth edition. Oxford: Blackwell.

Winter HV, Jansen HM, Adam B and Schwevers U (2005) Behavioural effects of surgically implanting transponders in European eel, *Anguilla anguilla*. In Spedicato MT, Marmulla G and Lembo G (eds) Aquatic Telemetry: Advances and Applications. Proceedings of the Fifth Conference on Fish Telemetry held in Europe, Ustica, Italy 9–13 June 2003. Rome: FAO, pp. 1–9.

Winter HV, Jansen HM and Bruijs MCM (2006) Assessing the impact of hydropower and fisheries on downstream migrating silver eel, *Anguilla anguilla*, by telemetry in the River Meuse. Ecology of Freshwater Fish 15: 221–228.

Witteveen+Bos, 2007. Monitoring van stroomopwaartse migratie bij de gemalen Katwijk en Halfweg. Witteveen&Bos, Deventer.

Witteveen+Bos, 2008. Monitoring van de stroomafwaartse migratie bij de gemalen Halfweg, Spaarndam en Gouda. Witteveen&Bos, Deventer.



# Bijlage

## 1

Impressie van de vangsten





**Figuur 0.1** Impressie van de vangsten in het kruisnet (aanbodmeting); Boven: kanaalzijde Halfweg. Midden (links): Juvenile bot. (rechts): Spiering. Linksonder: grote Snoekbaars. Rechtsonder: glasaal.



**Figuur 0.2** Impressie van de vangsten in de boezemfuik. Linksboven: Locatie van de boezemfuik. Rechtsboven: Tellen van de driedoornige stekelbaars. Linksonder: glasalen. Rechtsonder: Enkele grote baarzen.