# Passagecheck Zeeland 2024

## Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorzieningen bij gemalen Duiveland en Prommelsluis voor glasaal en driedoornige stekelbaars

Maurice Kooiman, Ivanka Spruijt & Sanne Ploegaert





RAVON

# Passagecheck Zeeland - 2024

## Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorzieningen bij gemalen Duiveland en Prommelsluis voor glasaal en driedoornige stekelbaars

Provincie Zeeland

WaterschapScheldestromen

RAVON

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

## Colofon


| | |
|---|---|
| Status uitgave: | Definitief |
| Datum uitgave: | 30-1-2025 |
| Titel: | Passagecheck Zeeland - 2024 |
| Subtitel: | Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorzieningen bij gemalen Duiveland en Prommelsluis voor glasaal en driedoornige stekelbaars |
| Wijze van citeren: | Kooiman, M., I. Spruijt, J. van den Ende & S. Ploegaert, 2025. Passagecheck Zeeland – 2024. Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorzieningen bij gemalen Duiveland en Prommelsluis voor glasaal en driedoornige stekelbaars. Stichting RAVON, Nijmegen. Rapportnummer 2023.042-2024. |
| Foto's omslag: | Henk Veldmans (rechts) en Sanne Ploegaert (links) |
| Aantal pagina's incl. bijlagen: | 59 |
| Projectnummer: | 2023.042-2024 |
| Projectleiding: | Maurice Kooiman |
| Rapportage: | Maurice Kooiman, Ivanka Spruijt, Jisk van den Ende & Sanne Ploegaert |
| Kwaliteitsborging: | Sanne Ploegaert |
| Met medewerking van: | Damian van Katwijk, Fabian Smith, Inez van Erp, Marijn Tinga, Martijn Schiphouwer, Mick Vos, Rens Cronau, Vincent van Marrewijk |
| Opdrachtgever: | Provincie Zeeland, Waterschap Scheldestromen, Rijkswaterstaat Zee & Delta |
| Akkoord voor uitgave: | Sanne Ploegaert |


© 2025 Stichting RAVON, Nijmegen

# Inhoud


1 Inleiding 7

2 Methode 8
2.1 Onderzoekslocaties 8
2.1.1 Vismigratievoorziening Duiveland 10
2.1.2 Vispassage Prommelsluis 11
2.2 Onderzoeksopzet 13
2.2.1 Merkprocedure 14
2.2.2 Aanbod 15
2.2.3 Doortrekefficiëntie 18
2.3 Onderzoeksperiode 19
2.4 Prestatie index 19

3 Resultaten 21
3.1 Aanbod 21
3.1.1 Duiveland 21
3.1.2 Prommelsluis 22
3.2 Doortrekefficiëntie 23
3.2.1 Duiveland 23
3.2.2 Prommelsluis 24
3.3 Verblijftijd 26
3.3.1 Duiveland 26
3.3.2 Prommelsluis 27

4 Knelpunten + aanbevelingen 29
4.1 Vismigratievoorziening Duiveland 29
4.1.1 Lokkende werking 29
4.1.2 Lokstroom 30
4.1.3 Verzamelbak 33
4.1.4 Hevel 35
4.1.5 Aansluiting polderzijde 36
4.2 Vismigratievoorziening Prommelsluis 37
4.2.1 Lokkende werking 37
4.2.2 Lokstroom 37
4.2.3 Migratiecyclus 41
4.2.4 Verzamelbak 42
4.3 Habitat Duiveland 44
4.4 Habitat Prommelsluis 46

5 Samenvatting 50
5.1 Duiveland 50
5.1.1 Aanbod, doortrekefficiëntie en verblijftijd 50
5.1.2 Knelpunten + aanbevelingen 50
5.2 Prommelsluis 53
5.2.1 Aanbod, doortrekefficiëntie en verblijftijd 53
5.2.2 Knelpunten + aanbevelingen 53

6 Dankwoord 55

7 Literatuur 56

Bijlage 1: Berekening populatieschattingen onderzoeksperiode en seizoen 57

Bijlage 2: Berekening betrouwbaarheid populatieschattingen 58

# 1 Inleiding

Migratiebarrières op zout-zoetovergangen, zoals sluizen en gemalen, zijn één van de oorzaken voor de sterke achteruitgang van aal (*Anguilla anguilla*). Jonge aal (glasaal) trekt vanuit zee naar de opgroeigebieden in het zoete water. Mede voor deze soort worden daarom vismigratievoorzieningen aangebracht bij migratiebarrières. Ook voor de migrerende vorm van de driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*) zijn goed werkende vispassages cruciaal om vanaf zee hun paaigebieden in het achterland te bereiken.

Na de aanleg van vismigratievoorzieningen is het essentieel om de efficiëntie ervan te testen. Dit kan via een 'Passagecheck'. Dit concept omvat een merk-terugvangst experiment waarbij glasaal en driedoornige stekelbaars worden gemerkt met een fluorescente VIE-tag (Visible Implant Elastomer). Terugvangsten geven inzicht in het actuele aanbod van deze soorten, welk aandeel de vismigratievoorziening weet te passeren en hoeveel tijd hiervoor nodig is. Op deze wijze worden knel- en verbeterpunten inzichtelijk gemaakt, maar wordt ook duidelijker welke elementen van de voorziening wel effectief werken. Met deze kennis kunnen vismigratievoorzieningen vervolgens worden geoptimaliseerd.

Provincie Zeeland, Waterschap Scheldestromen en Rijkswaterstaat Zee & Delta willen zicht in hoe efficiënt vismigratievoorzieningen op zout-zoet overgangen de migratie vanaf de zeezijde naar het achterland faciliteren. In 2024 heeft RAVON daarom de vismigratievoorzieningen bij gemalen Duiveland en Prommelsluis aan een Passagecheck onderworpen. Gemaal Duiveland is voorzien van een dubbele hevel passage en gemaal Prommelsluis van een vrij verval passage. Deze passages zijn bedoeld om migratie van glasaal en driedoornige stekelbaars (en andere trekvissen) vanuit de Oosterschelde naar de polder te faciliteren. De vismigratievoorziening bij Prommelsluis is in 2018 reeds onderworpen aan een Passagecheck (Ploegaert et al., 2018). Op basis van deze Passagecheck zijn in de aanloop naar de onderhavige Passagecheck een aantal aanpassingen gedaan aan (de werking van) de vismigratievoorziening ten behoeve van optimalisatie (zie paragraaf 2.1.2 voor details).

***Onderzoeksvragen***

- Wat is het moment- en seizoensaanbod van glasaal en driedoornige stekelbaars bij gemalen Duiveland en Prommelsluis?
- Welk aandeel van glasaal en driedoornige stekelbaars maakt gebruik van de vismigratievoorziening bij gemalen Duiveland en Prommelsluis en hoe lang doen ze daarover?
- Wat is de verblijftijd van glasaal en driedoornige stekelbaars bij gemalen Duiveland en Prommelsluis?
- Wat is het migratiegedrag van glasaal en driedoornige stekelbaars in en rondom de migratievoorzieningen bij de gemalen Duiveland en Prommelsluis?
- Wat is de stroomsnelheid aan de voorzijde van en in de migratievoorzieningen bij de gemalen Duiveland en Prommelsluis?
- Welke concrete voorstellen voor het verbeteren van de vispasseerbaarheid van de gemalen Duiveland en Prommelsluis kunnen worden gedaan op basis van de opgedane inzichten tijdens dit onderzoek?

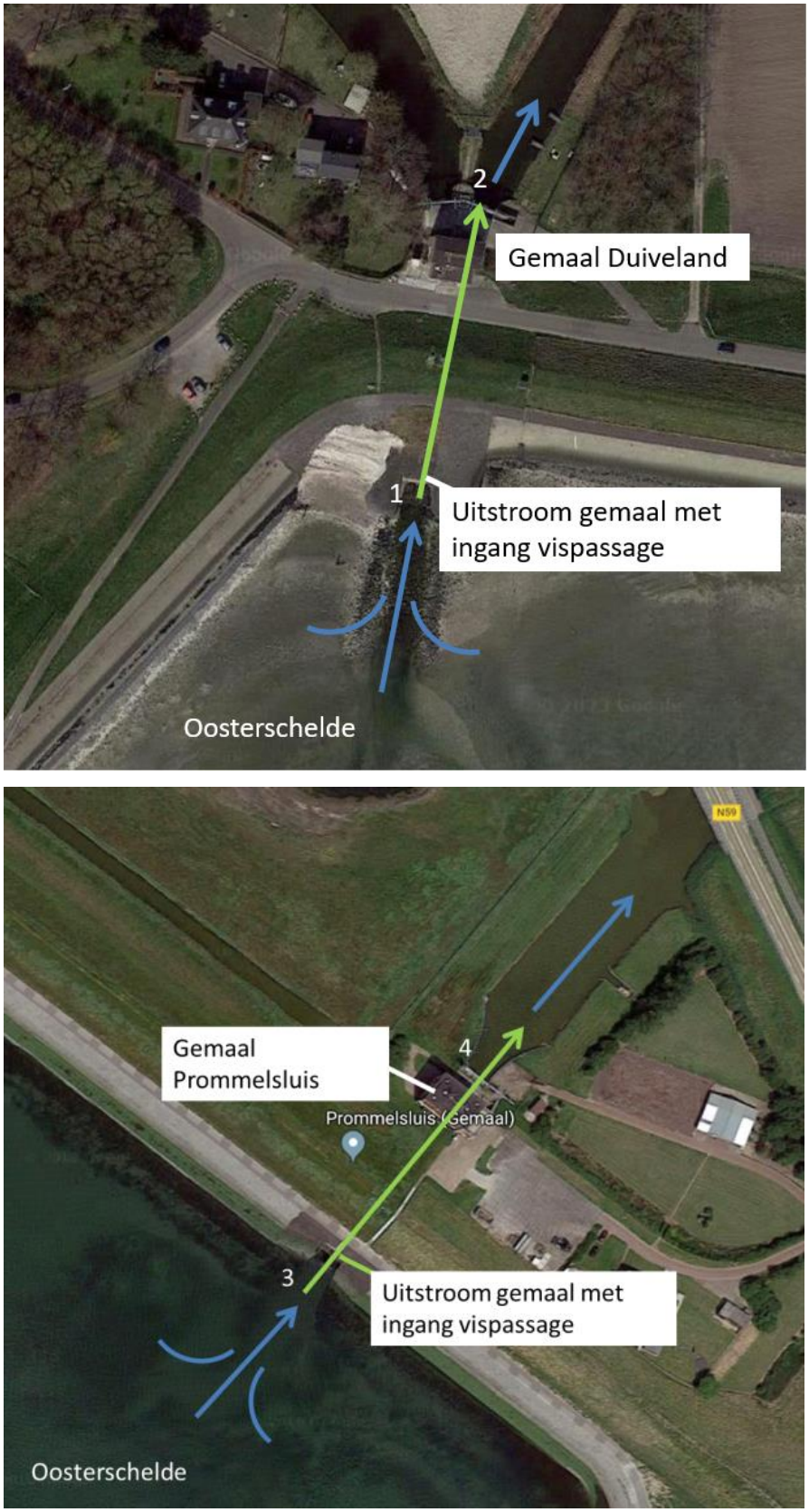
# 2 Methode

## 2.1 Onderzoekslocaties

De onderzoekslocaties zijn gelegen op Schouwen-Duiveland, langs de noordoever van de Oosterschelde (figuur 2.1). Op deze locaties wordt zoet/brak water uit het lager gelegen achterland naar de Oosterschelde gepompt. Beide gemalen zijn voorzien van vismigratievoorzieningen die onderling sterk verschillen in technische werking. In paragraaf 2.1.1 en 2.1.2 wordt de werking van de vismigratievoorzieningen uitgelegd. In figuur 2.2 is een bovenaanzicht weergegeven van beide gemalen en hun directe omgeving, waarbij de migratieroute van de zeezijde naar het achterland via de vismigratievoorziening is gevisualiseerd met pijlen.




*Figuur 2.1: Ligging van de onderzoekslocaties; de gemalen Duiveland en Prommelsluis.*



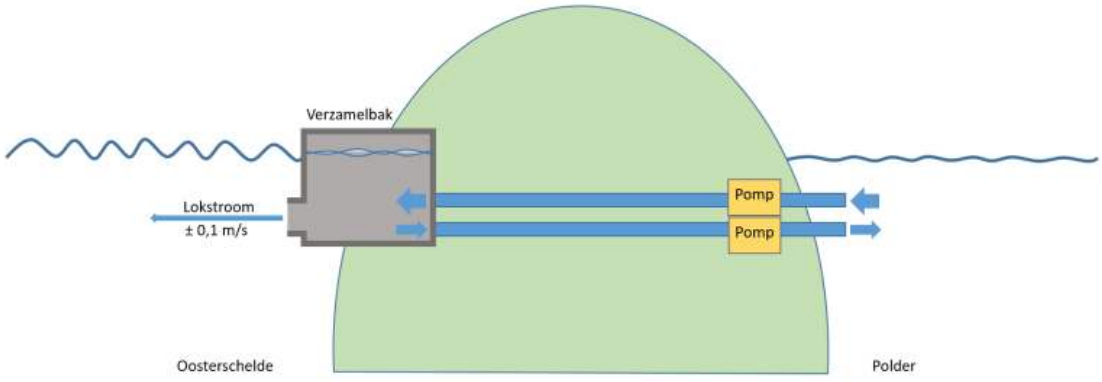

*Figuur 2.2: Bovenaanzicht van de onderzoekslocaties Duiveland en Prommelsluis, waarbij de migratiebeweging van de zeezijde naar het achterland via de vismigratievoorziening is gevisualiseerd met pijlen. De stroomrichting van het water is tegenovergesteld; van polder naar Oosterschelde. Weergegeven zijn: (1) uitstroom gemaal Duiveland met ingang vispassage, (2) uitgang vispassage Duiveland aan polderzijde, (3) uitstroom gemaal Prommelsluis met ingang vispassage, (4) uitgang vispassage Prommelsluis aan polderzijde.*

### 2.1.1 Vismigratievoorziening Duiveland

De vismigratievoorziening bij gemaal Duiveland bestaat in essentie uit twee visveilige pompen, waarbij één pomp de zoete lokstroom voorziet en één pomp de vis die op deze lokstroom afkomt naar het zoete water transporteert (figuur 2.3).

*Lokstroom en verzamelbak zeezijde*
Vissen worden vanuit de Oosterschelde in eerste instantie aangetrokken door de grote hoeveelheid polderwater die het gemaal met enige regelmaat uitslaat. De veel kleinere maar in tegenstelling tot het gemaal continue draaiende lokstroom van de vismigratievoorziening moet zo veel mogelijk vis de vismigratievoorziening inlokken en zo naar de polder laten migreren. Naast de uitstroom van het gemaal is een grote betonnen bak gemaakt, dit is de verzamelbak. Deze verzamelbak staat via een ronde buis in verbinding met het water aan de voorzijde van het gemaal. De verzamelbak wordt continue voorzien van een lokstroom vanuit de polder. Met het debiet van de visveilige pomp die deze lokstroom voorziet wordt gestuurd op een lokstroom van ± 0,1 meter per seconde vanuit de verzamelbak. Bij deze stroomsnelheid kan vis gemakkelijk tegen de lokstroom in de verzamelbak in zwemmen. Het lokstroomdebiet wordt bij gemaal Duiveland nog niet gemeten vanwege het ontbreken van een flowmeter in de lokstroomleiding, maar ligt naar verwachting in dezelfde orde van grootte als dat bij de gemaal De Noord (ongeveer 1,3 $m^3$/min). Het uiteinde van de lokstroombuis bevindt zich recht omhoog gericht bovenin de verzamelbak, waardoor het lokstroomwater rondom naar beneden valt. De buis en waterstroom samen geven de indruk van een grote paddenstoel.

*Transport vanuit verzamelbak naar polderzijde*
Vanuit de verzamelbak wordt door een tweede visveilige pomp continue water vanuit de verzamelbak naar de polder geheveld. Het debiet van deze pomp is kleiner dan het debiet van lokstroompomp, zodat er netto altijd meer water naar de verzamelbak wordt gepompt en er zodoende altijd een lokstroom vanuit de verzamelbak naar buiten heerst. De vis in de verzamelbak komt in theorie na verloop van tijd in de zone van de verzamelbak waar het water wordt weggezogen. De uitgang van deze leiding is aan de polderzijde ± 30 meter van het gemaal geplaatst om de kans te verkleinen dat de overgehevelde vis weer uitspoelt via het gemaal.




*Figuur 2.3: Schematische weergave van de vismigratievoorziening bij Duiveland (dwarsdoorsnede dijk).*

### 2.1.2 Vispassage Prommelsluis

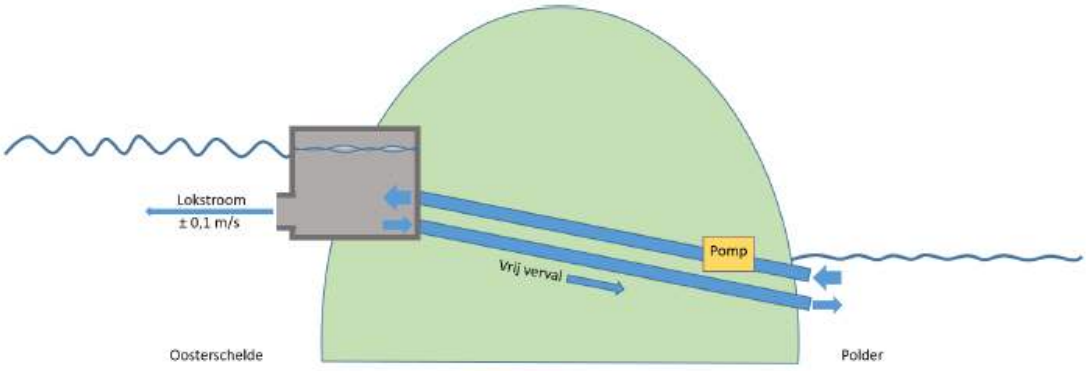
De vismigratievoorziening bij Prommelsluis bestaat in hoofdlijnen uit een verzamelbak waar vis naartoe wordt gelokt door middel van een lokstroom, waarbij de verzamelbak periodiek wordt afgesloten en het aanwezige water inclusief vissen onder vrij verval wordt geloosd naar het polderwater (figuur 2.4).

*Lokstroom en verzamelbak zeezijde*
Vissen worden vanuit de Oosterschelde in eerste instantie aangetrokken door de grote hoeveelheid polderwater die het gemaal met enige regelmaat uitslaat. De veel kleinere maar in tegenstelling tot het gemaal veel vaker draaiende lokstroom van de vismigratievoorziening moet vervolgens zo veel mogelijk vissen de vismigratievoorziening inlokken en zo naar de polder laten migreren. Naast de uitstroom van het gemaal is een grote betonnen bak gemaakt, dit is de verzamelbak. Deze verzamelbak staat via een ronde buis met afsluiter in verbinding met het water aan de voorzijde van het gemaal. De verzamelbak wordt middels een visveilige pomp voorzien van een lokstroom vanuit de polder. Het uiteinde van de lokstroomleiding in de verzamelbak is voorzien van een terugslagklep. Met een debiet van 1,2 $m^3$/min wordt gestuurd op een lokstroom van ± 0,1 meter per seconde vanuit de verzamelbak. Bij deze stroomsnelheid kan vis gemakkelijk tegen de lokstroom in de verzamelbak in zwemmen. De lokstroompomp is voorzien van een frequentieregelaar, waardoor het mogelijk is om het lokstroomdebiet en daarmee de stroomsnelheid eventueel handmatig aan te kunnen passen.

*Transport vanuit verzamelbak naar polderzijde*
De verzamelbak is aan de achterzijde verbonden met een ronde leiding met hierin een afsluiter die schuin naar beneden richting de polder loopt. Via deze leiding wordt de verzamelbak periodiek onder vrij verval richting de polder geleegd. De ingang van deze leiding bevindt zich, gezien vanuit de opening naar de Oosterschelde, bijna achteraan de rechter zijwand van de verzamelbak tegen de bodem aan. De uitgang van deze leiding is aan de polderzijde ± 40 meter van het gemaal geplaatst om de kans te verkleinen dat de overgehevelde vis weer uitspoelt via het gemaal.

*Migratiecyclus*
De werking van de migratievoorziening bestaat uit een cyclus die doorlopend wordt herhaald. Iedere cyclus bestaat uit twee onderdelen. Tijdens het eerste deel van een cyclus worden vissen de verzamelbak ingelokt door middel van de lokstroom. De afsluiter voor de leiding tussen de verzamelbak en het Oosterschelde staat dan open, zodat vissen tegen de lokstroom in de bak binnen kunnen zwemmen. De afsluiter in de leiding richting de polder staat op dat moment dicht. Na een bepaalde tijd wordt overgeschakeld naar het tweede deel van de cyclus. De lokstroompomp stopt, de terugslagklep aan het einde van de lokstroombuis sluit, en de afsluiter tussen de verzamelbak en de Oosterschelde gaat dicht. Het sluiten van de afsluiter duurt ruim 2 minuten. Zodra de verzamelbak is afgesloten gaat de afsluiter in de leiding richting de polder open. De verzamelbak loopt dan onder vrij verval leeg in de richting van de polder. Op die manier worden de vissen in de verzamelbak met het water mee richting de polder getransporteerd. Na 10 minuten (niet instelbaar) wordt de afsluiter in de leiding richting de polder weer gesloten. Met behulp van de lokstroompomp wordt het water in de verzamelbak op maximaal debiet opnieuw gevuld, totdat het waterniveau 0,20 m lager staat dan het peil in de Oosterschelde (bij dit peil kan de pomp blijven draaien zonder dat het water in de verzamelbak te hoog wordt). Zodra dit peil is bereikt wordt de afsluiter tussen de verzamelbak en de Oosterschelde weer geopend, gaat de lokstroompomp weer aan, en start de cyclus start opnieuw.

De tijdsduur van het deel van de cyclus waarin vissen gelokt worden is instelbaar. Tijdens de Passagecheck werd gedurende 30 minuten gelokt.




*Figuur 2.4: Schematische weergave van de vismigratievoorziening bij Prommelsluis (dwarsdoorsnede dijk).*

*Aanpassingen op basis van Passagecheck 2018*

In 2018 is de vismigratievoorziening bij Prommelsluis reeds onderworpen aan een Passagecheck (Ploegaert et al., 2018). Op basis van de resultaten van deze Passagecheck zijn er een aantal (mogelijke) knelpunten in het functioneren van de vismigratievoorziening geïdentificeerd:

- Het is aannemelijk dat er ophoping optreedt voor de ingang van de verzamelbak. Of de lokstroom zacht genoeg is voor glasaal om effectief tegenin te zwemmen en de beoogde uitstroomsnelheid van 0,1 m/s heerst is niet gemeten.
- Het deel van de migratiecyclus waarin wordt gelokt was tijdens het onderzoek ingesteld op 45 minuten. Er wordt aangenomen dat er gedurende deze periode ophoping optreedt van glasaal en driedoornige stekelbaars in de verzamelbak en de passage zodoende effectief werkt. Mogelijk treed er echter geen ophoping op in de verzamelbak en blijven glasalen en driedoornige stekelbaarzen gedurende de 45 minuten zoeken naar een doorgang en zwemmen ze de verzamelbak ook weer uit.
- De verzamelbak stroomt niet helemaal leeg in de richting van de polder, en de buis richting de polder loopt niet in een rechte lijn door de dijk, maar maakt door complicaties tijdens de aanleg een kurkentrekker-vormige wenteling. Dit heeft tot gevolg dat het geloosde water uit de verzamelbak inclusief vissen niet volledig de polder bereikt tijdens het inspoelmoment.

Op basis van bovenstaande (mogelijke) knelpunten zijn in de aanloop naar onderhavige Passagecheck in samenspraak met het waterschap enkele aanpassingen voor optimalisatie besloten:

- Om te voorkomen dat er ophoping plaatsvindt voor de ingang naar de verzamelbak is besloten om het lokstroomdebiet, en daarmee de stroomsnelheid, naar beneden bij te stellen.
- Om de kans te verkleinen dat vissen vroegtijdig de verzamelbak weer verlaten doordat ze tevergeefs naar een doorgang zoeken tijdens het deel van de migratiecyclus waarin wordt gelokt, is besloten om dit deel van de migratiecylcus in te korten.

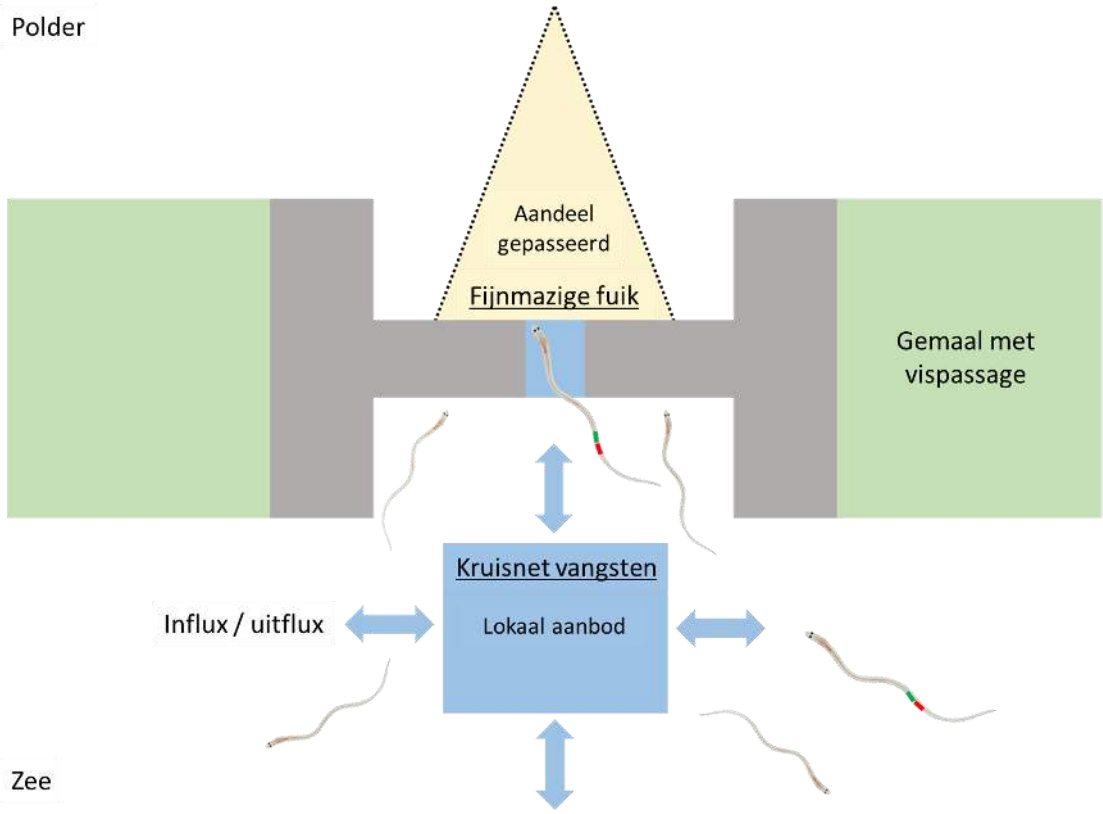
- Om er voor te zorgen dat de verzamelbak beter leeg kan lopen in de richting van de polder is besloten om de bodem van de verzamelbak aan te sluiten op de hoogte van de leiding die in de richting van de polder loopt door middel van het storten van een nieuwe betonvloer. Daarnaast is besloten om de verzamelbak direct na het legen nog een keer extra door te spoelen, door middel van het openen van de afsluiter tussen de verzamelbak en de Oosterschelde.

In de weken voorafgaand aan de onderhavige Passagecheck heeft het waterschap een deel van de bovenstaande aanpassingen doorgevoerd. Een ander deel is om verschillende redenen niet doorgevoerd:

- Het waterschap heeft besloten om het lokstroomdebiet, en daarmee de stroomsnelheid, niet naar beneden bij te stellen. In theorie zou deze namelijk zodanig afgesteld moeten zijn dat de stroomsnelheid ter hoogte van de ingang van de vismigratievoorzienig 0,1 m/s bedraagt, wat de streefwaarde is. Of dit in de praktijk overeenkomt zou moeten worden geverifieerd door middel van de stroomsnelheidsmetingen binnen onderhavige Passagecheck.
- Het deel van de migratiecyclus waarin wordt gelokt is ingekort van 45 naar 30 minuten.
- Er is een nieuwe betonvloer gestort in de verzamelbak om deze beter aan te laten sluiten op de hoogte van die leiding die in de richting van de polder loopt.
- Het extra doorspoelen van de verzamelbak direct na het leeglopen, door middel van het openen van de afsluiter in de opening naar de Oosterschelde, bleek niet mogelijk. De afsluiter bleek namelijk niet volledig af te sluiten, waardoor een aanzienlijke lekstroom de verzamelbak in stroomt. Door deze continue aanvoer van water kan de verzamelbak nooit volledig leeglopen. Er was onvoldoende tijd om dit nog te repareren voor aanvang van de Passagecheck.

## 2.2 Onderzoeksopzet

Om inzicht te verkrijgen in het aanbod van glasaal en driedoornige stekelbaars bij de gemalen Duiveland en Prommelsluis en de efficiëntie waarmee deze soorten de aanwezige vismigratievoorziening passeren zijn verschillende vangstmethoden gecombineerd binnen een merk-terugvangst experiment. Een overzicht van de gebruikte vangstmethoden is ruimtelijk weergegeven in figuur 2.5. Om de migratiebeweging van glasaal en driedoornige stekelbaars door de migratievoorziening te kunnen volgen in ruimte en tijd zijn vissen gemerkt met een VIE-tag (Visible Implant Elastomer), een fluorescente markering die onderhuids aangebracht wordt en relatief eenvoudig te herkennen is bij terugvangst. Ten behoeve van het merken zijn met kruisnetten glasalen en driedoornige stekelbaarzen gevangen aan de zeezijde, voor de uitstroomopening van beide gemalen. Gemerkte vissen zijn op de vangstlocatie weer teruggeplaatst. In de onderstaande deelparagrafen wordt het merk-terugvangst experiment per onderdeel van het onderzoek nader toegelicht.




*Figuur 2.5: Schematische weergave van het merk-terugvangst experiment, waarbij het lokale aanbod (dynamisch als gevolg van in- en uitflux van glasaal en driedoornige stekelbaars) aan de zeezijde van de vismigratievoorziening wordt bepaald met behulp van de verhouding tussen het totale aantal en het gemerkte aantal vissen in de kruisnetvangsten.*

### 2.2.1 Merkprocedure

Binnen de onderzoeksopzet is gekozen voor het merken met VIE-tags. VIE-taggen is het onderhuids inbrengen van een gekleurd (fluorescent) elastomeer waardoor het herkennen van een groep mogelijk is. Alvorens glasalen werden gemerkt werd anesthesie toegepast. Het geheel van handelingen valt onder de Wet op de dierproeven (Wod) en heeft plaatsgevonden onder projectnummer RAVON-2024-01. Binnen een uur na het vangen werden glasalen per 10 tot 20 exemplaren overgebracht naar een doorluchte bak met 0,2 mg/l acetyleugenol, dit om stress te minimaliseren en de handeling nauwkeuriger uit te kunnen voeren. Het verblijf was maximaal 5 minuten. Driedoornige stekelbaarzen zijn goed te fixeren waardoor geen anesthesie vereist is met het oog op nauwkeurig handelen. Op een schone bevochtigde spons werd met een 0,3 mm naald onder een flauwe hoek 3-5 mm van een vloeibaar elastomeer in het weefsel onder de dermis ingebracht. Bij glasaal gebeurt dit ventraal en in het abdomen (op 5-25 mm achter de anus) en bij driedoornige stekelbaars in het doorzichtige deel van de staartwortel (figuur 2.6). Na het inbrengen hard het elastomeer uit, maar blijft flexibel. Per merkmoment kregen de vissen een unieke kleurcode mee, zodat bij terugvangst duidelijk was waar en wanneer de vissen de eerste keer waren gevangen. Na het merken werden vissen overgebracht naar een doorluchte bak met schoon water. Hierin verbleven ze totdat alle vissen weer gebruikelijke activiteit en normaal zwemgedrag vertoonden, waarna ze werden teruggeplaatst. Voor het geheel aan handelingen rond het merken werden de aanwijzingen van Imbert et al. (2007) opgevolgd. Zij hebben de toepassing van VIE-tags op glasaal uitvoerig geëvalueerd. Tijdens eerder onderzoek naar de efficiëntie van vispassages in Scheveningen (Griffioen et al. 2018; Schiphouwer et al., 2022), Zeeland (Ploegaert et al. 2018; Ploegaert, 2020; Kooiman & Ploegaert 2022; Ploegaert &

Kooiman, 2022; Kooiman et al., 2023) en langs de IJsselmeerkust (Schiphouwer & Kooiman, 2021) is deze werkwijze succesvol toegepast.



*Figuur 2.6: Gemerkte glasaal en driedoornige stekelbaars (Foto's: Sanne Ploegaert).*

*Tabel 2.1: Aantallen glasaal en driedoornige stekelbaars voorzien van een VIE-tag bij de gemalen Duiveland en Prommelsluis per kleurcode.*

| Locatie | | Rood | Oranje | Groen | Geel | Blauw | Roze | Totaal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Vangtuig** | **Kruisnet** | **Kruisnet** | **Kruisnet** | | | | |
| Prommelsluis | Glasaal | 296 | 296 | 296 | | | | 888 |
| | Driedoornige stekelbaars | | 18 | | | | | 18 |
| | **Vangtuig** | | | | **Kruisnet** | **Kruisnet** | **Kruisnet** | |
| Duiveland | Glasaal | | | | 249 | 181 | 105 | 535 |
| | Driedoornige stekelbaars | | | | 60 | 42 | 106 | 208 |

### 2.2.2 Aanbod

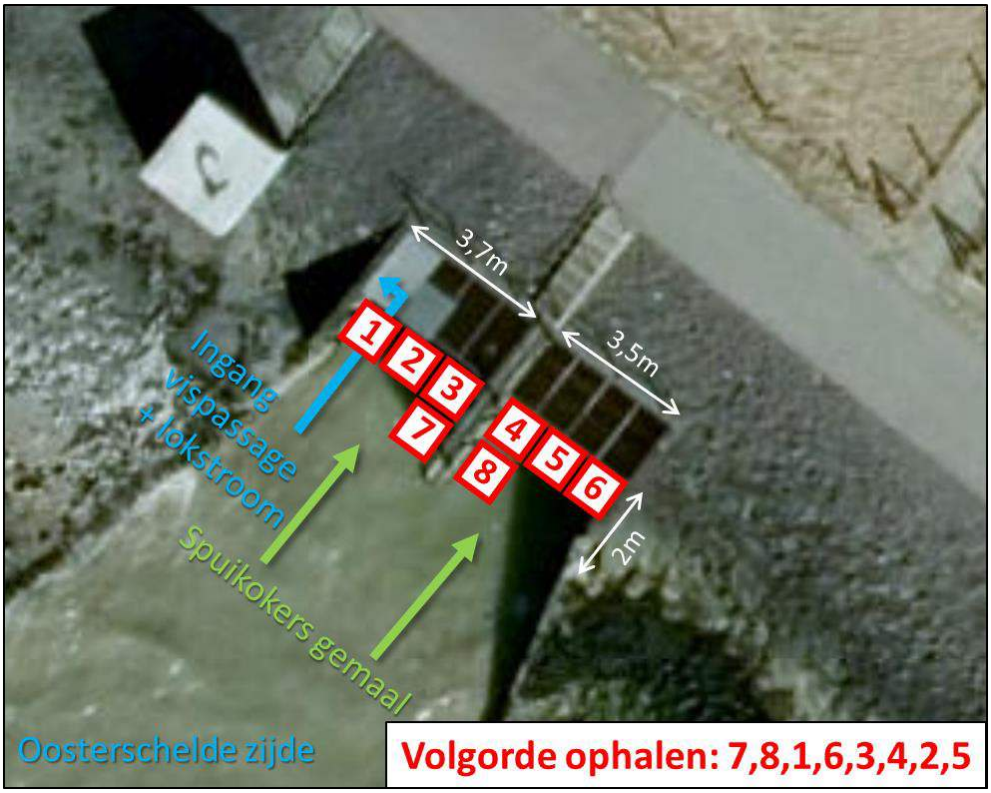
*Kruisnetbevissingen*

De verhouding tussen met het kruisnet gevangen gemerkte en ongemerkte vissen kan worden gebruikt om een schatting te maken van de lokale populatiegrootte. Deze populatieschattingen zijn een goede indicatie voor het actuele aanbod van glasaal en driedoornige stekelbaars. Tijdens het merk-terugvangst experiment is er gedurende 10 avonden met kruisnetten van 1x1 meter aan de voorzijde van de gemalen gevist. De bevissingen bij Duiveland vonden plaats in het donker (minimaal vanaf een half uur na zonsondergang) en bij opkomend getij vanaf het moment dat er ongeveer 10 tot 20 cm water op de visplek stond. Vervolgens werd gedurende ongeveer 3 uur gevist, tenzij het waterpeil voor die tijd ongeveer 30 tot 40 cm boven het rooster op de uitstroom van het gemaal kwam te staan. Uit veiligheidsoverwegingen werd dan eerder gestopt. Op basis van getijdenvoorspellingen (gebaseerd op de maandstanden) was vooraf al bekend dat de 3 uur niet altijd volgemaakt zouden kunnen worden op deze locatie. Om toch zo optimaal mogelijk gebruik te kunnen maken van de beperkte tijdspanne waarin kruisnetvissen op deze locatie mogelijk was, is het onderzoek op deze locatie gepland tijdens doodtij (minder vaak en minder snel te hoge waterstanden om te kunnen vissen), is de eerste kruisnetdag gepland op de dag in de getijdencyclus dat de minimaal benodigde waterstand zo vroeg mogelijk na een half uur na zonsondergang was voorspeld, en is de starttijd van het kruisnetten tijdens het onderzoek meerdere malen aangepast op basis van de actuele waterhoogtes onder invloed van windwerking. In de praktijk bleek het uiteindelijk mogelijk om op 6 van de 10 dagen de streeftijd van ongeveer 3 uur vol te maken. Op de overige 4 dagen varieerde de tijdsduur van het kruisnetten tussen minimaal 2 uur en 27 minuten en maximaal 2 uur en 42 minuten. De

bevissingen bij Prommelsluis vonden plaats vanaf een half uur na zonsondergang, waarbij gedurende ongeveer 3 uur werd gevist. Het kruisnetten gebeurde volgens vast protocol, waarbij de kruisnetten minimaal 5 minuten rusten op de bodem alvorens te worden opgehaald. Kruisnetten hadden vaste posities voor de gemalen (Figuur 2.8 en 2.9). Hiermee wordt inzicht verkregen in de ruimtelijke spreiding van visdichtheden aan de voorzijde van het gemaal en daarmee de lokkende werking van de vismigratievoorziening op kleine schaal, eventuele ophoping van vissen op een bepaald punt, en de migratieroute die vissen afleggen. Het ophalen van de kruisnetten gebeurde in een vaste volgorde. Alle vissoorten aanwezig in de vangst zijn per trek geteld en geregistreerd. De vangst is met een UV-lamp gecontroleerd op gemerkte glasalen en driedoornige stekelbaarzen. Alle vissen zijn rechtstreeks vanuit de kruisnetten in grote beluchte bakken geplaatst met ruim water en zijn na de meetreeks van ongeveer 3 uur vrijgelaten aan de voorzijde van het gemaal. Bij het kruisnetten waren vele vrijwilligers betrokken waardoor intensief meten over een langere periode mogelijk was. Deze vrijwilligers waren al actief voor de kruisnetmonitoring van Samen voor de Aal Zeeland (Spruijt et al., 2024).




*Figuur 2.8: Ruimtelijke weergave van de verschillende kruisnetposities bij Duiveland.*




*Figuur 2.9: Ruimtelijke weergave van de verschillende kruisnetposities bij Prommelsluis.*

*Populatieschattingen*

In beginsel zijn de populatieschattingen over de periode van 9 dagen met intensieve kruisnetbevissingen berekend ervan uitgaande dat: De verhouding tussen het totaal aantal gemerkte dieren (M) en de populatiegrootte (N) gelijk is aan de verhouding tussen het aantal in de kruisnetten teruggevangen gemerkte dieren (R) en het aantal in de kruisnetten gevangen dieren dat gecontroleerd is op de aanwezigheid van gemerkte dieren (C). De populatiegrootte (N) is berekend aan de hand van onderstaande formule.

$$N = \frac{(M+1)(C+1)}{R+1} - 1$$

Deze formule is een variatie op de eenvoudige Petersen methode, voorgesteld door Seber (1982) om overschatting van de daadwerkelijke populatiegrootte te voorkomen (Krebs, 2014). Deze formule gaat uit van een gesloten populatie waarbij er geen in- en uitflux is. Toepassing in deze situatie is daarom alleen mogelijk voor een beperkte tijdsperiode met zeer intensieve terugvangstinspanning (in dit geval 9 dagen kruisnetvissen). Een uitzondering hierop is als er aan het eind van de langere periode waarin terugvangstinspanning plaatsvindt aan de achterzijde van de vismigratievoorziening nagenoeg geen terugvangst van gemerkte dieren meer wordt gegenereerd. Dit laatste was het geval voor driedoornige stekelbaars op beide locaties. Dat maakte het mogelijk om, ondanks het ontbreken van terugvangsten van driedoornige stekelbaarzen in de kruisnetten bij Prommelsluis, toch het aanbod van deze soort te kunnen bepalen tijdens de gehele onderzoeksperiode met de fuik op basis van terugvangsten met dit vangtuig. Aanvullend op het momentaanbod van driedoornige stekelbaars op basis van (terug)vangsten met het kruisnet, is dit bij Duiveland ook gedaan.

Daarnaast is met behulp van het lokale verloop van het glasaalseizoen op basis van de kruisnetmonitoring binnen het project 'Samen voor de Aal Zeeland' (Spruijt et al., 2024) een inschatting gemaakt van het glasaalaanbod gedurende het gehele intrekseizoen op beide onderzoekslocaties. Voor meer informatie over de berekening van het aanbod tijdens de gehele onderzoeksperiode en het gehele seizoen wordt verwezen naar Bijlage 1.

*Betrouwbaarheid*
Om de betrouwbaarheid van de populatieschattingen inzichtelijk te maken is het betrouwbaarheidsinterval van 95% berekend. Er zijn verschillende manieren om een betrouwbaarheidsinterval te berekenen rondom Petersen populatieschattingen. Het is afhankelijk van de data welke manier van toepassing is. Voor meer informatie over het berekenen van de betrouwbaarheid rondom de populatieschattingen wordt verwezen naar Bijlage 2.

### 2.2.3 Doortrekefficiëntie

De uitstroombuizen van de vismigratievoorzieningen zijn aan de polderzijde volledig afgesloten met een fijnmazige fuik (figuur 2.10). Op deze wijze konden alle gepasseerde vissen worden geteld en geregistreerd. Glasalen en driedoornige stekelbaarzen zijn door middel van een UV-lamp gecontroleerd op de aanwezigheid van een VIE-tag. Glasalen zijn geteld en niet als bulk gewogen om aantallen te bepalen. Het wegen van glasaal om het gevangen aantal te bepalen bleek eerder te onnauwkeurig (Ploegaert et al., 2018). Voor het bepalen van de passage efficiëntie, waarbij het gevangen aantal grote invloed heeft op de uiteindelijke uitkomsten, worden glasalen daarom geteld.



*Figuur 2.10: De fijnmazige fuik aangesloten op de uitstroomopening van de vismigratievoorziening aan de polderzijde bij Prommelsluis (links), en de achterzijde van de fijnmazige fuik met ritssluiting bij Prommelsluis (rechts) (Foto's: Jisk van den Ende).*

## 2.3 Onderzoeksperiode

In figuur 2.11 is de planning van de onderzoeksperiode weergegeven. De kern van het onderzoek is uitgevoerd in de maanden april en mei tijdens de jaarlijkse piek van de glasaalintrek. De kans op vangst van voldoende glasaal voor de uitvoering is hiermee zo hoog mogelijk. Op beide locaties is 4 dagen voorafgaand aan het eigenlijke experiment al gestart met de doortrekmetingen. Enerzijds om vast een indruk te krijgen van de te verwachten aantallen, en anderzijds om voldoende vissen op te kunnen sparen voor de merkprocedure in het geval de kruisnetvangsten hiervoor ontoereikend zouden blijken. Vervolgens zijn glasalen en driedoornige stekelbaarzen gedurende drie dagen voorzien van een VIE-tag, waarbij iedere dag een andere kleur of kleurcombinatie is gebruikt. Aan de zeezijde van de vismigratievoorziening is gedurende 10 dagen gevist met kruisnetten. Ook de doortrekmetingen hebben gedurende deze periode plaatsgevonden, maar zijn langer doorgezet om ook vertraagde intrek van gemerkte vissen te registreren.

**Prommelsluis**

| Onderdeel | 31 maart | 1 april | 2 april | 3 april | 4 april | 5 april | 6 april | 7 april | 8 april | 9 april | 10 april | 11 april | 12 april | 13 april | >> 6 mei |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VIE-taggen glasaal uit kruisnet | | | | | Rood | Oranje | Groen | | | | | | | | |
| VIE-taggen driedoorn uit kruisnet | | | | | | Oranje | | | | | | | | | |
| Kruisnetmonitoring - vangstinspanning t.b.v. merken | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kruisnetmonitoring - terugvangstinspanning t.b.v. aanbodsbepaling | | | | | | | | | | | | | | | |
| Doortrekmeting fuik | | | | | | | | | | | | | | | |

**Duiveland**

| Onderdeel | 13 april | 14 april | 15 april | 16 april | 17 april | 18 april | 19 april | 21 april* | 22 april | 23 april | 24 april | 25 april | 26 april | 27 april | >> 14 mei |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VIE-taggen glasaal uit kruisnet | | | | | Geel | Blauw | Roze | | | | | | | | |
| VIE-taggen driedoorn uit kruisnet | | | | | Geel | Blauw | Roze | | | | | | | | |
| Kruisnetmonitoring - vangstinspanning t.b.v. merken | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kruisnetmonitoring - terugvangstinspanning t.b.v. aanbodsbepaling | | | | | | | | | | | | | | | |
| Doortrekmeting fuik | | | | | | | | | | | | | | | |

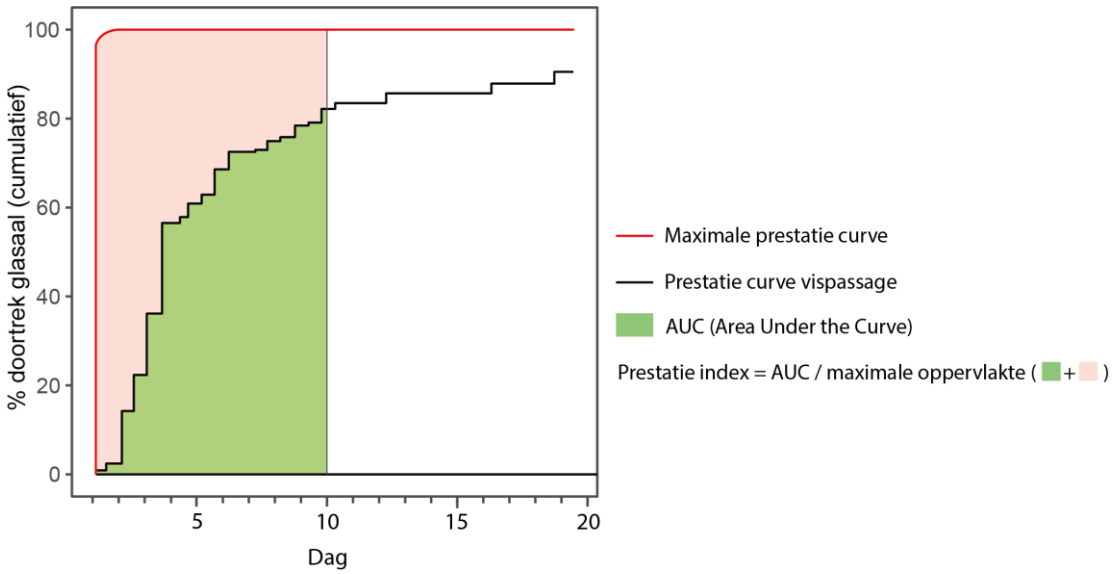
*** datum verspringt door start na middernacht**

*Figuur 2.11: Onderzoeksperiode per locatie met planning VIE-taggen inclusief gebruikte kleurcombinaties, kruisnetvisserij en doortrekmetingen.*

## 2.4 Prestatie index

De prestatie van een vispassage wordt niet bepaald door de absolute hoeveelheid vis die passeert, maar door het aandeel van het aanbod dat weet te passeren en hoeveel tijd hiervoor nodig is. Deze prestatie werd in Ploegaert et al. (2018) gevisualiseerd door een cumulatieve curve van het intrekpercentage (aandeel gemerkte individuen dat gepasseerd is op een gegeven tijdstip). Het beoordelen en vergelijken van het verloop van deze 'prestatiecurves' is echter deels kwalitatief. Om deze prestatiecurves van verschillende typen vismigratievoorzieningen te kunnen kwantificeren en daarmee goed te kunnen vergelijken is een prestatie index berekend. Hiervoor is de AUC (Area Under the Curve), oftewel oppervlak onder de grafiek van de 'prestatiecurve' bepaald (figuur 2.12). Deze prestatie index is vervolgens weer te geven als percentage van de maximaal haalbare prestatie (Prestatie Index (%) = (AUC/MaxAUC)*100). Het aandeel van het aanbod dat is gepasseerd op een gegeven tijdstip en de tijd die nodig was voor vissen om te passeren zijn in dit getal meegenomen. Dit betekent dat twee verschillende vispassages met beiden een intrekpercentage van 30% op dag 10, toch een andere prestatie

index kunnen hebben. Bij vispassage 1 is op dag 4 bijvoorbeeld al 30% gepasseerd en vlakt de intrek af, terwijl vispassage 2 gefragmenteerd vissen laat passeren en over 10 dagen geleidelijk naar de 30% intrek stijgt, waardoor de prestatie index lager uitvalt. In dit onderzoek bepalen we de prestatie index na 5, 10 en 14 dagen voor de intrek van glasaal en driedoornige stekelbaars. De prestatie index is voor het eerst toegepast bij het testen van de vispassages bij de gemalen Schore en Poppekinderen in 2019 (Ploegaert, 2020).




*Figuur 2.12: Prestatiecurve (% intrek (cumulatief)) vismigratievoorziening uitgezet tegen maximale prestatiecurve. Met de oppervlakte onder de curve (AUC) wordt de Prestatie Index bepaald als percentage van het maximaal haalbare resultaat. In deze index wordt het aandeel gemerkte vissen dat weet te passeren en de snelheid waarmee dit gebeurt meegenomen.*

# 3 Resultaten

## 3.1 Aanbod

### 3.1.1 Duiveland

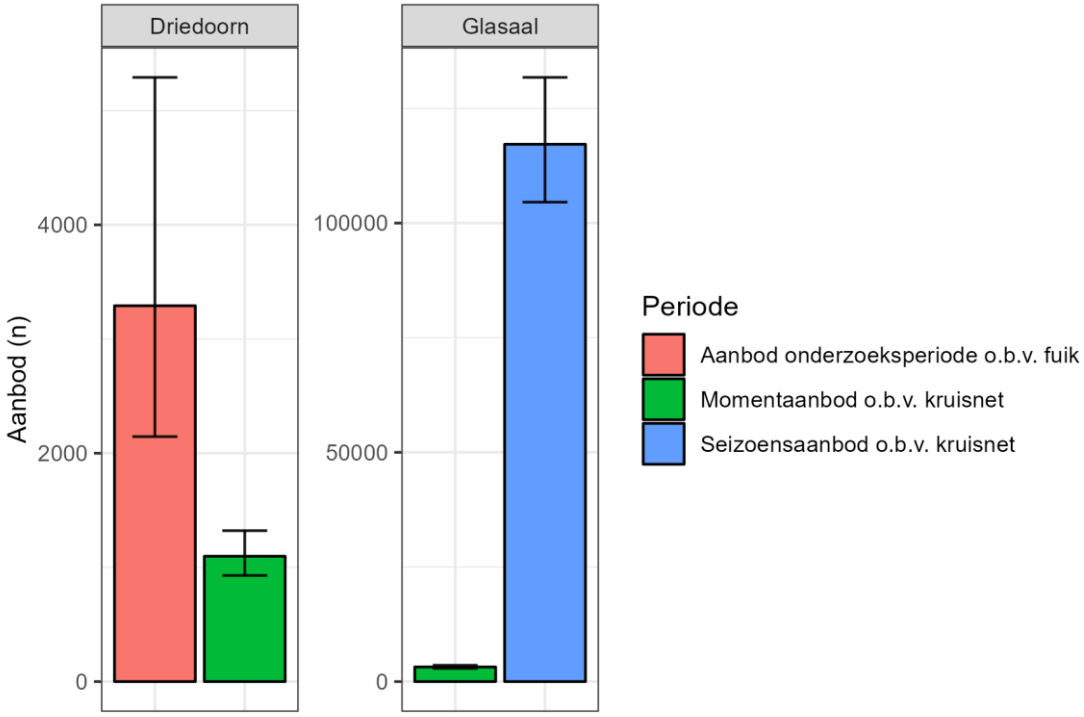
*Glasaal*
Het aanbod van glasaal bij Duiveland is op verschillende rekenwijzen en over verschillende periodes bepaald (figuur 3.1). In eerste instantie is het aanbod bepaald voor de periode van 9 dagen met intensieve terugvangstinspanning met kruisnetten (18 - 27 april) op basis van (terug)vangsten in het kruisnet. Dit momentaanbod betreft 3.191 glasalen (95% BI: 2.879 – 3.559). Daarnaast is het aanbod bepaald voor het gehele intrekseizoen (half februari t/m half juni) door het momentaanbod tijdens de periode met intensieve kruisnetvisserij te extrapoleren aan de hand van het lokale seizoensverloop van de glasaalintrek op basis van de kruisnetvangsten binnen 'Samen voor de Aal'. Het betreft 117.194 glasalen (95% BI: 104.576 – 131.781). Vanwege de mogelijkheid om op deze wijze het seizoensaanbod van glasaal te bepalen, is het bepalen van het aanbod tijdens de gehele onderzoeksperiode op basis van de fuikvangsten niet nodig om iets te kunnen zeggen over het glasaalaanbod over een langere periode.

Hiermee kan het aanbod in vergelijking met andere Zeeuwse gemalen als "zeer hoog" worden beschouwd. Bij gemaal De Noord, met voor Zeeland een relatief hoog aanbod, werd in 2021 een seizoensaanbod van ongeveer 69.202 glasalen berekend (Kooiman & Ploegaert, 2022). Gecorrigeerd naar het seizoensverloop van de glasaalintrek in Zeeland in 2024 (op basis van "Samen voor de Aal" (Spruijt et al., 2024)) komt dat neer op een seizoensaanbod van 59.358 bij De Noord tegenover een seizoensaanbod van 117.194 bij Duiveland in 2024 (bijna een factor 2 verschil).

Het relatief grote verschil tussen het moment- en seizoensaanbod komt doordat de Passagecheck op deze locatie plaatsvond na de piek van de glasaalintrek, zo bleek achteraf uit het lokale seizoensverloop op basis van "Samen voor de Aal" (Spruijt et al., 2024). Net als op veel andere locaties in Zeeland vond de piek van de glasaalintrek bij Duiveland relatief vroeg in het jaar plaats ten opzichte van andere monitoringsjaren, namelijk rond eind maart / begin april. Daarnaast waren de dichtheden voorafgaand aan de piek relatief hoog ten opzichte van de dichtheden na de piek. Tijdens de Passagecheck in de tweede helft van april waren de dichtheden die werden gevangen in de kruisnetmonitoring nog maar een fractie van de dichtheden in de weken daarvoor. Deze sterke afname van de dichtheden in korte tijd in combinatie met de beperkte intrek van glasaal via de vismigratievoorziening (zie paragraaf 3.2.1 en 3.3.1) wijzen erop dat veel van de glasaal die zich aandient op deze locatie ook weer snel verdwijnt voordat ze kunnen intrekken. Dit verdwijnen kan meerdere oorzaken hebben, zoals wegspoelen door stroming of windwerking, predatie, sterfte, of het staken van de migratie door uitputting of verlies van motivatie, maar het kan ook een actieve keuze zijn om verder te migreren.

*Driedoornige stekelbaars*
Het aanbod van driedoornige stekelbaars bij Duiveland is op verschillende rekenwijzen en over verschillende periodes bepaald (figuur 3.1). In eerste instantie is het aanbod bepaald voor de periode van 9 dagen met terugvangstinspanning met kruisnetten (18 - 27 april) op basis van (terug)vangsten in het kruisnet. Dit momentaanbod betreft 1.098 driedoornige stekelbaarzen (95% BI: 929 – 1.322). Daarnaast is het aanbod bepaald voor de periode waarin doortrekmetingen werden gedaan met de fuik (13 april tot 14 mei) op basis van de

(terug)vangsten in de fuik. Het betreft 3.292 driedoornige stekelbaarzen (95% BI: 2.146–5.292). Dit is de enige manier om voor deze soort het aanbod over een langere periode te bepalen met de beschikbare data. Vanwege het relatief grillige seizoensverloop van de intrek van driedoornige stekelbaars ten opzichte van glasaal, is extrapolatie aan de hand van het lokale seizoensverloop gebaseerd op basis van de kruisnetvangsten binnen 'Samen voor de Aal' namelijk geen geschikte optie, waardoor geen seizoensaanbod kan worden bepaald.




*Figuur 3.1: Aanbod van glasaal en driedoornige stekelbaars bij Duiveland gebaseerd op terugvangsten van gemerkte vissen. Foutbalken geven de 95% betrouwbaarheidsinterval weer (Binomial bij momentaanbod en Poisson bij aanbod onderzoeksperiode en seizoensaanbod).*

### 3.1.2 Prommelsluis

*Glasaal*

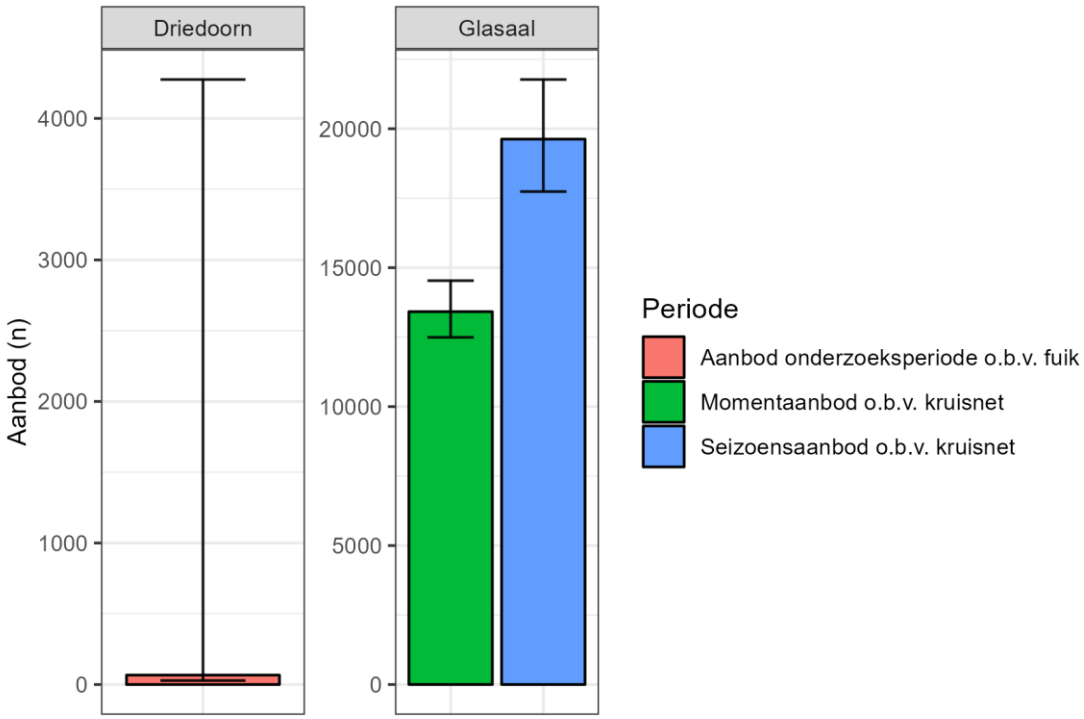
Het aanbod van glasaal bij Prommelsluis is op verschillende rekenwijzen en over verschillende periodes bepaald (figuur 3.2). In eerste instantie is het aanbod bepaald voor de periode van 9 dagen met intensieve terugvangstinspanning met kruisnetten (5 - 13 april) op basis van (terug)vangsten in het kruisnet. Dit momentaanbod betreft 13.418 glasalen (95% BI: 12.492 – 14.533). Daarnaast is het aanbod bepaald voor het gehele intrekseizoen (half februari t/m half juni) door het momentaanbod tijdens de periode met intensieve kruisnetvisserij te extrapoleren aan de hand van het lokale seizoensverloop van de glasaalintrek op basis van de kruisnetvangsten binnen 'Samen voor de Aal'. Het betreft 19.625 glasalen (95% BI: 17.739 – 21.771).

Hiermee kan het aanbod in vergelijking met andere Zeeuwse gemalen langs de Oosterschelde als "relatief laag" worden beschouwd. Bij andere gemalen langs de Oosterschelde (Duiveland; onderhavig onderzoek, Dekker; Kooiman et al., 2023, De Noord & Loohoek; Kooiman & Ploegaert, 2022) varieerde het seizoensaanbod van ongeveer 28.436 tot 117.194 glasalen, met

een gemiddelde van 58.619 glasalen (waar nodig geschaald naar het seizoensverloop van de glasaalintrek in Zeeland in 2024 op basis van Samen voor de Aal (Spruijt et al., 2024)).

Het relatief kleine verschil tussen het moment- en seizoensaanbod komt doordat de Passagecheck op deze locatie precies plaatsvond tijdens de piek van de glasaalintrek, zo bleek achteraf uit het lokale seizoensverloop op basis van "Samen voor de Aal" (Spruijt et al., 2024).

*Driedoornige stekelbaars*
Vanwege het ontbreken van terugvangsten in de kruisnetten, is het aanbod van driedoornige stekelbaars bij Prommelsluis alleen bepaald voor de periode waarin doortrekmetingen werden gedaan met de fuik (31 maart tot 6 mei) op basis van de (terug)vangsten in de fuik. Het betreft 67 driedoornige stekelbaarzen (95% BI: 28 – 4.275). Hierbij dient wel te worden vermeld dat dit gebaseerd is op een zeer beperkte (terug)vangst, wat leidt tot een hoge mate van onzekerheid (zie zeer ruime betrouwbaarheidsinterval).

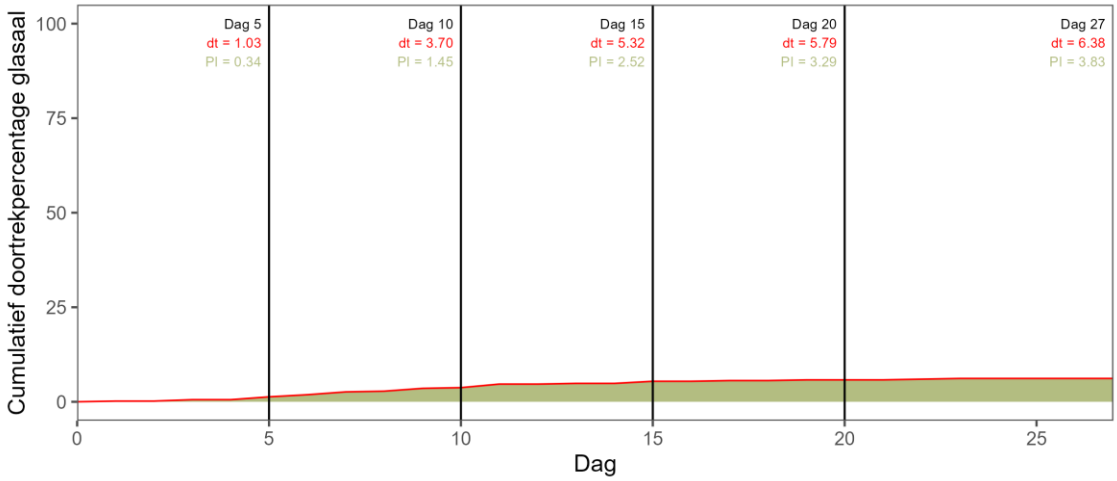



*Figuur 3.2: Aanbod van glasaal en driedoornige stekelbaars bij Prommelsluis gebaseerd op terugvangsten van gemerkte vissen. Foutbalken geven de 95% betrouwbaarheidsinterval weer (Normal Approximation bij momentaanbod, Binomial bij aanbod onderzoekperiode en Poisson bij seizoensaanbod).*

## 3.2 Doortrekefficiëntie

### 3.2.1 Duiveland

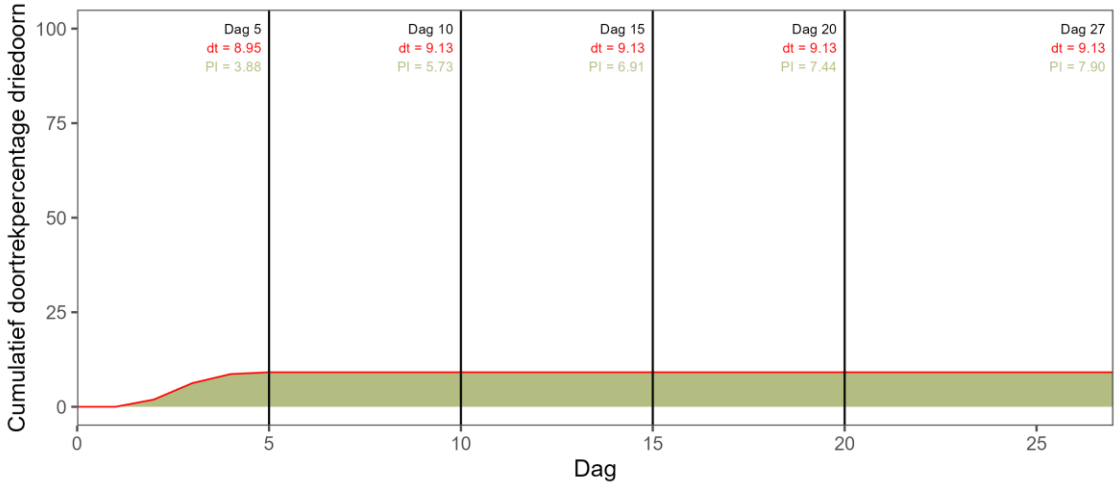
*Glasaal*
De intrek van glasaal bij Duiveland verliep traag (figuur 3.3). Na 15 dagen was het doortrekpercentage 5,32% (PI: 2,52). Na verloop van tijd nam de snelheid van de intrek af, maar er bleef wel intrek plaatsvinden tot bijna aan het einde van de doortrekmetingen (dag 27). Er werd uiteindelijk een doortrekpercentage van 6,38% bereikt (PI: 3,83).




*Figuur 3.3: Cumulatief intrekpercentage van succesvol ingetrokken gemerkte glasalen bij Duiveland. Op dag 5, 10, 15, 20 en 27 zijn het cumulatieve intrekpercentage (dt) en de Prestatie Index (PI) weergegeven.*

*Driedoornige stekelbaars*

De intrek van driedoornige stekelbaars bij Duiveland kwam snel op gang, maar stagneerde vervolgens ook snel (figuur 3.4). Al tussen de 5 en 6 dagen was het maximale doortrekpercentage van 9,13% bereikt. Op dag 15 was de PI 7,90.



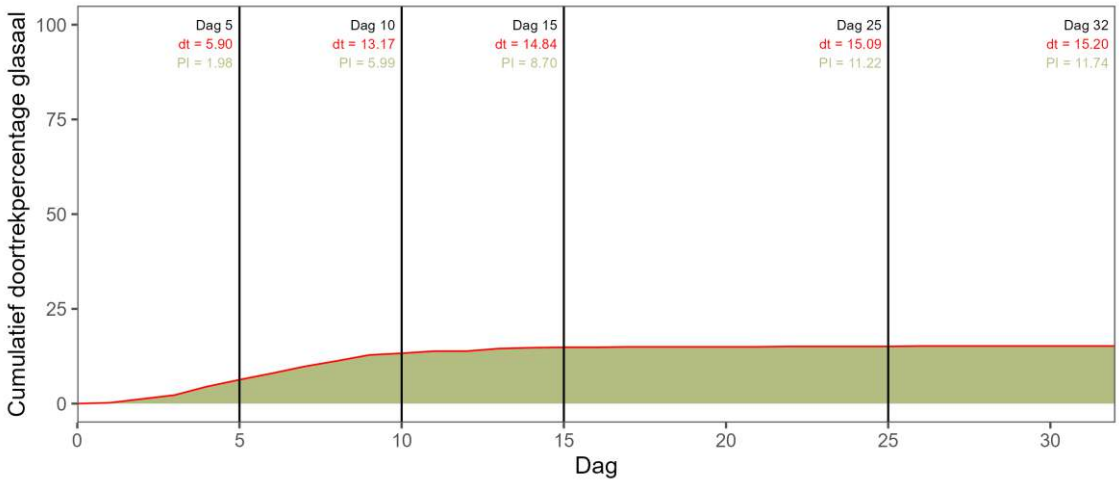

*Figuur 3.4: Cumulatief intrekpercentage van succesvol ingetrokken gemerkte driedoornige stekelbaarzen bij Duiveland. Op dag 5, 10, 15, 20 en 27 zijn het cumulatieve intrekpercentage (dt) en de Prestatie Index (PI) weergegeven.*

### 3.2.2 Prommelsluis

*Glasaal*

De intrek van glasaal bij Prommelsluis verliep traag (figuur 3.5). Na 9 dagen vlakte de intrekcurve af. Het intrekpercentage was op dat moment 12,84%. Na 15 dagen was het doortrekpercentage 14,84% (PI: 8,70). Tijdens de Passagecheck in 2018 lag het doortrekpercentage na 15 dagen met +/- 15% in dezelfde orde van grootte (Ploegaert et al., 2018). Er bleef wel intrek plaatsvinden tot bijna aan het einde van de doortrekmetingen (dag

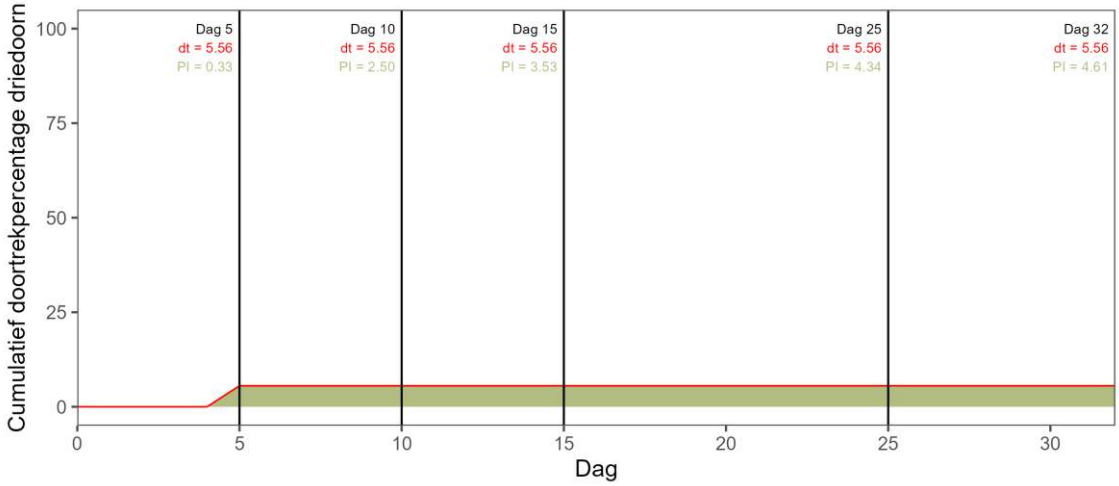
32), zij het in zeer beperkte mate. Er werd uiteindelijk een doortrekpercentage van 15,20% bereikt (PI: 11,74).




*Figuur 3.5: Cumulatief intrekpercentage van succesvol ingetrokken gemerkte glasalen bij Prommelsluis. Op dag 5, 10, 15, 25 en 32 zijn het cumulatieve intrekpercentage (dt) en de Prestatie Index (PI) weergegeven.*

*Driedoornige stekelbaars*

Bij Prommelsluis trok 1 van de 18 gemerkte driedoornige stekelbaarzen na ongeveer 5 dagen in (figuur 3.6). Daarmee werd meteen het maximale doortrekpercentage van 5,56% bereikt. Op dag 15 is de PI 3,53. Gezien het beperkte aantal losgelaten gemerkte driedoornige stekelbaarzen in 2024, en daarmee ook de beperkte terugvangst, is het echter nagenoeg onmogelijk om op basis van de getallen uit dit jaar harde uitspraken te doen over het verloop van de intrek van deze soort. Tijdens de Passagecheck in 2018, waarbij wel voldoende (terug)vangsten van driedoornige stekelbaars werden geboekt voor een betrouwbaar beeld, lag het doortrekpercentage na 15 dagen met +/- 5,8% wel in dezelfde orde van grootte als in 2024 (Ploegaert et al., 2018).



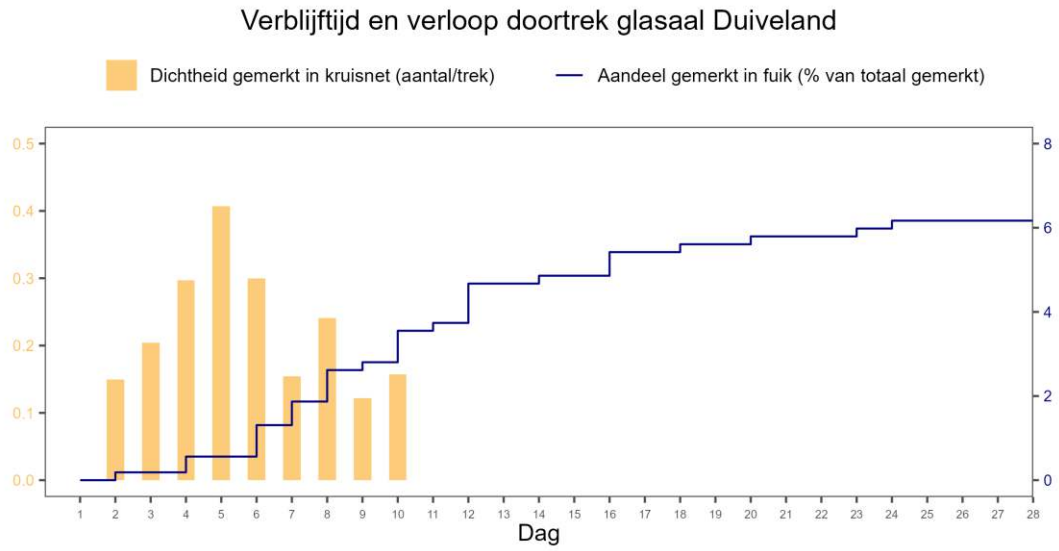

*Figuur 3.6: Cumulatief intrekpercentage van succesvol ingetrokken gemerkte driedoornige stekelbaarzen bij Prommelsluis. Op dag 5, 10, 15, 25 en 32 zijn het cumulatieve intrekpercentage (dt) en de Prestatie Index (PI) weergegeven.*

## 3.3 Verblijftijd

### 3.3.1 Duiveland

*Glasaal*

Gedurende de eerste 4 dagen van het onderzoek verliep de intrek van glasaal zeer traag en liep de dichtheid van gemerkte glasalen in de kruisnetten aan de voorzijde van het gemaal op (figuur 3.7). Vanaf dag 5 versnelde de intrek enigszins en begon de dichtheid van gemerkte glasalen in de kruisnetten aan de voorzijde van het gemaal af te nemen. Op de laatste paar kruisnetdagen werden nog gemerkte glasalen gevangen in de kruisnetten aan de voorzijde van het gemaal, maar wel in relatief lage dichtheden ten opzichte van een aantal dagen daarvoor. Na dag 11 vlakte de intrekcurve licht af, waarna het doortrekpercentage na 27 dagen uiteindelijk uit kwam op 6,38%. Daarmee trekt een aanzienlijk aandeel van de gemerkte glasalen niet in via de vismigratievoorziening, en lijkt ook niet langdurig actief aanwezig te blijven aan de voorzijde van het gemaal. Dit wijst op een relatief korte verblijftijd en hoge uitflux van glasalen bij Duiveland. Met uitflux wordt het verlies van glasaal bedoelt, ofwel het verdwijnen van glasaal die zich op deze locatie aandient voordat deze kan intrekken. Dit verdwijnen kan meerdere oorzaken hebben, zoals wegspoelen door stroming of windwerking, predatie, sterfte, of het staken van de migratie door uitputting of verlies van motivatie, maar het kan ook een actieve keuze zijn om verder te migreren.

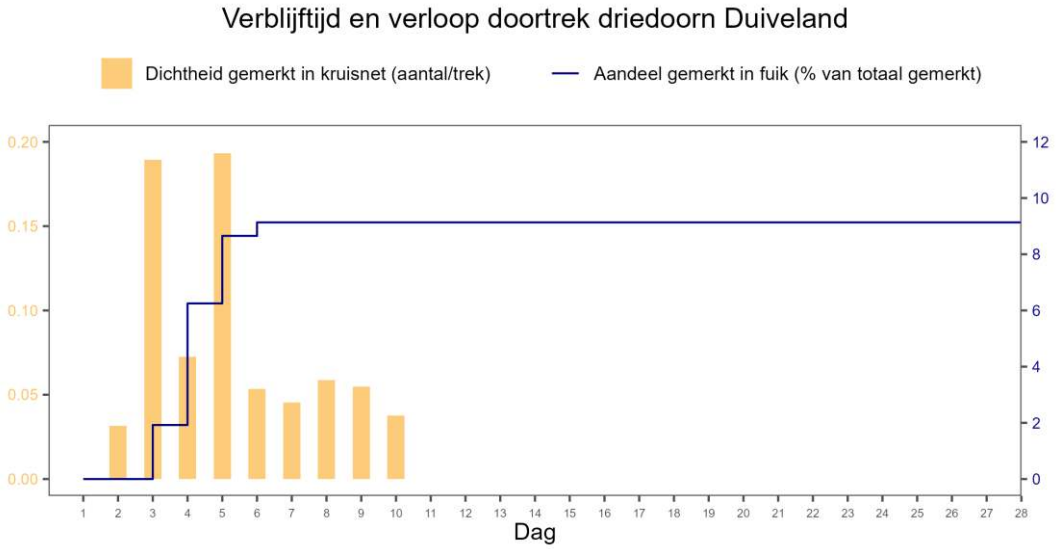



*Figuur 3.7: Cumulatief aandeel gemerkte glasalen (percentage van totaal gemerkt) dat succesvol de vismigratievoorziening bij gemaal Duiveland is gepasseerd (blauw) en de dichtheid gemerkte individuen in de kruisnetvangst (aantal/trek) aan de voorzijde van het gemaal (geel). Kruisnetmetingen werden verricht tot en met dag 9.*

*Driedoornige stekelbaars*

Tijdens de eerste 4 dagen, waarin ook de meeste intrek plaatsvond, wisselde de dichtheid van driedoornige stekelbaarzen in de kruisnetten aan de voorzijde van het gemaal sterk (figuur 3.8). Vanaf dag 5 stagneerde de doortrek en stabiliseerde de dichtheid van driedoornige stekelbaarzen in de kruisnetten aan de voorzijde van het gemaal. De dichtheden waren daarbij gemiddeld genomen wel beduidend lager dan tijdens de eerste 4 dagen. Het maximale doortrekpercentage bleef steken op 11,13%. Daarmee trekt een aanzienlijk aandeel van de gemerkte driedoornige stekelbaarzen niet in via de vismigratievoorziening, en lijkt ook niet langdurig actief aanwezig te blijven aan de voorzijde van het gemaal. Dit wijst voorzichtig op een

relatief korte verblijftijd en hoge uitflux van driedoornige stekelbaarzen bij Duiveland. Deze voorzichtigheid is nodig vanwege het scholingsgedrag van driedoornige stekelbaars, wat kan leiden tot grilligheden in de vangsten, en daarmee een hoge mate van onzekerheid rondom de resultaten.

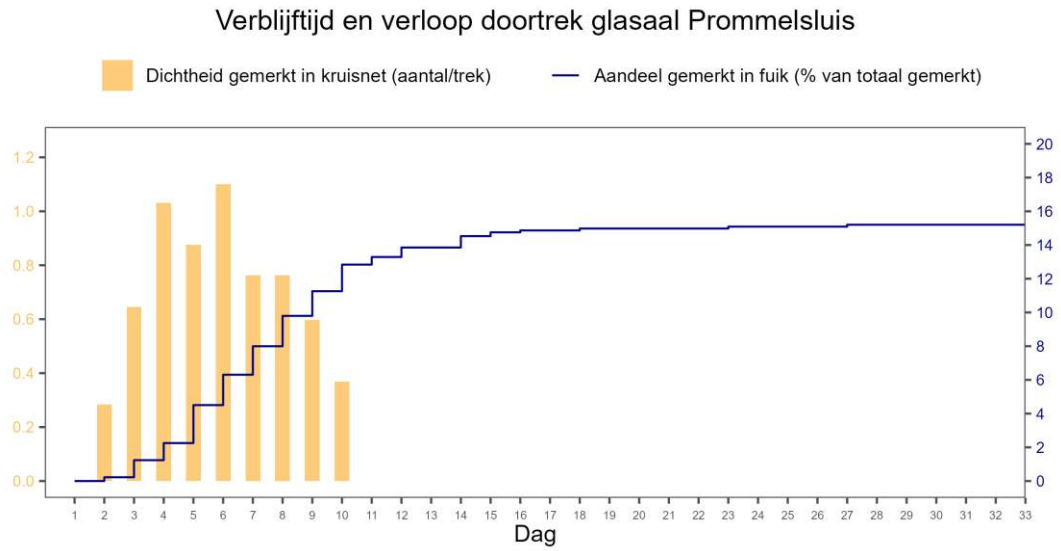



*Figuur 3.8: Cumulatief aandeel gemerkte driedoornige stekelbaarzen (percentage van totaal gemerkt) dat succesvol de vismigratievoorziening bij gemaal Duiveland is gepasseerd (blauw) en de dichtheid gemerkte individuen in de kruisnetvangst (aantal/trek) aan de voorzijde van het gemaal (geel). Kruisnetmetingen werden verricht tot en met dag 9.*

### 3.3.2 Prommelsluis

*Glasaal*

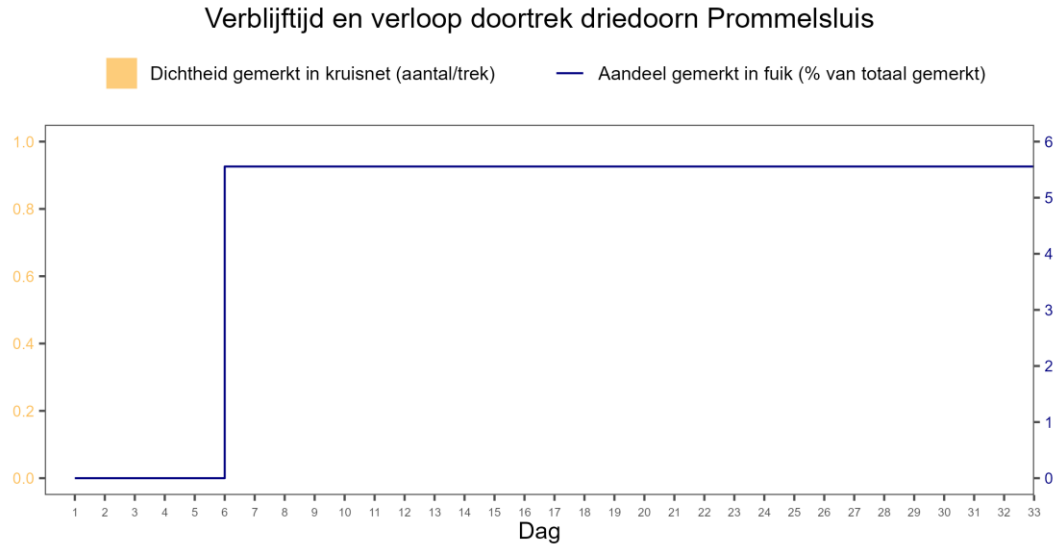
Gedurende de eerste 9 dagen van het onderzoek verliep de intrek van glasaal gestaag. De dichtheid van gemerkte glasalen in de kruisnetten aan de voorzijde van het gemaal liep gedurende de eerste 3 dagen op, en na 5 dagen weer naar beneden (figuur 3.9). Op de laatste paar kruisnetdagen werden nog gemerkte glasalen gevangen in de kruisnetten aan de voorzijde van het gemaal, maar wel in relatief lage dichtheden ten opzichte van een aantal dagen daarvoor. Na afloop van het kruisnetten vlakte de intrekcurve af, waarna het doortrekpercentage na 32 dagen uiteindelijk uit kwam op 16,16%. Daarmee trekt een aanzienlijk aandeel van de gemerkte glasalen niet in via de vismigratievoorziening, en lijkt ook niet langdurig actief aanwezig te blijven aan de voorzijde van het gemaal. Dit wijst op een relatief korte verblijftijd en hoge uitflux van glasalen bij Prommelsluis. Met uitflux wordt het verlies van glasaal bedoelt, ofwel het verdwijnen van glasaal die zich op deze locatie aandient voordat deze kan intrekken. Dit verdwijnen kan meerdere oorzaken hebben, zoals wegspoelen door stroming of windwerking, predatie, sterfte, of het staken van de migratie door uitputting of verlies van motivatie.




*Figuur 3.9: Cumulatief aandeel gemerkte glasalen (percentage van totaal gemerkt) dat succesvol de vismigratievoorziening bij gemaal Prommelsluis is gepasseerd (blauw) en de dichtheid gemerkte individuen in de kruisnetvangst (aantal/trek) aan de voorzijde van het gemaal (geel). Kruisnetmetingen werden verricht tot en met dag 9.*

*Driedoornige stekelbaars*

Vanwege het ontbreken van de terugvangsten van driedoornige stekelbaarzen in het kruisnet aan de voorzijde van het gemaal en de beperkte intrek van gemerkte individuen via de vismigratievoorziening (n=1), wat in ieder geval deels het gevolg is van het beperkte aantal losgelaten gemerkte driedoornige stekelbaarzen (n=18), is het niet mogelijk om uitspraken te doen over de verblijftijd en uitflux.




*Figuur 3.10: Cumulatief aandeel gemerkte driedoornige stekelbaarzen (percentage van totaal gemerkt) dat succesvol de vismigratievoorziening bij gemaal Duiveland is gepasseerd (blauw) en de dichtheid gemerkte individuen in de kruisnetvangst (aantal/trek) aan de voorzijde van het gemaal (geel). Kruisnetmetingen werden verricht tot en met dag 9.*

# 4 Knelpunten + aanbevelingen

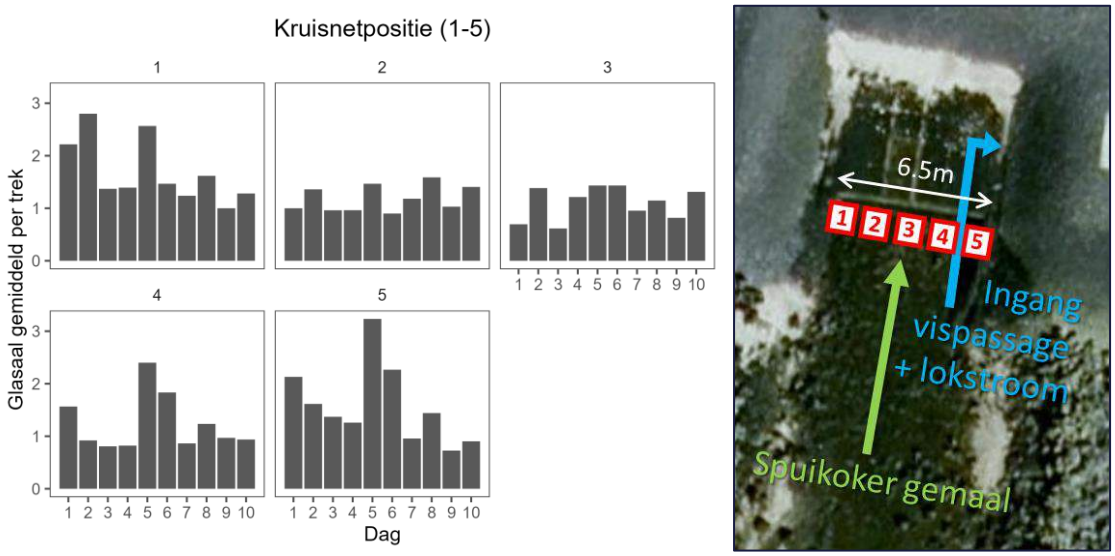
In dit hoofdstuk worden mogelijke knelpunten geïdentificeerd in het functioneren van de vismigratievoorzieningen. Dit gebeurt aan de hand van de resultaten van de vangstgegevens die inzicht geven in mogelijke knelpunten (en die hier tevens worden besproken), de stroomsnelheidsmetingen en de observaties van gedrag met een onderwatercamera. Daarnaast wordt de mogelijke invloed van het habitat aan de voorzijde van de vismigratievoorzieningen op de doortrekefficiëntie besproken. Verder worden aanbevelingen gedaan om de knelpunten op te heffen of te mitigeren.

## 4.1 Vismigratievoorziening Duiveland

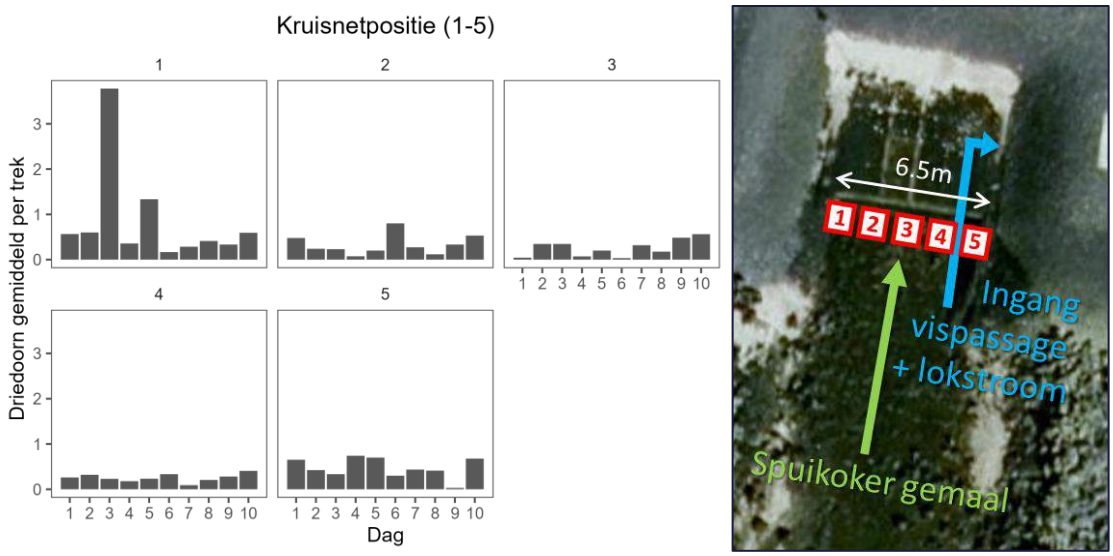
### 4.1.1 Lokkende werking

*Keerstroom en zoetwaterbel aan tegenovergestelde zijde van uitstroomopening*

Figuur 4.1 geeft een overzicht van het gemiddelde aantal glasalen per trek per dag per kruisnetpositie aan de voorzijde van het gemaal. Hierin is te zien dat gemiddeld genomen de hoogste dichtheden werden gevangen op posities 1 en 5. Dezelfde weergave voor driedoornige stekelbaars laat in grote lijnen een vergelijkbaar beeld zien met gemiddeld genomen ook de hoogste dichtheden op posities 1 en 5 (figuur 4.1). Positie 5 bevond zich het dichtst bij de ingang van de vismigratievoorziening. Positie 1 bevond zich het verst van de ingang van de vismigratievoorziening. De relatief hoge dichtheden op positie 5 wijzen op een goede lokkende werking van de vismigratievoorziening op kleine schaal, ware het niet dat gemiddeld genomen de hoogste dichtheden van beide doelsoorten werden gemeten op de positie die het verst van de ingang van de vismigratievoorziening vandaan ligt, aan de tegenovergestelde zijde van de uitstroom van het gemaal. Waarschijnlijk bevindt zich hier een keerstroom en zoetwaterbel doordat het zoete water van de lokstroom hier tegen de wand van de uitstroom van het gemaal botst. Dit zorgt waarschijnlijk voor een lokkende werking op beide doelsoorten, die afdoet aan de lokkende werking van de vismigratievoorziening.




*Figuur 4.1: Het gemiddelde aantal glasalen per trek per dag per kruisnetpositie bij gemaal Duiveland.*




*Figuur 4.2: Het gemiddelde aantal driedoornige stekelbaarzen per trek per dag per kruisnetpositie bij gemaal Duiveland.*

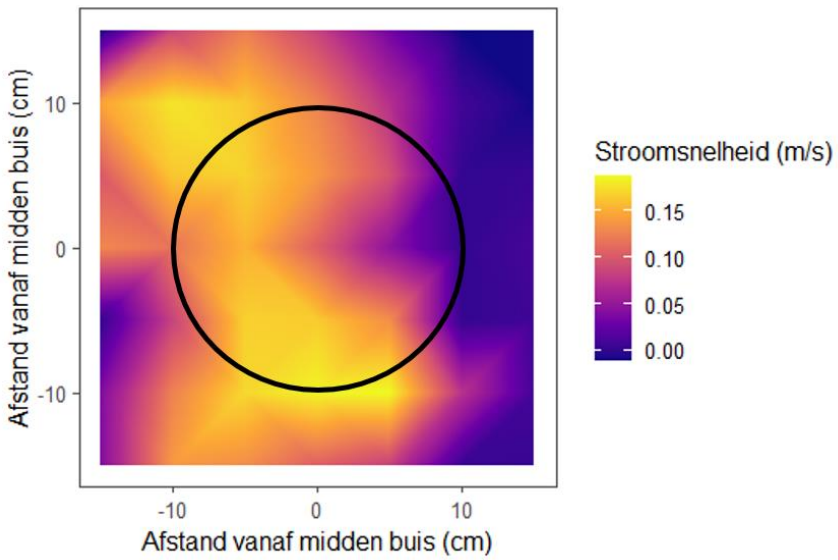
*Plaatsen betonnen wand tussen kokers gemaal*

Dit knelpunt kan mogelijk worden gemitigeerd door het plaatsen van een betonnen tussenwand tussen de beide uitstroomkokers van het gemaal, onder het rooster boven de uitstroomopening (zoals gebruikelijk bij veel andere gemalen in de regio). Dit zal nog steeds zorgen voor een vergelijkbare situatie met keerstroom en zoetwaterbel doordat het water hier tegenop botst, maar dan aanzienlijk dichter bij de opening van de vismigratievoorziening dan voorheen, waardoor de kans groter wordt dat vissen deze alsnog weten te vinden. De afstand van de opening van de vismigratievoorziening tot aan de zijwand bedraagt nu +/- 6,5 m. Het plaatsen van een betonnen tussenwand zou deze afstand ongeveer halveren. Dit komt aanzienlijk dichter in de buurt van de afstand die zich doorgaans tussen de opening van de vismigratievoorziening en de betonnen tussenwand in bevindt bij vergelijkbare gemalen in de regio. Bij Loohoek en De Noord is deze afstand bijvoorbeeld +/- 2,5 m. Op beide locaties werden, naast de directe voorzijde van de vispassage, ook relatief hoge dichtheden van glasaal gemeten tegen deze tussenwand (Kooiman & Ploegaert, 2022).

### 4.1.2 Lokstroom

*Stroomsnelheid te hoog*

Stroomsnelheidsmetingen voor de ingang van de vismigratievoorziening laten zien dat de stroomsnelheid van de lokstroom hier op veel plaatsen aanzienlijk hoger was dan de streefwaarde van 0,1 m/s die vaak wordt gehanteerd voor glasaal (figuur 4.3). Mogelijk ondervindt glasaal hierdoor hinder bij het betreden van de verzamelbak. Uit een experiment met een mobiele glasaalmonitoringsmodule bij gemaal 't Sas (Schiphouwer et al., 2021) is echter bekend dat het voor glasalen niet onmogelijk is om bij stroomsnelheden van >0,1 m/s te passeren.




*Figuur 4.3: De stroomsnelheden aan de directe buitenzijde van de vismigratievoorziening ter hoogte van de ronde inzwemopening (aangegeven met de zwarte cirkel).*

*Sprake van gelaagdheid*

Onderwaterbeelden laten een sterke gelaagdheid van de lokstroom zien, waarbij de relatief zoete lokstroom vooral langs de bovenzijde van de buis naar buiten stroomt over het relatief zoute water heen (figuur 4.4). Op de onderwaterbeelden is ook zichtbaar hoe het merendeel van de glasalen langs de bovenzijde van de buis tegen deze zoete lokstroom in de vismigratievoorziening probeerden te betreden, maar dat dit niet lukte omdat ze wegspoelden door de sterke stroming die hier heerste. Vergelijkbare situaties werden tijdens eerdere Passagechecks ook waargenomen bij gemaal Loohoek (Ploegaert et al., 2018; Kooiman & Ploegaert, 2022). De glasalen die daadwerkelijk de buis ingingen deden dit via de relatief zoute waterlaag onderin de buis. Van een naar binnen gerichte beweging van de relatief zoute onderlaag in de buis tussen de verzamelbak en de Oosterschelde, onder de naar buiten stromende relatief zoete bovenlaag van de lokstroom door was, in tegenstelling tot bij Loohoek, echter geen sprake.

De stroomsnelheidsmetingen, die op een ander moment werden uitgevoerd dan het maken van de filmbeelden, laten daarentegen geen gelaagdheid zien van de lokstroom als gevolg van het dichtheidsverschil tussen het relatief zoete water van de lokstroom en het relatief zoute water van de Oosterschelde. Waarschijnlijk komt dit doordat het gemaal kort voordat de stroomsnelheidsmetingen werden uitgevoerd in bedrijf was geweest, waardoor het water voor het gemaal op het moment van de stroomsnelheidsmetingen relatief zoet was. Het is aannemelijk dat stroomsnelheden ter hoogte van de bovenzijde van de buis in een gelaagde situatie nog sterker zijn dan gemeten tijdens de stroomsnelheidsmetingen, als gevolg van een kleiner oppervlak waarover de lokstroom naar buiten stroomt.




*Figuur 4.4: Onderwaterbeeld van de ingang van de vismigratievoorziening, waarop duidelijk de gelaagdheid van het water in de buis zichtbaar is (een relatief zoete en troebel ogende waterlaag van de lokstroom bovenin de buis, en een relatief zoute helder ogende waterlaag onderin de buis), en een glasaal die langs de bovenzijde van de buis tegen de zoete lokstroom in de vismigratievoorziening probeert binnen te zwemmen (Beeld: Jisk van den Ende).*

### *Plaatsen flowmeter in lokstroomleiding + toepassen grotere, vierkante uitstroombuis*

Er zijn verschillende mogelijkheden om dit knelpunt aan te pakken. Zo kan er gebruik worden gemaakt van een flowmeter in de lokstroomleiding tussen de polder en de verzamelbak. Dit maakt het mogelijk om de stroming door deze leiding te monitoren en indien nodig het lokstroomdebiet te corrigeren, zodat de streefwaarde van +/- 0,1 m/s gehandhaafd blijft. Verder kan gebruik worden gemaakt van een grotere, vierkante uitstroombuis tussen de verzamelbak en de voorzijde van het gemaal (in plaats van een ronde), waardoor de uitstroomsnelheid van de zoetere waterlaag afneemt (grotere diameter en groter oppervlak waarover zoet water uitstroomt aan de bovenzijde) en glasaal meer rechtstreeks tegen de zoete lokstroom waarop deze zich oriënteert in kan migreren. Deze laatste maatregel heeft ook als voordeel dat de stroomsnelheid van de lokstroom geremd wordt zonder daarbij het lokstroomdebiet te verkleinen, waardoor de lokkende werking van de vismigratievoorziening niet wordt aangetast. De bovengenoemde aanpassingen zijn geïmplementeerd in het ontwerp van de migratievoorziening bij De Noord en dragen bij aan het goede functioneren hiervan (Kooiman & Ploegaert, 2022).

### *Aanbrengen van 'stepping stones' in uitstroombuis*

Een andere mogelijkheid voor het aanpakken van dit knelpunt betreft het aanbrengen van substraat in de uitstroombuis. Toepassing van substraat in uitstroombuis kan glasaal faciliteren om te migreren bij hogere stroomsnelheden. Glasalen gebruiken het substraat dan als het ware als 'stepping stones' om de buis binnen te komen. Dit is bijvoorbeeld zichtbaar bij De Noord. Hier is een ophoping van grind en schelpen aanwezig die vanaf de bodem van de uitstroom van het gemaal omhoog loopt in de richting van de uitstroomopening van de migratievoorziening. Onderwaterbeelden laten zien dat glasalen in hoge frequentie via dit substraat de verzamelbak weten te betreden (Kooiman & Ploegaert, 2022). Het substraat bestaat bij voorkeur uit borstelmatten, die zowel aan de boven- als onderzijde over de gehele lengte van de

uitstroombuis zijn aangebracht. Mogelijk zijn ook minder onderhoudsintensieve alternatieven een optie, zoals bijvoorbeeld een noppenstructuur. Hierdoor kan gerichte migratie op de zoete lokstroom, die voornamelijk langs de bovenzijde van de buis uitstroomt, beter worden gefaciliteerd. Daarnaast kan substraat in de uitstroombuis voor extra weerstand zorgen, waardoor de uitstroomsnelheid minstens wordt getemperd. Verder kan de toepassing van substraat in uitstroombuis ervoor zorgen dat zoet en zout water beter mengen, met minder gelaagdheid en rustigere omstandigheden in de uitstroombuis tot gevolg.

Bij toepassing van substraat in de huidige situatie bij Duiveland dient wel een belangrijke kanttekening te worden geplaatst. Het relatief beperkte oppervlak van de opening van de uitstroombuis kan door het substraat nog verder worden beperkt, waardoor de uitstroomsnelheid verder toeneemt. Om dit te compenseren zouden de pompdebieten naar beneden bijgesteld moeten worden. Dit zou kunnen leiden tot problemen met lucht in de hevelleiding, zoals eerder het geval was bij Loohoek (Kooiman & Ploegaert, 2022). Daarnaast is de aanzuiging van de hevel in de huidige situatie al relatief beperkt, wat waarschijnlijk een belangrijk knelpunt bij het transport vanuit de verzamelbak richting de polder vormt (zie paragraaf 4.1.4). Verder zou dit de lokkende werking van de vismigratievoorziening verkleinen. De eerder genoemde aanbevelingen, waaronder het plaatsen van een grotere, vierkante uitstroombuis, hebben daarom prioriteit.

Verder dient bij het toepassen van substraat in de uitstroombuis rekening te worden gehouden met de ontwikkeling van aangroei, waardoor onderhoud altijd een rol speelt. Om onderhoud eenvoudiger te maken, kan bij het toepassen van substraat gebruik worden gemaakt van een uitneembare slede. Wellicht is dit zo eenvoudig in te richten dat, naast medewerkers van het Waterschap, ook de vrijwilligers die betrokken zijn bij de kruisnetmonitoring van ‘Samen voor de Aal’ (Spruijt et al., 2024) en die tweemaal per week op locatie zijn tijdens het intrekseizoen, dit systeem kunnen controleren en schoonmaken. Ten slotte wordt bij de toepassing van kunstmatig substraat geadviseerd om de werking hiervan goed te testen. De toepassing van substraat kan mogelijk leiden tot veranderingen in stroming die om optimalisatie van de instellingen van de migratievoorziening of het substraat vragen. De werking van het substraat kan wordt bij voorkeur in de praktijk getest.

*Pomp storings- en onderhoudsgevoelig*

Lokstroompompen zijn storings- en onderhoudsgevoelig. Dit heeft al bij meerdere vispassages voor langdurige storingen gezorgd tijdens het intrekseizoen. Zo hield ook de lokstroompomp bij Duiveland er in de aanloop naar deze Passagecheck mee op. Gelukkig is de lokstroompomp van de vismigratievoorziening bij het nabijgelegen gemaal Loohoek identiek, en was hier een reservepomp aanwezig die bij Duiveland kon worden ingezet. Zonder lokstroom functioneert een vismigratievoorziening niet.

*Zorgen voor beschikbaarheid reservepomp*

De beschikbaarheid van een reservepomp is cruciaal en kan voorkomen dat de vismigratievoorziening langere tijd niet functioneert tijdens het migratieseizoen.

### 4.1.3 Verzamelbak

*Sprake van gelaagdheid + migratie meer een kansproces dan gericht*

Het slecht mengen van zoet en zout water bij Duiveland zorgt er waarschijnlijk voor dat het zoete water zich vooral bovenin de verzamelbak bevindt. Hierdoor zal glasaal zich ook in de bovenste

waterlaag concentreren, terwijl de ingang van de hevel naar de polder welke migratie moet faciliteren, zich in de onderste waterlaag bevindt (zodat deze altijd voldoende onder water staat onafhankelijk van het getij). Het is nu voornamelijk glasaal die na verloop van tijd per toeval langs de ingang van de hevelbuis wordt gespoeld die zal migreren. Migratie via de hevel is daarmee meer gebaseerd op kans dan op rechtstreekse gerichte migratie. Dit is ook het geval bij Loohoek en De Noord (Kooiman & Ploegaert, 2022). Volledig zelfstandige, gerichte migratie zou het meest effectief zijn. Echter, in de situatie waarbij glasaal eerst gericht tegen de zoete lokstroom in migreert om de verzamelbak te betreden en direct daarna passief met de stroming mee de dijk over moet, kan het verbeteren van dit kansproces een goede optie zijn.

*Creëren van meer turbulentie in verzamelbak*

Een mogelijkheid om het kansproces te optimaliseren zou het creëren van meer turbulentie in de verzamelbak kunnen zijn. Dit kan door middel van het vergroten van het lokstroomdebiet. Bij De Noord werden in 2021 (Kooiman & Ploegaert, 2022) aanzienlijk turbulentere omstandigheden gemeten (gemiddelde standaarddeviatie stroomsnelheidsmetingen als maat voor turbulentie 0,11 m/s) dan in de verzamelbak bij Duiveland (gemiddelde standaarddeviatie stroomsnelheidsmetingen als maar voor turbulentie 0,04 m/s). Meer turbulentie vergroot de kans dat glasaal langs de ingang van de hevelbuis onderin de verzamelbak wordt gespoeld. Naast het bevorderen van het kansproces zorgt meer turbulentie in de verzamelbak ervoor dat zoet en zout water beter worden gemengd, resulterend in een minder sterke gelaagdheid van de uitstroom en daarmee rustigere omstandigheden bij de uitstroombuis richting de voorzijde van het gemaal. Dit bevordert de intrekmogelijkheid naar de verzamelbak.

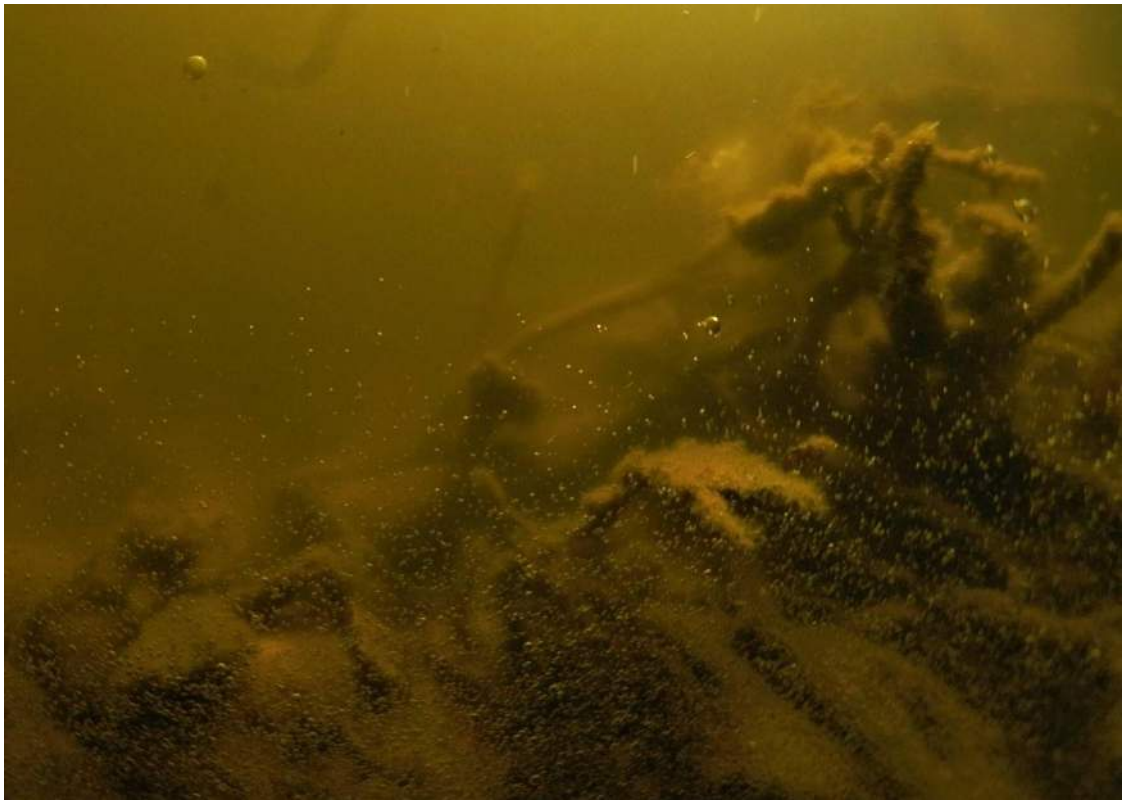
Bij het vergroten van het lokstroomdebiet in de huidige situatie bij Duiveland dient wel een belangrijke kanttekening te worden geplaatst. Aangezien de stroomsnelheid van de lokstroom op dit moment een mogelijk knelpunt is bij het betreden van de verzamelbak, wordt aangeraden om eerst de maatregelen voor het mitigeren van dit knelpunt door te voeren (zie paragraaf 4.1.2).

*Vergroten aanzuiging hevel over groter deel waterkolom*

Een mogelijkheid waarmee het migratie kansproces in de verzamelbak in een gelaagde situatie waarschijnlijk kan worden versneld, is het vergroten van de aanzuiging van de hevel over een groter deel van de waterkolom. Een andere optie is het toepassen van een beweegbaar eindstuk van de hevelbuis dat door middel van vlotter mee kan bewegen met het getij, waardoor de ingang van de hevel zich altijd in de bovenste waterlaag van de verzamelbak bevindt, waar zich in een gelaagde situatie ook de meeste glasaal zal concentreren.

*Aanwezigheid van puin en aangroei*

Op de bodem van de verzamelbak is puin aanwezig in de vorm van o.a. stenen, en aangroei van o.a. mosdieren (figuur 4.5). Dit laatste geldt hier en daar ook voor de wanden van de verzamelbak. Glasalen gebruiken deze om in te schuilen, waardoor de kans aanzienlijk kleiner wordt dat ze vanuit de verzamelbak via de hevelleiding naar polder worden getransporteerd tijdens het migratie kansproces (zie paragraaf 4.1.3) wat zich hier afspeelt. Een vispassage waarvan de werking is gebaseerd op een kansproces kan nauwelijks functioneren bij de aanwezigheid van schuilmogelijkheden.



*Figuur 4.5: Onderwaterbeeld van de bodem van de verzamelbak, waarop duidelijk de aanwezigheid van puin en aangroei zichtbaar is waar glasaal in kan schuilen (Beeld: Jisk van den Ende).*

*Verwijderen puin en aangroei door middel van regulier onderhoud*

Door middel van regulier onderhoud aan de verzamelbak kan de ophoping van puin en het ontstaan van aangroei tijdig worden aangepakt. Bij beperkte schuilmogelijkheden voor glasalen zullen deze door de verzamelbak heen blijven spoelen, wat de kans aanzienlijk vergroot dat ze langs de ingang van de hevelbuis komen en vanuit de verzamelbak naar de polder worden getransporteerd.

### 4.1.4 Hevel

*Stroomsnelheid te laag*

Stroomsnelheidsmetingen voor de hevelleiding richting de polder laten zien dat de stroomsnelheid, en daarmee ook de aanzuigende werking, hier relatief beperkt is. Gemiddeld genomen werd hier een stroomsnelheid gemeten van 0,27 m/s. Ter vergelijking: bij De Noord werd hier een gemiddelde stroomsnelheid van 1,71 m/s gemeten tijdens de Passagecheck in 2021 (Kooiman & Ploegaert et al., 2022), en bij Loohoek was dit 1,63 m/s. Het gaat in beide gevallen om ruim een factor 6 verschil met Duiveland. Door de beperkte aanzuigende werking van de hevel is de kans kleiner dat vissen in de verzamelbak door de stroming worden gegrepen en zo naar polder worden getransporteerd tijdens het migratie kansproces (zie paragraaf 4.1.3) wat zich hier afspeelt. Daarnaast is hierdoor geen sprake van de naar binnen gerichte beweging van de relatief zoute onderlaag in de buis tussen de verzamelbak en de Oosterschelde, onder de naar buiten stromende relatief zoete bovenlaag van de lokstroom door. Hierdoor kunnen glasalen de verzamelbak relatief makkelijk weer verlaten via deze stilstaande onderlaag. Dat dit gebeurt is terug te zien in de gemaakte onderwaterbeelden.

*Aanpassen heveldebiet*

Een mogelijkheid om dit knelpunt op te lossen is het naar boven bijstellen van de stroomsnelheid in de hevelleiding door het vergroten van het pompdebiet. Dit zou echter betekenen dat het debiet van de lokstroom ook moet worden vergroot. Aangezien de stroomsnelheid van de lokstroom op dit moment een mogelijk knelpunt is bij het betreden van de verzamelbak, wordt aangeraden om eerst de maatregelen voor het mitigeren van dit knelpunt door te voeren (zie paragraaf 4.1.2).

*Toepassen vacuümpomp*

Een andere mogelijke aanpassing die de werking van de hevel ten goede zal komen is het gebruik van een vacuümpomp in de hevelleiding. Dit heeft meerdere voordelen. Het zoute water komt niet in contact met de pomp, waardoor minder snel slijtage optreedt. Hierdoor wordt het risico op regelmatige storingen verkleind en is minder onderhoud nodig. Ook hoeven vissen de pomp niet te passeren onderweg naar de polder, wat de kans op verwonding/sterfte verkleint. Daarnaast zorgt de vacuümpomp ervoor dat de vismigratieleiding altijd volledig met water is gevuld, en er geen lucht in de leiding kan gaan zitten met drukverlies als gevolg.

*Onduidelijkheid effect drukverschillen + toepassing vacuümpomp in hevel op overleving*

Vanwege de kattenrugconstructie van de hevelleiding is hierin sprake van drukverschillen. Het is op dit moment nog niet duidelijk wat het effect van deze drukverschillen precies is op de overleving van vissen. Dit geldt ook voor de toepassing van een vacuümpomp in de hevelleiding. In 2021 werden bij Loohoek (dubbele hevelpassage zonder vacuümpomp) glasalen met luchtbelletjes in het hoofd aangetroffen in de opvangfuik achter de vismigratievoorziening. Bij De Noord (dubbele hevelpassage met vacuümpomp) was dit niet het geval (Kooiman & Ploegaert, 2022).

*Uitvoeren overlevingsproef*

Het wordt aangeraden om het effect van de drukverschillen en de toepassing van een vacuümpomp in de hevelleiding op de overleving van vissen experimenteel vast te stellen door middel van een overlevingsproef. Naast handvatten voor eventuele aanpassingen aan bestaande hevelpassages is dit inzicht ook cruciaal in het kader van het maken van beter onderbouwde keuzes bij aanleg van nieuwe vismigratievoorzieningen.

### 4.1.5 Aansluiting polderzijde

*Aansluiting op 1 van de 2 achterliggende peilvakken*

Gemaal Duiveland bemaalt 2 verschillende peilvakken. De vismigratievoorziening is aangesloten op het oostelijke peilvak. Tussen de peilvakken bevindt zich een vissluis. Deze zal echter vooral vismigratie faciliteren vanuit het westelijke peilvak (relatief laag waterpeil) naar het oostelijke peilvak (relatief hoog waterpeil), en niet andersom. Het lokken gebeurt namelijk door middel van een combinatie van het peilverschil en een geknepen klepstand bovenstrooms.

*Aanleggen tweede hevelleiding naar andere peilvak*

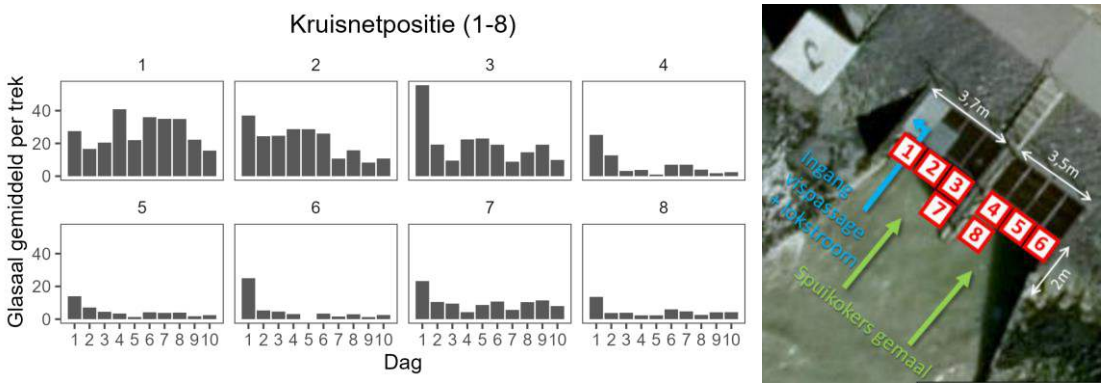
Het wordt aanbevolen om vanuit de verzamelbak ook een hevelleiding aan te leggen naar het westelijke peilvak, om zodoende een verbinding te creëren voor vissen vanuit de Oosterschelde. Bij gemaal De Noord is de vismigratievoorziening ook op beide achterliggende peilvakken aangesloten met behulp van 2 verschillende hevelleidingen, waarvan er altijd 1 tegelijk wordt gebruikt. De lokstroomleiding is hier daarentegen maar op 1 van beide peilvakken aangesloten, waardoor altijd vanuit hetzelfde peilvak wordt gelokt. Idealiter wordt echter met hetzelfde water gelokt als waar naartoe wordt geheveld. Daarom wordt bij voorkeur ook een tweede

lokstroomleiding aangelegd. Het aanpassen van de vissluis tussen de peilvakken heeft niet de voorkeur. Een vismigratievoorziening faciliteert altijd maar een deel van het aanbod. Een directere verbinding heeft daarom altijd de voorkeur.

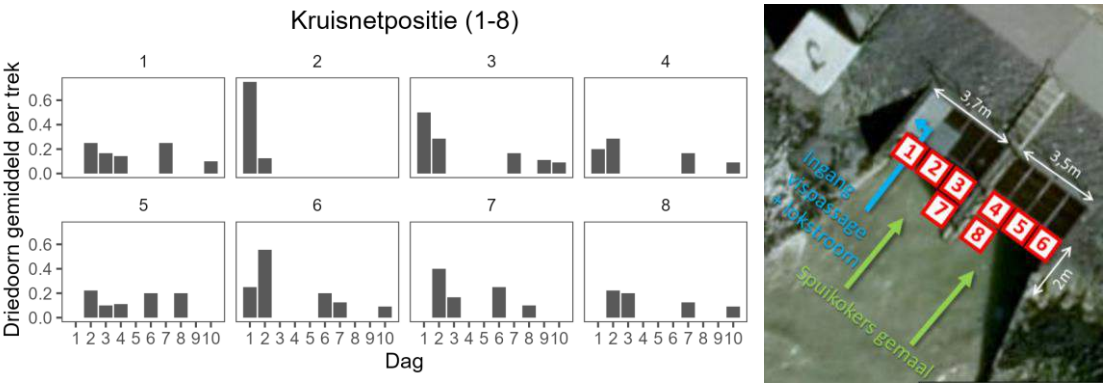
## 4.2 Vismigratievoorziening Prommelsluis

### 4.2.1 Lokkende werking

Figuur 4.6 geeft een overzicht van het gemiddelde aantal glasalen per trek per dag per kruisnetpositie aan de voorzijde van het gemaal. Hierin is te zien dat gemiddeld genomen de hoogste dichtheden werden gevangen op posities 1, 2, 3 en in mindere mate ook 7. Positie 1 bevond zich het dichtst bij de ingang van de vismigratievoorziening, gevolgd door positie 2, 3 en 7. De relatief hoge dichtheden op deze posities wijzen op een goede lokkende werking van de vismigratievoorziening op kleine schaal. Dezelfde weergave voor driedoornige stekelbaars laat een veel grilliger beeld zien, wat wordt veroorzaakt door de lage vangstaantallen van deze soort (figuur 4.7).




*Figuur 4.6: Het gemiddelde aantal glasalen per trek per dag per kruisnetpositie bij gemaal Prommelsluis.*



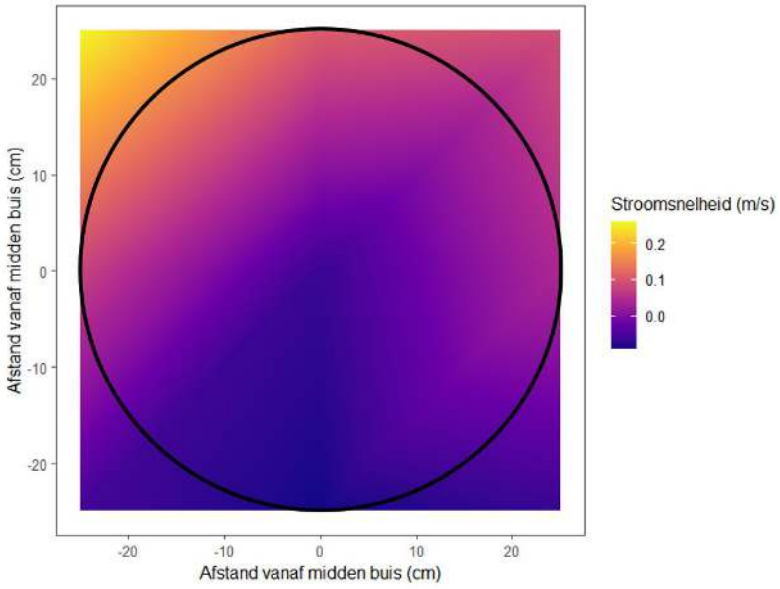

*Figuur 4.7: Het gemiddelde aantal driedoornige stekelbaarzen per trek per dag per kruisnetpositie bij gemaal Prommelsluis.*

### 4.2.2 Lokstroom

*Sprake van gelaagdheid*

Stroomsnelheidsmetingen voor de ingang van de vismigratievoorziening laten zien dat de lokstroom vooral langs de bovenzijde van de buis naar buiten stroomde (figuur 4.8). Dit wijst op gelaagdheid als gevolg van het dichtheidsverschil tussen het relatief zoete water van de

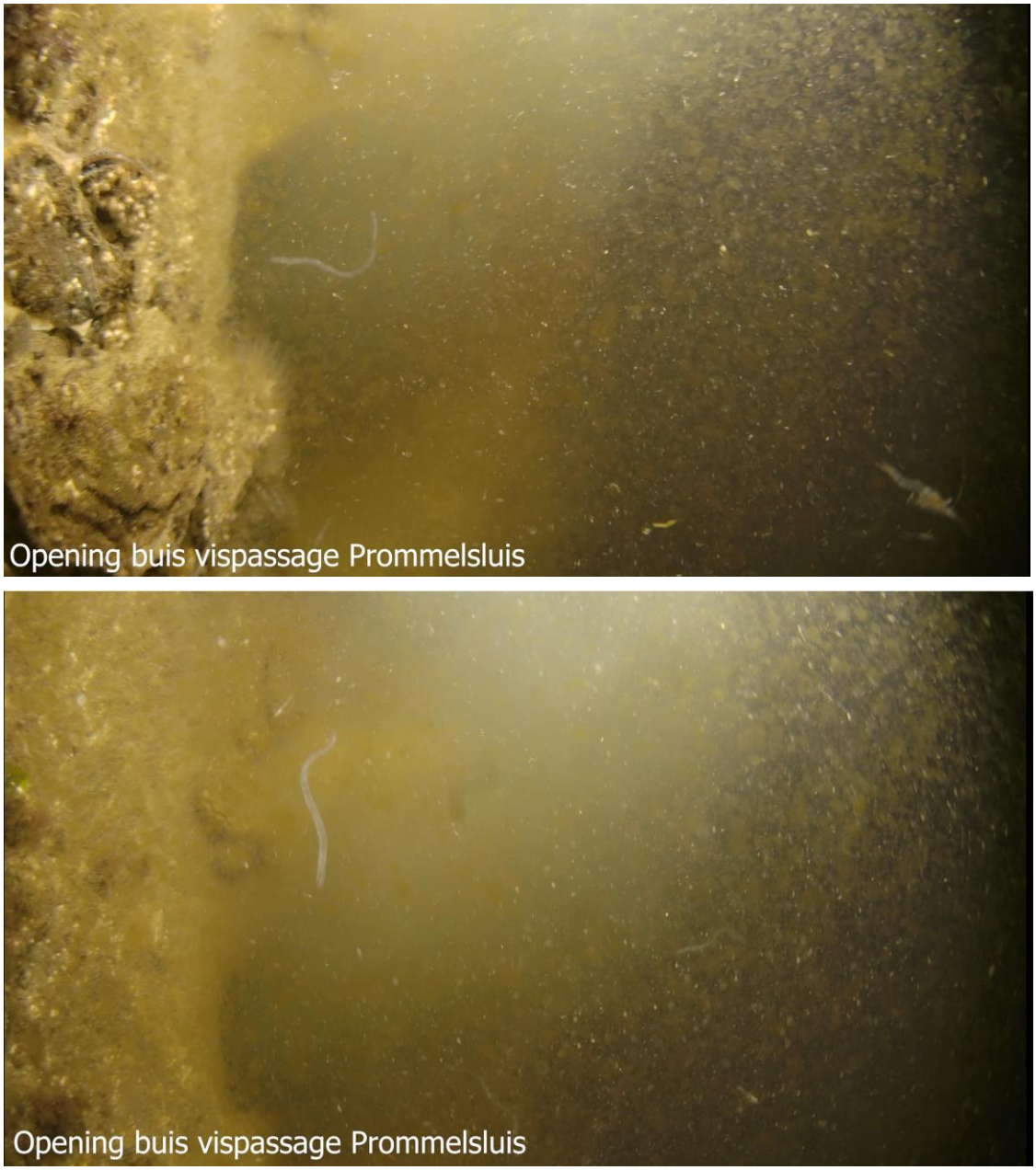
lokstroom en het relatief zoute water van de Oosterschelde. Dit wordt bevestigd door de onderwaterbeelden, waarop de gelaagdheid duidelijk zichtbaar is (een relatief zoete en troebel ogende waterlaag van de lokstroom bovenin de buis, en een relatief zoute helder ogende waterlaag onderin de buis) (figuur 4.9 en 4.10).




*Figuur 4.8: De stroomsnelheden aan de directe buitenzijde van de vismigratievoorziening ter hoogte van de ronde inzwemopening bij gemaal Prommelsluis (aangegeven met de zwarte cirkel).*

### *Stroomsnelheid te hoog*

De stroomsnelheid van de lokstroom ter hoogte van de bovenzijde van de buis was op meerdere plaatsen hoger dan de streefwaarde van 0,1 m/s die vaak wordt gehanteerd voor glasaal (figuur 4.8). Mogelijk ondervindt glasaal hierdoor hinder bij het betreden van de verzamelbak. Uit een experiment met een mobiele glasaalmonitoringsmodule bij gemaal 't Sas (Schiphouwer et al., 2021) is echter bekend dat het voor glasalen niet onmogelijk is om bij stroomsnelheden van >0,1 m/s te passeren. Op de onderwaterbeelden die zijn gemaakt bij Prommelsluis is in ieder geval zichtbaar hoe het merendeel van de glasalen langs de bovenzijde van de buis tegen deze zoete lokstroom in de vismigratievoorziening probeerden te betreden, maar deze te sterk bleek om tegenin te zwemmen. Vergelijkbare situaties werden tijdens eerdere Passagechecks ook waargenomen bij gemaal Loohoek (Ploegaert et al., 2018; Kooiman & Ploegaert, 2022). De glasalen die daadwerkelijk de buis ingingen deden dit via de relatief zoute waterlaag onderin de buis (figuur 4.10). Van een naar binnen gerichte beweging van de relatief zoute onderlaag in de buis tussen de verzamelbak en de Oosterschelde, onder de naar buiten stromende relatief zoete bovenlaag van de lokstroom door was geen sprake. Bij verschillende dubbele hevelpassages waar sprake was van gelaagdheid, zoals bij Loohoek, was dit wel het geval. Hierdoor spoelden glasalen daar achterwaarts via deze zoute onderlaag de vismigratievoorziening in. Vanwege het ontbreken van deze naar binnen gerichte beweging bij Prommelsluis is hier daarentegen wel sprake van gerichte migratie langs de onderzijde van de buis.




*Figuur 4.9: Onderwaterbeelden van de ingang van de vismigratievoorziening, waarop duidelijk de gelaagdheid van het water in de buis zichtbaar is (een relatief zoete en troebel ogende waterlaag van de lokstroom bovenin de buis, en een relatief zoute helder ogende waterlaag onderin de buis), en glasalen die langs de bovenzijde van de buis tegen de zoete lokstroom in de vismigratievoorziening proberen binnen te zwemmen (Beelden: Jisk van den Ende).*




*Figuur 4.10: Onderwaterbeelden van de ingang van de vismigratievoorziening, waarop duidelijk de gelaagdheid van het water in de buis zichtbaar is (een relatief zoete en troebel ogende waterlaag van de lokstroom bovenin de buis, en een relatief zoute helder ogende waterlaag onderin de buis), en glasalen die langs de relatief zoute waterlaag onderin de buis naar binnen zwemmen (Beeld: Jisk van den Ende).*

*Plaatsen flowmeter in lokstroomleiding + toepassen grotere, vierkante uitstroombuis*

Er zijn verschillende mogelijkheden om dit knelpunt aan te pakken. Zo kan er gebruik worden gemaakt van een flowmeter in de lokstroomleiding tussen de polder en de verzamelbak. Dit maakt het mogelijk om de stroming door deze leiding te monitoren en indien nodig het lokstroomdebiet te corrigeren, zodat de streefwaarde van +/- 0,1 m/s gehandhaafd blijft. Verder kan gebruik worden gemaakt van een grotere, vierkante uitstroombuis tussen de verzamelbak en de voorzijde van het gemaal (in plaats van een ronde), waardoor de uitstroomsnelheid van de zoetere waterlaag afneemt (grotere diameter en groter oppervlak waarover zoet water uitstroomt aan de bovenzijde) en glasaal meer rechtstreeks kan migreren. Deze laatste maatregel heeft ook als voordeel dat de stroomsnelheid van de lokstroom geremd wordt zonder daarbij het lokstroomdebiet te verkleinen, waardoor de lokkende werking van de vismigratievoorziening niet wordt aangetast. De bovengenoemde aanpassingen zijn geïmplementeerd in het ontwerp van de migratievoorziening bij De Noord en dragen bij aan het goede functioneren hiervan (Kooiman & Ploegaert, 2022).

*Aanbrengen van 'stepping stones' in uitstroombuis*

Een andere mogelijkheid voor het aanpakken van dit knelpunt betreft het aanbrengen van substraat in de uitstroombuis. Toepassing van substraat in uitstroombuis kan glasaal faciliteren om te migreren bij hogere stroomsnelheden. Glasalen gebruiken het substraat dan als het ware als 'stepping stones' om de buis binnen te komen. Dit is bijvoorbeeld zichtbaar bij De Noord. Hier is een ophoping van grind en schelpen aanwezig die vanaf de bodem van de uitstroom van het gemaal omhoog loopt in de richting van de uitstroomopening van de migratievoorziening. Onderwaterbeelden laten zien dat glasalen in hoge frequentie via dit substraat de verzamelbak weten te betreden (Kooiman & Ploegaert, 2022). Het substraat bestaat bij voorkeur uit borstelmatten, die zowel aan de boven- als onderzijde over de gehele lengte van de uitstroombuis zijn aangebracht. Hierdoor kan gerichte migratie op de zoete lokstroom, die voornamelijk langs de bovenzijde van de buis uitstroomt, beter worden gefaciliteerd. Daarnaast kan substraat in de uitstroombuis voor extra weerstand zorgen, waardoor de uitstroomsnelheid

minstens wordt getemperd. Verder kan de toepassing van substraat in uitstroombuis ervoor zorgen dat zoet en zout water beter mengen, met minder gelaagdheid en rustigere omstandigheden in de uitstroombuis tot gevolg.

Bij het toepassen van substraat in de uitstroombuis dient wel rekening te worden gehouden met de ontwikkeling van aangroei, waardoor onderhoud altijd een rol speelt. Om onderhoud eenvoudiger te maken, kan bij het toepassen van substraat gebruik worden gemaakt van een uitneembare slede. Wellicht is dit zo eenvoudig in te richten dat, naast medewerkers van het Waterschap, ook de vrijwilligers die betrokken zijn bij de kruisnetmonitoring van 'Samen voor de Aal' (Spruijt et al., 2024) en die tweemaal per week op locatie zijn tijdens het intrekseizoen, dit systeem kunnen controleren en schoonmaken. Ten slotte wordt bij de toepassing van kunstmatig substraat geadviseerd om de werking hiervan goed te testen. De toepassing van substraat kan mogelijk leiden tot veranderingen in stroming die om optimalisatie van de instellingen van de migratievoorziening of het substraat vragen. De werking van het substraat kan worden getest door het maken van onderwaterbeelden en het uitvoeren van stroomsnelheidsmetingen, maar vindt bij voorkeur plaats met Passagechecks voorafgaand en aansluitend aan het aanbrengen van het substraat.

*Pomp storings- en onderhoudsgevoelig*

Lokstroompompen zijn storings- en onderhoudsgevoelig. Dit heeft al bij meerdere vispassages voor langdurige storingen gezorgd tijdens het intrekseizoen. Zonder lokstroom functioneert een vismigratievoorziening niet of nauwelijks.

*Zorgen voor beschikbaarheid reservepomp*

De beschikbaarheid van een reservepomp is cruciaal en kan voorkomen dat de vismigratievoorziening langere tijd niet functioneert tijdens het migratieseizoen.

### 4.2.3 Migratiecyclus

*Instellingen migratiecyclus mogelijk suboptimaal*

Zoals beschreven in paragraaf 2.1.2 is in de aanloop naar deze Passagecheck de tijdsduur van het deel van de migratiecyclus waarin vissen de verzamelbak in worden gelokt ingekort van 45 naar 30 minuten. Dit is gedaan op basis van de resultaten van een eerdere Passagecheck op deze locatie (Ploegaert et al., 2018), om de kans te verkleinen dat vissen vroegtijdig de verzamelbak weer verlaten doordat ze tevergeefs naar een doorgang zoeken tijdens dit deel van de migratiecylcus. Het is onduidelijk welk effect dit heeft gehad op het functioneren van de vismigratievoorziening. De gemeten efficiëntie is weliswaar vergelijkbaar met de Passagecheck in 2018 (paragraaf 3.2.2), maar dit komt mogelijk vooral door het veel zwaarder wegen van het knelpunt met betrekking tot het niet goed leegstromen van de verzamelbak (zie paragraaf 4.2.4). Een andere mogelijkheid is dat 30 minuten lokken per cyclus nog steeds te lang is.

*Testen optimale instellingen migratiecyclus*

Mogelijk kan het aanpassen van de tijdsduur van het lokken de werking van de vismigratievoorziening verbeteren. Het verkorten van de tijdsduur kan effectief zijn wanneer er tijdens het lokken niet echt ophoping optreedt. Zo wordt de kans verkleind dat vissen vroegtijdig de verzamelbak weer verlaten doordat ze tevergeefs naar een doorgang zoeken tijdens dit deel van de migratiecylcus. Aan de andere kant zou een langere cyclus mogelijk een sterkere ophoping kunnen faciliteren. Een experimentele opzet waarbij verschillende tijdsduren van lokken worden getest, zal helpen om tot een optimale tijdsduur te komen en strekt tot de

aanbeveling. Dergelijke inzichten zijn ook belangrijk om potentiële nieuwe vrij verval passages, zoals die momenteel op verschillende locaties overwogen worden, goed in te kunnen regelen.

### 4.2.4 Verzamelbak

*Niet volledig leegstromen door lekkende afsluiter*

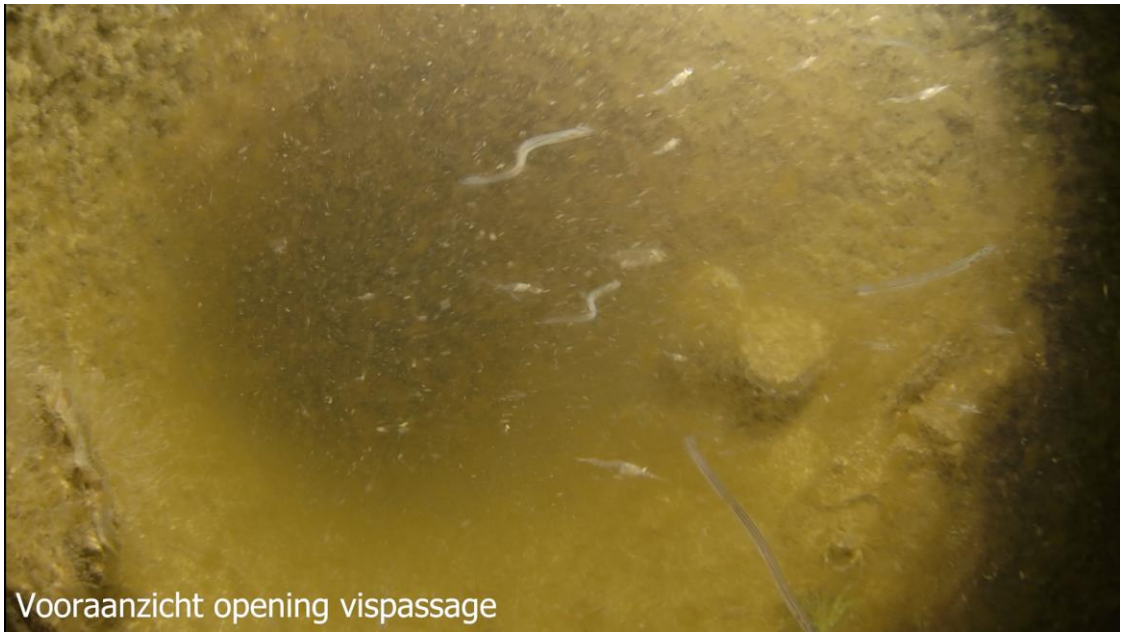
Zoals beschreven in paragraaf 2.1.2 is in de aanloop naar deze Passagecheck de bodem van de verzamelbak aangesloten op de hoogte van de leiding die in de richting van de polder loopt door middel van het storten van een nieuwe betonvloer. Dit is gedaan op basis van de resultaten van een eerdere Passagecheck op deze locatie (Ploegaert et al., 2018), om er voor te zorgen dat de verzamelbak beter leeg kan lopen in de richting van de polder. Echter sluit de afsluiter tussen de verzamelbak en de Oosterschelde onvoldoende, waardoor er een aanzienlijke lekstroom de verzamelbak in stroomt. Door deze continue aanvoer van water kan de verzamelbak nooit volledig leeglopen. Er blijft altijd minimaal 10 tot 15 cm water op de bodem staan (figuur 4.11). Naar alle waarschijnlijkheid zorgt dit ervoor dat glasalen achter kunnen blijven in de verzamelbak tijdens het inspoelmoment. De migratiestrategie van glasaal is voor een groot deel actief, waarbij glasalen gericht tegen de zoete lokstroom in het achterland proberen binnen te trekken. Wanneer de stroomrichting plotseling omdraait is hun instinctieve reactie om ook om te draaien en uit alle macht tegen de stroming in te blijven zwemmen. Dit was bij Prommelsluis bijvoorbeeld duidelijk zichtbaar op de onderwaterbeelden die werden gemaakt aan de voorzijde van het gemaal voor de opening van de vismigratievoorziening tijdens het moment dat de verzamelbak leegliep in de richting van de polder en de stroomrichting hier ook omdraaide als gevolg van de lekkende afsluiter (figuur 4.12). Waarschijnlijk gebeurt in de verzamelbak aan de binnenzijde hetzelfde, waardoor glasalen mogelijk niet meespoelen naar de polder. Vanwege de turbulente omstandigheden in de verzamelbak tijdens het inspoelmoment was het echter niet mogelijk om dit visueel vast te stellen. Bij dit systeem (tevens gerealiseerd bij gemaal Poppekinderen) is echter wel bekend dat het grootste aandeel van de vis in het laatste volume water mee de buis in gaat. Het is dus van belang dat de verzamelbak geheel leeg stroomt. Op de bodem van de verzamelbak bevindt zicht her en der substraat in de vorm van zand en grind. Het is mogelijk dat glasalen dit gebruiken als schuilplaats tijdens het inspoelmoment. Op de onderwaterbeelden is zichtbaar dat een glasaal tussen dit substraat vandaan komt nadat het inspoelen is gestopt en de verzamelbak weer wordt gevuld door middel van de lokstroompomp. Het lekken van de afsluiter heeft wel als voordeel dat de leiding richting de polder goed wordt doorgespoeld. Daarnaast heeft de leiding die vanuit de verzamelbak in de richting de polder loopt, door een complicatie tijdens de aanleg, een kurkentrekker vormige wenteling gemaakt, waardoor deze dus niet in een rechte lijn door de dijk loopt. Hierdoor bestaat ook het vermoeden dat mogelijk niet al het geloosde water met vissen de polder bereikt (Ploegaert et al., 2018).

*Repareren lekkende afsluiter*

Het wordt aangeraden om de lekkende afsluiter te repareren, zodat de verzamelbak volledig leegloopt en vissen geen kans krijgen om hierin achter te blijven tijdens het inspoelmoment.

*Afsluiter bewust gebruiken voor betere doorspoeling*

Er wordt wel aangeraden om de afsluiter, nadat de bak helemaal leeggelopen is, korte tijd weer volledig open te zetten terwijl de leiding richting de polder nog open is. Zodoende kan de kurkentrekker vormige leiding richting de polder bewust worden doorgespoeld en bereikt al het water met vissen de polder. Na het opnieuw dichtzetten van de afsluiter is het wel van belang om de verzamelbak eerst weer helemaal leeg te laten lopen in de richting van de polder, alvorens te beginnen met het opnieuw vullen van de verzamelbak van buitenaf voor een nieuwe cyclus.




*Figuur 4.11: Onderwaterbeelden van de ingang van de vismigratievoorziening aan de voorzijde van het gemaal tijdens het inspoelmoment richting de polder, waarop glasalen te zien zijn die uit alle macht tegen de stroming in zwemmen die hier ontstaat als gevolg van de lekkende afsluiter in de buis tussen de verzamelbak en de voorzijde van het gemaal (Beeld: Jisk van den Ende).*



*Figuur 4.12: De binnenzijde van de verzamelbak tijdens het inspoelmoment. Vanwege de lekkende afsluiter (onder) loopt de verzamelbak niet verder leeg dan hier te zien is, en blijft gedurende het hele inspoelmoment (ongeveer 10 minuten) water naar de polder spoelen via de leiding naar polder (rechtsboven) (Foto: Maurice Kooiman).*

## 4.3 Habitat Duiveland

Gemaal Duiveland ligt langs de zuidoever van Schouwen-Duiveland. De oriëntatie van de dijk aan de westzijde van de uitstroomopening zorgt afhankelijk van de wind- en stromingsrichting voor enige mate van beschutting (figuur 4.13 en 4.14). Aan weerszijden van de uitstroom van het gemaal bevinden zich korte strekdammen van +/- 30 m lengte. Bij hoog water staan deze strekdammen volledig onder water. Tussen de strekdammen bestaat de bodem grotendeels uit stenen met aangroei van algen. Bij laag water valt dit gedeelte bijna droog, waarbij het fungeert als drempel om water vast te houden in het iets diepere deel onder het rooster boven de uitstroomopening van het gemaal ter hoogte van de ingang van de vismigratievoorziening. Dit is noodzakelijk voor het functioneren hiervan. Alleen water afkomstig van de lokstroom van de vismigratievoorziening blijft tussen de stenen door richting open water stromen (figuur 4.15). Dit stroompje is naar verwachting voldoende voor glasaal om ook bij laag water de vispassage te kunnen bereiken, alleen zal er hierbij waarschijnlijk wel een verhoogd risico op predatie zijn door bijvoorbeeld krabben. Om de huidige drempelfunctie en continue migratiemogelijkheid te behouden is bewust gekozen om geen aanpassingen voor te stellen voor dit deel van het habitat. Waar de strekdammen ophouden wordt het water dieper en bevindt zich een stroomgeul met naar verwachting een zanderige bodem van ongeveer 50 m lengte tussen de ondieper gelegen zandplaten aan weerszijden. Op deze zandplaten liggen veel schelpen en bevinden zich hier en daar stenen. Verder naar het zuiden toe bevindt zich nog dieper, open water.




*Figuur 4.13: Satellietfoto van de ligging van gemaal Duiveland.*




*Figuur 4.14: Satellietfoto van de uitstroomopening van gemaal Duiveland inclusief het omliggende habitat.*



*Figuur 4.15: Het stenige gedeelte tussen de strekdammen valt bij laag water bijna droog, waarbij er alleen nog water afkomstig van de lokstroom van de vismigratievoorziening tussen de stenen door richting open water blijft stromen (Foto: Jisk van den Ende).*

Met betrekking tot het habitat is een belangrijk knelpunt geïdentificeerd dat van invloed kan zijn op het functioneren van de vismigratievoorziening. Daarnaast zijn aanbevelingen gedaan om dit knelpunten te mitigeren of op te heffen.

*Beperkte aanwezigheid waterdragend areaal met luwe omstandigheden en schuilgelegenheid*
De aanwezigheid van waterdragend areaal met luwe omstandigheden en schuilgelegenheid direct in het verlengde van de uitstroomopening van het gemaal is relatief beperkt. Vergeleken met een locatie als gemaal De Noord, is de stroomgeul in de getijdenplaat bij Duiveland relatief kort. Daarnaast valt het stenige gedeelte tussen de strekdammen tijdens laag water bijna droog, waarbij er alleen nog water afkomstig van de lokstroom van de vismigratievoorziening tussen de stenen door richting open water blijft stromen (figuur 4.15). Tijdens hoog water liggen de strekdammen aan weerszijden van de uitstroomopening volledig onder water. Hierdoor krijgen wind- en getijdenwerking meer vat op de omstandigheden tussen de strekdammen. De beperkte aanwezigheid van waterdragend areaal met luwe omstandigheden en schuilgelegenheid in de nabijheid van het gemaal kan leiden tot het verlies van glasaal. Met het verlies van glasaal wordt bedoelt dat ze verdwijnen (op deze locatie) voordat ze kunnen intrekken. In dit geval bijvoorbeeld doordat ze wegspoelen van de locatie onder invloed van bijvoorbeeld gemaalafvoer of wind- en getijdewerking, of doordat ze sterven als gevolg van predatie. Resultaten van het merk-terugvangstexperiment bevestigen een grote mate van verlies van glasaal op deze locatie (paragraaf 3.3.1).

*Vergroten beschikbaarheid waterdragend areaal met voldoende structuur tijdens laag water*
Het vergroten van de beschikbaarheid van waterdragend areaal met luwe omstandigheden direct in het verlengde van de uitstroomopening van het gemaal wordt aanbevolen. Dit kan bijvoorbeeld door het verlengen van de stroomgeul door middel van suppletie. Deze diepere geul kan beschutting bieden tegen stroming en windwerking. Daarnaast kan deze geul glasaal die vanaf het open water komt beter begeleiden in de richting van het gemaal. Wanneer het gemaal in werking treedt kunnen glasalen tijdelijk in het substraat op de bodem van de geul schuilen, om daarna weer verder te trekken. Op deze manier draagt de geul en het hierin aanwezige substraat bij aan het vasthouden nabij, en het begeleiden van glasaal naar het intrekpunt. Hierdoor wordt glasaal beter gefaciliteerd tijdens de intrek richting het achterland, wat ten goede komt aan de passage efficiëntie via de vismigratievoorziening. Verder kan deze geul zorgen voor een impuls voor de biodiversiteit in het algemeen. Zo kan in de geul zelf een geleidelijke, meer natuurlijke zoet-zoutovergang ontstaan, waar veel soorten hun leefgebied in kunnen vinden. Daarnaast komt er aan weerszijden van de geul meer areaal met ondiepe getijdenplaten die bij een natuurlijke delta horen, en naast vissen bijvoorbeeld ook belangrijk zijn voor vogels. Een voorbeeld van een dergelijke stroomgeul is die bij gemaal De Noord. Waarschijnlijk draagt de geul in belangrijke mate bij aan het goede functioneren van de hier aanwezige vismigratievoorziening (Kooiman & Ploegaert, 2022).

*Verhogen strekdammen*
Het verhogen van de strekdammen door middel van het aanbrengen van steenstort kan de invloed wind- en getijdenwerking op de omstandigheden tussen de strekdammen tijdens hoog water beperken, en daarmee glasaal mogelijk beter vasthouden op de locatie.

## 4.4 Habitat Prommelsluis

Gemaal Prommelsluis ligt langs de zuidoever van Schouwen-Duiveland. De ligging van deze locatie is relatief onbeschut. In tegenstelling tot bijvoorbeeld gemaal Duiveland, ligt de

uitstroom van gemaal Prommelsluis vrijwel direct aan dieper, open water (figuur 4.16 en 4.17). Mogelijk is er, afhankelijk van de wind- en stromingsrichting, soms toch sprake van enige mate van beschutting op grotere schaal, doordat de uitstroom van het gemaal zich in een enkele kilometers lange, lichte inkeping in het land bevindt. De invloed hiervan is naar verwachting echter beperkt. De uitstroomopening van het gemaal is altijd waterdragend, ook bij laag water. Aan beide kanten van de uitstroomopening ligt een smalle strook met steenstort langs de dijk.




*Figuur 4.16: Satellietfoto van de ligging van gemaal Prommelsluis (boven) en de uitstroomopening van gemaal Prommelsluis (onder), waarop te zien is dat deze in een lichte inkeping in het land ligt, en direct aan open water grenst (Foto onder: Sanne Ploegaert).*



*Figuur 4.17: Luchtfoto's van de uitstroomopening van gemaal Prommelsluis, inclusief het omliggende habitat (Foto's: Damian van Katwijk).*

Met betrekking tot het habitat is een belangrijk knelpunt geïdentificeerd dat van invloed is op het functioneren van de vismigratievoorziening. Daarnaast zijn aanbevelingen gedaan om dit knelpunten te mitigeren of op te heffen.

*Beperkte mate van beschutting en beschikbaarheid van schuilgelegenheid*

Zowel op grote als kleine schaal is op deze locatie sprake van weinig beschutting. Hierdoor hebben wind en stroming veel invloed op deze locatie. Daarnaast zijn er weinig schuilmogelijkheden voor glasaal. Dit kan leiden tot het verlies van glasaal. Met het verlies van glasaal wordt bedoelt dat ze verdwijnen (op deze locatie) voordat ze kunnen intrekken. In dit geval bijvoorbeeld doordat ze wegspoelen van de locatie onder invloed van bijvoorbeeld gemaalafvoer of wind- en getijdewerking, of doordat ze sterven als gevolg van predatie. Resultaten van het merk-terugvangstexperiment bevestigen een grote mate van verlies van glasaal op deze locatie (paragraaf 3.3.2).

*Creëren van meer beschutting en schuilgelegenheid*

Het creëren van meer beschutting en schuilgelegenheid kan op verschillende manieren. Bijvoorbeeld door het aanbrengen van een relatief ondiepe getijdenplaat aan de voorzijde van het gemaal door middel van suppletie, met hierin een stroomgeul tussen de uitstroom van het gemaal en het open water die waterdragend blijft bij laag water. Deze diepere geul kan beschutting bieden tegen stroming en windwerking. Daarnaast kan deze geul glasaal die vanaf het open water komt beter begeleiden in de richting van het gemaal. Wanneer het gemaal in werking treedt kunnen glasalen tijdelijk in het substraat op de bodem van de geul schuilen, om daarna weer verder te trekken. Op deze manier draagt de geul en het hierin aanwezige substraat bij aan het vasthouden nabij, en het begeleiden van glasaal naar het intrekpunt. Hierdoor wordt glasaal beter gefaciliteerd tijdens de intrek richting het achterland, wat ten goede komt aan de passage efficiëntie via de vismigratievoorziening. Verder kan deze geul zorgen voor een impuls voor de biodiversiteit in het algemeen. Zo kan in de geul zelf een geleidelijke, meer natuurlijke zoet-zoutovergang ontstaan, waar veel soorten hun leefgebied in kunnen vinden. Daarnaast komt er aan weerszijden van de geul meer areaal met ondiepe getijdenplaten die bij een natuurlijke delta horen, en naast vissen bijvoorbeeld ook belangrijk zijn voor vogels. Een voorbeeld van een dergelijke stroomgeul is die bij gemaal De Noord. Waarschijnlijk draagt de geul in belangrijke mate bij aan het goede functioneren van de hier aanwezige vismigratievoorziening (Kooiman & Ploegaert, 2022). Een andere manier om beschutting te creëren zou de aanleg van strekdammen aan weerszijden van de uitstroomopening kunnen zijn.

# 5 Samenvatting

Dit hoofdstuk vormt per locatie een samenvatting van de onderzoeksresultaten en de hieruit voortvloeiende aanbevelingen.

## 5.1 Duiveland

### 5.1.1 Aanbod, doortrekefficiëntie en verblijftijd

*Aanbod*

- Momentaanbod glasaal (18 - 26 april): 3.191 (95% BI: 2.879 – 3.559).
- Seizoensaanbod glasaal (half februari - half juni): 117.194 (95% BI: 104.576 – 131.781). Dit is zeer hoog in vergelijking met andere Zeeuwse gemalen.

- Momentaanbod driedoornige stekelbaars (18 - 26 april): 1.098 (95% BI: 929 – 1.322).
- Aanbod gehele onderzoeksperiode driedoornige stekelbaars (13 april - 14 mei) : 3.292 (95% BI: 2.146 – 5.292).

*Doortrekefficiëntie*

- Efficiëntie vismigratievoorziening beperkt voor glasaal: na 15 dagen is 5,32% van de gemerkte glasalen gepasseerd (PI: 2,52). Na 27 dagen is 6,38% van gemerkte glasalen gepasseerd (PI: 3,83).
- Doortrek glasaal verliep traag en nam na verloop van tijd in snelheid af, maar bleef wel doorgaan tot bijna aan het einde van de onderzoeksperiode van 27 dagen.

- Efficiëntie vismigratievoorziening beperkt voor driedoornige stekelbaars: al tussen de 5 en 6 dagen was het maximale doortrekpercentage van 9,13% bereikt. Op dag 15 was de PI 7,90.
- Doortrek driedoornige stekelbaars kwam snel op gang, maar stagneerde vervolgens ook snel.

*Verblijftijd*

- Verblijftijd van glasalen lijkt beperkt en er is waarschijnlijk sprake van een hoge uitflux. Dit kon worden geconcludeerd op basis van afnemende terugvangsten van gemerkte vissen aan de voorzijde van het gemaal in combinatie met een zeer beperkte doortrek.

- Verblijftijd van driedoornige stekelbaarzen lijkt ook beperkt en er is waarschijnlijk ook sprake van een hoge uitflux, maar hierbij is voorzichtigheid geboden in verband met het scholingsgedrag van deze soort.

### 5.1.2 Knelpunten + aanbevelingen

Onderstaand een overzicht van de knelpunten die tijdens het onderzoek zijn geïdentificeerd, inclusief de aanbevelingen die kunnen bijdragen aan het oplossen of mitigeren hiervan:

*Ontwerp en functioneren vismigratievoorziening*

- Lokkende werking vismigratievoorziening suboptimaal door aanwezigheid van keerstroom en zoetwaterbel aan tegenovergestelde zijde van de uitstroomopening van het gemaal, ver van de ingang van de vismigratievoorziening vandaan, waar vissen door worden aangetrokken.
- Plaatsen betonnen wand tussen de kokers van het gemaal → keerstroom en zoetwaterbel dichterbij de ingang naar vismigratievoorziening, waardoor de kans groter wordt dat vissen deze hier vandaan alsnog weten te vinden.

- Sprake van gelaagdheid en een te hoge stroomsnelheid ter hoogte van de ingang van de vismigratievoorziening, waardoor vissen worden gehinderd bij het betreden hiervan.
- Plaatsen van flowmeter in lokstroomleiding → gewenste stroomsnelheid kan op gestuurd worden en blijft beter gehandhaafd.
- Toepassen grotere, vierkante uitstroombuis → afname uitstroomsnelheid van zoetere waterlaag.
- Aanbrengen van 'stepping stones' in uitstroombuis
  → Faciliteren van migratie van glasaal bij hogere stroomsnelheden.
  → Zorgen voor extra weerstand, waardoor de uitstroomsnelheid wordt getemperd.
  → Zorgen voor beter mengen zoet en zout water, met minder gelaagdheid en rustigere omstandigheden in de uitstroombuis tot gevolg.
  Dit zal vissen beter faciliteren om de vismigratievoorziening te betreden, zonder het lokstroomdebiet en daarmee de lokkende werking te verkleinen. Om het versterken van (andere) knelpunten te voorkomen hebben de eerste 2 maatregelen echter prioriteit.

- Lokstroompomp is storings- en onderhoudsgevoelig
- Zorgen dat er altijd een reservepomp aanwezig is → voorkomen dat de vismigratievoorziening langere tijd niet functioneert tijdens het migratieseizoen.

- Sprake van gelaagdheid in de verzamelbak, migratie richting de polder meer gebaseerd op kans dan op gerichte migratie.
- Creëren van meer turbulentie in verzamelbak door vergroten lokstroomdebiet.
  → Zorgen voor beter mengen zoet en zout water, met minder gelaagdheid en rustigere omstandigheden in de uitstroombuis tot gevolg.
  → bevorderen kansproces door vergroten kans dat glasaal langs de ingang van de hevelbuis onderin de verzamelbak wordt gespoeld.
  Het vergroten van het lokstroomdebiet zal echter ook hogere stroomsnelheden in de uitstroomopening van de vispassage tot gevolg hebben. Aangezien dit in de huidige situatie een knelpunt is, dient prioriteit te worden gegeven aan de eerder genoemde maatregelen om de lokstroom te optimaliseren.
- Vergroten aanzuiging hevel over een groter deel van de waterkolom, of toepassen van een met het getij meebewegend eindstuk van de hevelbuis.
  → bevorderen kansproces bij een gelaagde situatie.

- Aanwezigheid van puin en aangroei in de verzamelbak, wat schuilmogelijkheden voor glasaal biedt, waardoor het kansproces om naar de polder te worden getransporteerd negatief wordt beïnvloed.
- Verwijderen puin en aangroei door middel van regulier onderhoud
  → bevorderen kansproces door vergroten kans dat glasaal langs de ingang van de hevelbuis onderin de verzamelbak wordt gespoeld.

- Stroomsnelheid via de hevel richting de polder is relatief beperkt, waardoor de kans dat vissen worden aangezogen tijdens het kansproces ook relatief beperkt is.
- Verhogen heveldebiet
  → vergroten aanzuigende werking.
  → creëren naar binnen gerichte stroming zoute onderlaag in uitstroombuis richting Oosterschelde, waardoor glasaal de verzamelbak minder makkelijk weer kan verlaten.
  Het lokstroomdebiet zal dan echter ook vergroot moeten worden met hogere stroomsnelheden in de uitstroomopening tot gevolg. Aangezien dit in de huidige situatie een knelpunt is, dient prioriteit te worden gegeven aan de eerder genoemde maatregelen om de lokstroom te optimaliseren.
- Toepassen vacuümpomp in hevelleiding
  → Zout water komt niet in contact met de pomp, waardoor minder snel slijtage optreedt.
  → Vissen hoeven de pomp niet te passeren, wat de kans op verwonding/sterfte verkleint.
  → Zorgt ervoor dat de hevelleiding altijd volledig met water is gevuld en er geen lucht in de leiding kan gaan zitten, met drukverlies tot gevolg.

- Onduidelijkheid over effect drukverschillen + toepassing vacuümpomp in hevelleiding op overleving van vissen
- Effecten experimenteel vaststellen door middel van een overlevingsproef → inzicht hierin cruciaal om indien nodig aanpassingen te kunnen voorstellen bij bestaande hevelpassages, maar ook beter onderbouwde keuzes te kunnen maken bij aanleg van nieuwe vismigratievoorzieningen.

- Vismigratievoorziening is slechts aangesloten op 1 van de 2 achterliggende peilvakken
- Aanleggen van een tweede hevelleiding (en bij voorkeur ook een tweede lokstroomleiding) naar het andere peilvak → verbinding creëren voor vissen vanuit de Oosterschelde.

*Inrichting en functioneren habitat*

- Beperkte beschikbaarheid waterdragend areaal met luwe omstandigheden en schuilgelegenheid, wat kan leiden tot het verlies van glasaal als gevolg van bijvoorbeeld gemaalafvoer, wind- en getijdewerking, of predatie.
- Vergroten van de beschikbaarheid van waterdragend areaal met luwe omstandigheden en schuilgelegenheid, door het verlengen van de stroomgeul
  → Beter vasthouden nabij, en beter begeleiden van glasaal naar het intrekpunt, wat ten goede komt aan de passage efficiëntie via de vismigratievoorziening.
  → Impuls voor de biodiversiteit in het algemeen door een geleidelijke, meer natuurlijke zoet-zoutovergang in de geul zelf waar veel soorten hun leefgebied kunnen vinden, en meer areaal met ondiepe getijdenplaten die bij een natuurlijke delta horen aan weerszijden hiervan.
- Verhogen van de strekdammen door middel van het aanbrengen van steenstort → invloed wind- en getijdenwerking op de omstandigheden tussen de strekdammen tijdens hoog water beperken, en daarmee glasaal mogelijk beter vasthouden op de locatie.

## 5.2 Prommelsluis

### 5.2.1 Aanbod, doortrekefficiëntie en verblijftijd

*Aanbod*

- Momentaanbod glasaal (5 - 13 april): 13.418 (95% BI: 12.492 – 14.533).
- Seizoensaanbod glasaal (half februari - half juni): 19.625 (95% BI: 17.739 – 21.771). Dit is relatief laag in vergelijking met andere gemalen langs de Oosterschelde.

- Aanbod gehele onderzoeksperiode driedoornige stekelbaars (31 maart - 6 mei) : 67 (95% BI: 28 – 4.275). Vanwege het beperkte aantal losgelaten gemerkte driedoornige stekelbaarzen, en daarmee ook de beperkte terugvangst, kent dit aantal een grote mate van onzekerheid.

*Doortrekefficiëntie*

- Efficiëntie vismigratievoorziening beperkt voor glasaal: na 15 dagen is 14,84% van de gemerkte glasalen gepasseerd (PI: 8,70). Na 32 dagen is 15,20% van gemerkte glasalen gepasseerd (PI: 11,74).
- Doortrek glasaal verliep traag en nam na ongeveer 9 dagen duidelijk in snelheid af, maar bleef wel doorgaan tot bijna aan het einde van de onderzoeksperiode van 32 dagen.
- Efficiëntie vismigratievoorziening voor glasaal ondanks aanpassingen vergelijkbaar met 2018: doortrekpercentage na 15 dagen in 2024 14,84% ten opzichte van +/-15% in 2018).

- Nagenoeg onmogelijk om harde uitspraken te doen over de intrek van driedoornige stekelbaars, vanwege het beperkte aantal losgelaten gemerkte individuen (n=18), en daarmee ook de beperkte terugvangst (n=1).

*Verblijftijd*

- Verblijftijd van glasalen lijkt beperkt en er is waarschijnlijk sprake van een hoge uitflux. Dit kon worden geconcludeerd op basis van afnemende terugvangsten van gemerkte vissen aan de voorzijde van het gemaal in combinatie met een zeer beperkte doortrek.

- Vanwege het beperkte aantal losgelaten gemerkte driedoornige stekelbaarzen, en daarmee ook de beperkte terugvangst, is het niet mogelijk om harde uitspraken te doen over de verblijftijd en uitflux.

### 5.2.2 Knelpunten + aanbevelingen

Onderstaand een overzicht van de knelpunten die tijdens het onderzoek zijn geïdentificeerd, inclusief de aanbevelingen die kunnen bijdragen aan het oplossen of mitigeren hiervan:

*Ontwerp en functioneren vismigratievoorziening*

➢ Sprake van gelaagdheid en een te hoge stroomsnelheid ter hoogte van de ingang van de vismigratievoorziening, waardoor vissen worden gehinderd bij het betreden hiervan.

- Plaatsen van flowmeter in lokstroomleiding → gewenste stroomsnelheid kan op gestuurd worden en blijft beter gehandhaafd.
- Toepassen grotere, vierkante uitstroombuis → afname uitstroomsnelheid van zoetere waterlaag.
- Aanbrengen van 'stepping stones' in uitstroombuis
  → Faciliteren van migratie van glasaal bij hogere stroomsnelheden.
  → Zorgen voor extra weerstand, waardoor de uitstroomsnelheid wordt getemperd.
  → Zorgen voor beter mengen zoet en zout water, met minder gelaagdheid en rustigere omstandigheden in de uitstroombuis tot gevolg.
  Dit zal vissen beter faciliteren om de vismigratievoorziening te betreden, zonder het lokstroomdebiet en daarmee de lokkende werking te verkleinen. Om het versterken van (andere) knelpunten te voorkomen hebben de eerste 2 maatregelen echter prioriteit.

- Lokstroompomp is storings- en onderhoudsgevoelig.
- Zorgen dat er altijd een reservepomp aanwezig is → voorkomen dat de vismigratievoorziening langere tijd niet functioneert tijdens het migratieseizoen.

- Instellingen migratiecyclus mogelijk suboptimaal, waarbij te lang of juist te kort wordt gelokt alvorens het inspoelmoment, waardoor vissen mogelijk de verzamelbak vroegtijdig verlaten, of juist geen sterke ophoping van vissen kan plaatsvinden.
- Testen van verschillende tijdsduren binnen een experimentele opzet → vaststellen optimale tijdsduur lokken.

- Verzamelbak loopt niet volledig leeg tijdens inspoelmoment als gevolg van een lekkende afsluiter (tussen verzamelbak en Oosterschelde), mogelijk kunnen vissen hierdoor achterblijven in de verzamelbak tijdens het inspoelmoment.
- Repareren lekkende afsluiter → volledig leeglopen verzamelbak tijdens inspoelmoment, waardoor er geen vissen achter kunnen blijven tijdens het inspoelmoment.
- Afsluiter korte tijd volledig open zetten nadat verzamelbak is leeggelopen, waarbij de leiding richting de polder nog open is → bewust doorspoelen van kurkentrekker vormige leiding richting polder, zodat al het water met vissen ook echt de polder bereikt. Hierbij is het wel belangrijk om, na het opnieuw dichtzetten van de afsluiter, de verzamelbak eerst weer helemaal leeg te laten lopen in de richting van de polder, alvorens te beginnen met het opnieuw vullen van de verzamelbak van buitenaf voor een nieuwe cyclus.

*Inrichting en functioneren habitat*

- Weinig beschutting, zowel op grote als kleine schaal, waardoor wind en stroming veel invloed hebben, en er weinig schuilgelegenheid is voor glasaal. Dit kan leiden tot het verlies van glasaal als gevolg van bijvoorbeeld gemaalafvoer, wind- en getijdewerking, of predatie.
- Creëren van meer beschutting en schuilgelegenheid aan de voorzijde van het gemaal. Bijvoorbeeld door het aanbrengen van een stroomgeul in een ondiepe getijdenplaat, al dan niet in combinatie met het aanleggen van strekdammen aan weerszijden van de uitstroomopening, waarbij her en der stortsteen wordt aangebracht
  → vasthouden nabij, en het begeleiden van glasaal naar het intrekpunt, wat ten goede komt aan de passage efficiëntie via de vismigratievoorziening.
  → Impuls voor de biodiversiteit in het algemeen door een geleidelijke, meer natuurlijke zoet-zoutovergang in de geul zelf waar veel soorten hun leefgebied kunnen vinden, en meer areaal met ondiepe getijdenplaten die bij een natuurlijke delta horen aan weerszijden hiervan.

# 6 Dankwoord

Het uitvoeren van de 'Passagecheck' voor de gemalen Duiveland en Prommelsluis was alleen mogelijk door het verzamelen van een grote hoeveelheid gegevens. Een belangrijk deel van deze gegevens werd verzameld door zeer intensief te vissen met kruisnetten. Vrijwilligers, die al betrokken waren bij de kruisnetmonitoring van 'Samen voor de Aal', hebben een cruciale rol gespeeld door tijdens de donkere uren van het voorjaar vele halen met het kruisnet te doen en de gemerkte oplichtende glasaaltjes en driedoornige stekelbaarzen te scheiden van de ongemerkte. De nachtelijke tijdstippen van de kruisnetbevissingen bij Duiveland, die vanwege de bereik- en bevisbaarheid van de locatie mee schoven met het opkomende getij, vormden hierbij een extra uitdaging.

Ben Bousché, Bert van den Bos, Carel Doodkorte, Costian de Jonge, Ed van der Spoel, Erwin van Dijk, Henk Veldmans, Herman de Zwart, Jaap Legerstee, Jakkoo Brouwer, Jochem de Jonge, Metten Penninga, Mick van der Veen, Niek Romijn, Rudi Vercruysse, heel veel dank!

Stagiair(e)s hebben op verschillende wijzen een waardevolle bijdrage geleverd aan het onderzoek. Damian van Katwijk, Marijn Tinga (Landscape & Environment Management, Hogeschool Inholland Delft) en Vincent van Marrewijk (Watermanagement, Hogeschool Zeeland), hartelijk dank voor jullie enorme inzet!

Beroepsvisser Peter Kooistra verzorgde de doortrekmetingen met de fuiken, ook in het weekend, waarvoor dank!

Van Waterschap Scheldestromen bedanken wij;

- Wim Verstelle voor de afstemming rondom de afvoer van water via de gemalen tijdens het onderzoek. Dit is cruciaal om het onderzoek goed op te kunnen zetten en uit te kunnen voeren;
- John Kloet voor het verzorgen van toegang tot de gemalen en vismigratievoorzieningen, inclusief rondleidingen op locatie. Dit is onmisbaar om het onderzoek goed uit te kunnen voeren;
- Lies Hamelink voor het aanleveren van de debietgegevens van beide gemalen tijdens de onderzoeksperiode. Deze gegevens kunnen erg belangrijk zijn bij de duiding van de onderzoeksresultaten;
- Monique Braam voor het schrijven van een bericht over het onderzoek in het tijdschrift van het Waterschap. Aandacht voor het onderzoek in de communicatie is een belangrijke schakel in het creëren van draagvlak voor het onderzoek, en stimuleren van participatie hierin;
- En in het bijzonder Bernd van Broekhoven, die zich al jaren inzet voor het verbeteren van vismigratie, voor het verstrekken van de technische informatie met betrekking tot de vismigratievoorzieningen, en het verzorgen van de interne afstemming binnen het Waterschap. Beiden zijn essentieel voor een goede uitvoering van het onderzoek.

Het kritisch kijken naar eigen vismigratievoorzieningen in de vorm van deze 'Passagecheck' verdient waardering en draagt bij aan het verbeteren van huidige vismigratievoorzieningen en het optimaliseren van nog te realiseren voorzieningen in de toekomst.

# 7 Literatuur

Griffioen, A.B., M.E. Schiphouwer (RAVON), H.V. Winter, & S. Ploegaert (RAVON). Aalonderzoeken Hoogheemraadschap van Delfland: efficiëntie van glasaalintrek bij gemaal Schoute. Wageningen Marine Research Wageningen UR (University & Research centre), Wageningen Marine Research rapport C007/18. 39 blz.

Imbert, H., Beaulaton, L., Rigaud, C., & Elie, P. (2007). Evaluation of visible implant elastomer as a method for tagging small European eels. Journal of Fish Biology, 71(5), 1546-1554.

Kooiman, M. & S.M.A. Ploegaert, 2022. Passagecheck Zeeland – 2021. Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorzieningen bij gemalen Loohoek en De Noord voor glasaal en driedoornige stekelbaars. Stichting RAVON, Nijmegen. Rapportnummer 2021.044-PC21.

Kooiman, M., I. Spruijt & S. Ploegaert, 2023. Passagecheck Zeeland – 2023. Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorzieningen bij gemalen Dekker en De Piet voor glasaal en driedoornige stekelbaars. Stichting RAVON, Nijmegen. Rapportnummer 2023.042-2023.

Krebs, C.J., (2014). Ecological Methodology, 3rd ed. Part One – Estimation abundance in animal and plant populations (2021 version, https://www.zoology.ubc.ca/~krebs/books.html)

Ploegaert, S.M.A., 2020. Passagecheck Zeeland – 2019. Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorzieningen bij gemalen Schore en Poppekinderen voor glasaal en driedoornige stekelbaars. Stichting RAVON, Nijmegen. Rapportnummer 2019.045.

Ploegaert, S.M.A., F. Smith, M. Schiphouwer & J. Kranenbarg, 2018. Passagecheck Zeeland – 2018. Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorzieningen bij Loohoek en Prommelsluis voor glasaal en driedoornige stekelbaars. Stichting RAVON, Nijmegen. Rapportnummer 2018.039.

Ploegaert, S.M.A. & M. Kooiman, 2022. Passagecheck Bathse Spuisluis. Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorziening bij de Bathse Spuisluis voor glasaal en driedoornige stekelbaars. Stichting RAVON, Nijmegen. Projectnummer 2022.068.

Schiphouwer, M.E. & M. Kooiman, 2021. Landinwaartse migratie van aal via de Noord-Hollandse IJsselmeerkust. Onderzoek naar intrek, aanbod en knelpunten. RAVON, Nijmegen. Rapportnummer 2019.053.

Schiphouwer, M., M. Kooiman, T. Kroon, J. van den Ende, S. Ploegaert & B. Peters, 2022. Landinwaartse migratie van glasaal via Scheveningen. Passagecheck complex Keersluis en Gemaal Schoute. Projectnummer 2020.053. RAVON, Nijmegen.

Schiphouwer, M., S. Ploegaert, A. Regtien, J. van Boxel, 2021. Onderzoek naar vismigratie geautomatiseerd. Water Matters (13): 40-43.

Seber, G.A.F. 1982. The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters. 2nd edition. Griffin, London.

Spruijt, I., M. Kooiman & S.M.A. Ploegaert, 2024. Samen voor de Aal; Kruisnetmonitoring Zeeland 2017-2024. Rapportnummer 2023.042-2024A. Stichting RAVON, Nijmegen.

# Bijlage 1: Berekening populatieschattingen onderzoeksperiode en seizoen

*Onderzoeksperiode*

Het momentaanbod van driedoornige stekelbaars is op beide locaties (ook) benaderd over de gehele onderzoeksperiode op basis van de (terug)vangsten met de fuik. Het gaat hierbij om de periode van 13 april t/m 14 mei bij Duiveland en 31 maart t/m 6 mei bij Prommelsluis (vanwege ontbreken van terugvangsten van driedoornige stekelbaars in de kruisnetten is dit bij Prommelsluis tevens de enige manier om inzicht te krijgen in het aanbod). Tijdens deze periodes heeft doorlopend vangstinspanning plaatsgevonden met de fuik. Gemerkte dieren maakten daarbij een bepaalde kans om teruggevangen te worden. Het aantal terugvangsten was afhankelijk van het vangstrendement van de fuik op dat moment en de dynamiek van het aanbod, o.a. de verblijftijd. Op basis van het uiteindelijke terugvangstrendement kan een benadering van de totale populatiegrootte plaatsvinden over de gehele onderzoeksperiode. Voorwaarde voor een goede bepaling van het terugvangstrendement is wel dat aan het eind van de periode waarin terugvangstinspanning plaatsvindt nagenoeg geen terugvangst van gemerkte dieren meer wordt gegenereerd. Doordat met de fuik doorlopend vangstinspanning werd geleverd voor een langere periode zijn een groot aantal terugvangsten gegenereerd. Dit maakt het mogelijk om een betrouwbare inschatting te maken van de populatiegrootte gedurende de onderzoeksperiode.

Net als bij de benadering van het momentaanbod is bij de populatieschattingen over de gehele onderzoeksperiode gebruik gemaakt van de variatie op de eenvoudige Petersen methode, voorgesteld door Seber (1982) om overschatting van de daadwerkelijke populatiegrootte te voorkomen (Krebs, 2014):

$$N = \frac{(M+1)(C+1)}{R+1} - 1$$

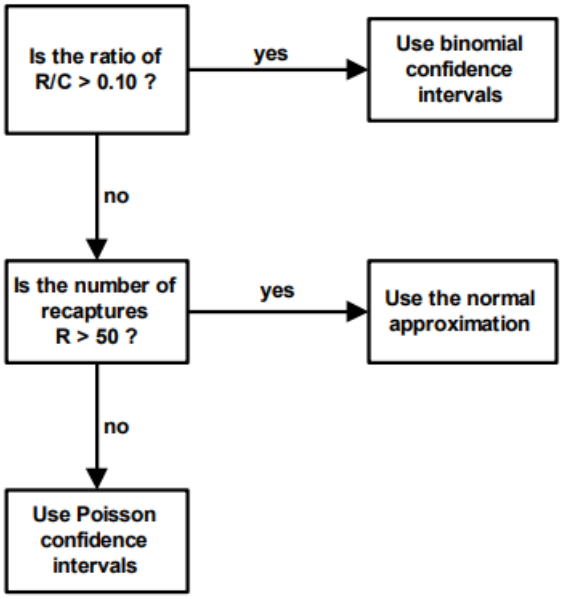
Het uitgangspunt van de toepassing van deze methode in deze situatie is dat: de verhouding tussen het totaal aantal gemerkte dieren ($M$) en de populatiegrootte ($N$) tijdens de onderzoeksperiode gelijk is aan de verhouding tussen het aantal in de fuik teruggevangen gemerkte dieren ($R$) en het aantal in de fuik gevangen dieren dat gecontroleerd is op de aanwezigheid van gemerkte dieren ($C$) tijdens de gehele onderzoeksperiode. Bij de berekening van de 95% betrouwbaarheidsinterval is dezelfde methode gehanteerd als bij het momentaanbod (zie Bijlage 2).

*Seizoen*

Door de gemerkte dieren ook als representatief te beschouwen voor de aanwezige populatie buiten de periode met intenstieve terugvangstinspanning om, kan op basis van het lokale seizoensverloop van de kruisnetmonitoring van Samen voor de Aal (Spruijt et al., 2024) ook een benadering van het seizoensaanbod van glasaal plaatsvinden. Dit is gedaan voor beide onderzoekslocaties. Uitgangspunt van deze benadering is dat het momentaanbod (5 t/m 13 april bij Prommelsluis en 18 t/m 27 april bij Duiveland) een bepaald aandeel vormt van het aanbod tijdens het gehele intrekseizoen (half februari t/m half juni). Op basis van het lokale seizoensverloop van de kruisnetmonitoring van Samen voor de Aal kan worden berekend om welk aandeel het hier ongeveer gaat. Aan de hand daarvan kan vervolgens een extrapolatie worden gedaan naar het glasaalaanbod over het gehele seizoen.

# Bijlage 2: Berekening betrouwbaarheid populatieschattingen

Om de betrouwbaarheid van de populatieschattingen inzichtelijk te maken is het betrouwbaarheidsinterval van 95% berekend. Er zijn verschillende manieren om een betrouwbaarheidsinterval te berekenen rondom Petersen populatieschattingen. Het is afhankelijk van de data welke manier van toepassing is. Seber (1982) heeft hiervoor een algemene richtlijn opgesteld (Krebs, 2014). Deze is weergegeven in Figuur B6.1.




*Figuur B6.1: Algemene richtlijn voor de keuze van een bepaalde betrouwbaarheidsinterval rondom Petersen populatieschattingen zoals voorgesteld door Seber (1982). Overgenomen uit Krebs (2014).*

Binnen de onderhavige studie was de verhouding tussen het aantal in de kruisnetten teruggevangen gemerkte dieren (R) en het aantal in de kruisnetten gevangen dieren dat gecontroleerd is op de aanwezigheid van gemerkte dieren (C) nooit groter dan 0.10. Om deze reden zijn alleen de Normal Approximation en Poisson betrouwbaarheidsintervallen toegepast.

*Normal Approximation betrouwbaarheidsinterval*
De Normal Approximation betrouwbaarheidsinterval kan als volgt worden berekend.

$$\frac{R}{C} \pm \left\{ Z_{\propto} \left[ \sqrt{\frac{(1-f)({}^{R}/_{C})(1-{}^{R}/_{C})}{(C-1)}} \right] + \frac{1}{2C} \right\}$$

*Waar:* $f = {}^{R}/_{M}$

En: $Z_{\propto}$ = standaardnormale deviatie voor de (1-α) mate van betrouwbaarheid (=1.96 bij een 95% betrouwbaarheidsinterval)

Op basis van de bovenstaande formule kunnen de onder- en bovengrens van de 95% betrouwbaarheidsinterval voor (R/C) worden berekend. Met deze limieten kan vervolgens de

95% betrouwbaarheidsinterval bij de geschatte populatiegrootte worden berekend door ze te gebruiken voor R/C in de formule:

$$N = \frac{C\ M}{R}$$

Dit gaat als volgt in zijn werk:

$$Ondergrens\ 95\%\ betrouwbaarheidsinterval\ bij\ N = \left(\frac{1}{x_1}\right) * M$$
$$Bovengrens\ 95\%\ betrouwbaarheidsinterval\ bij\ N = \left(\frac{1}{x_2}\right) * M$$

Waar: $x_1$ = de bovengrens van de 95% betrouwbaarheidsinterval voor (R/C).
En: $x_2$ = de ondergrens van de 95% betrouwbaarheidsinterval voor (R/C).

*Poisson betrouwbaarheidsinterval*
De onder- en bovengrens van de 95% betrouwbaarheidsinterval bij de geschatte populatiegrootte kunnen als volgt worden berekend:

$$Ondergrens\ 95\%\ betrouwbaarheidsinterval\ bij\ N = \frac{(M+1)(C+1)}{(x_1+1)} - 1$$
$$Bovengrens\ 95\%\ betrouwbaarheidsinterval\ bij\ N = \frac{(M+1)(C+1)}{(x_2+1)} - 1$$

Waar: $x_1$ = de bovengrens van de 95% betrouwbaarheidsinterval voor R.
En: $x_2$ = de ondergrens van de 95% betrouwbaarheidsinterval voor R.

Voor het bepalen van de bovengenoemde onder- en bovengrens zijn standaard afleestabellen beschikbaar.

RAVON
Reptielen Amfibieën Vissen Onderzoek Nederland

Natuurplaza
Toernooiveld 1 - 6525 ED Nijmegen
Postbus 1413 - 6501 BK Nijmegen

T: 024 - 7 410 600 (alg.)
www.ravon.nl

