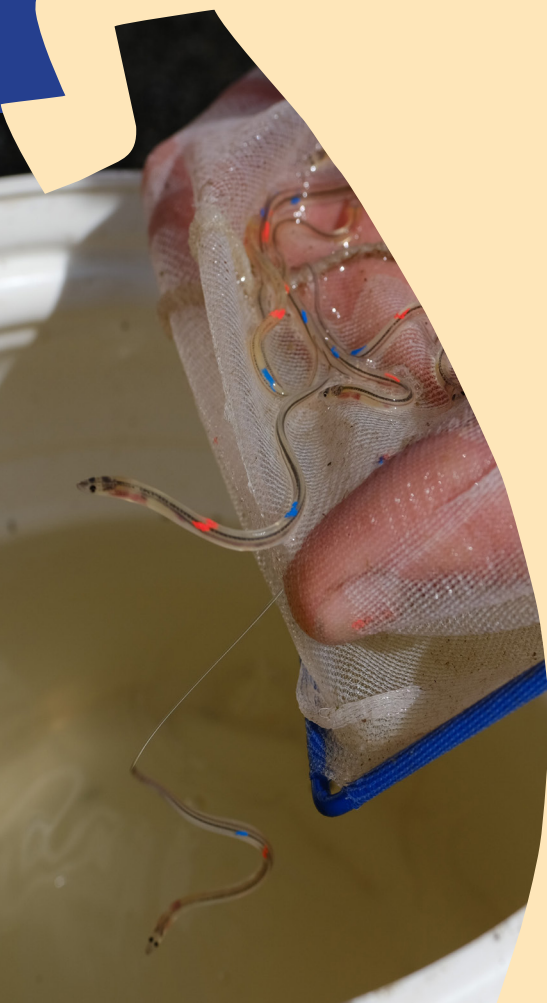




Passagecheck Bathse Spuisluis

Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorziening bij de Bathse Spuisluis voor glasaal en driedoornige stekelbaars

Sanne Ploegaert & Maurice Kooiman



RAVON

Passagecheck Bathse Spuisluis

Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorziening bij de Bathse Spuisluis voor glasaal en driedoornige stekelbaars



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



Waterschap Scheldestromen



RAVON



Provincie
Zeeland

Colofon

Status uitgave:	Definitief
Datum uitgave:	15-11-2022
Titel:	Passagecheck Bathse Spuisluis
Subtitel:	Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorziening bij de Bathse Spuisluis voor glasaal en driedoornige stekelbaars
Wijze van citeren:	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.
Foto's omslag:	Sanne Ploegaert
Aantal pagina's incl. bijlagen:	46
Projectnummer:	2022.068
Projectleiding:	Sanne Ploegaert (Stichting RAVON)
Rapportage:	Sanne Ploegaert & Maurice Kooiman
Met medewerking van:	Arthur de Bruin, Benjamin Peters, Jeroen Tummers, Jisk van den Ende, Jöran Janse, Mark Groen, Martijn Schiphouwer, Michiel Sijthoff, Mick Vos, Nymfe van Boekel
Opdrachtgever:	Rijkswaterstaat Zee & Delta
Akkoord voor uitgave:	Martijn Schiphouwer (Stichting RAVON)

Inhoud

1	Inleiding	6
2	Methode	7
2.1	Locatie	7
2.1.1	Vismigratievoorziening Bathse Spuisluis	9
2.2	Onderzoeksopzet	10
2.2.1	Merkprocedure	11
2.2.2	Aanbod	12
2.2.3	Doortrek efficiëntie	14
2.2.4	Uitspoeling	16
2.2.5	Habitatgebruik	16
2.2.6	Timing migratiebeweging	17
2.2.7	Onderzoeksperiode	18
3	Resultaten	19
3.1	Aanbod	19
3.2	Doortrek efficiëntie vismigratiemiddel	20
3.2.1	Vergelijking met andere vismigratievoorzieningen	22
3.3	Verblijftijd en uitspoeling	23
3.3.1	Verblijftijd	23
3.3.2	Uitspoeling gemerkte glasalen	24
3.4	Timing migratiebeweging	25
3.5	Habitatgebruik	28
3.5.1	Algemeen beeld habitatgebruik in ruimte en tijd	29
3.5.2	Verschillen tussen uitzet zones	30
4	Synthese migratiebeweging in en rondom de Bathse Spuisluis	32
5	Aanbevelingen	35
5.1.1	Optimalisatie binnen huidige vismigratievoorziening	35
5.1.2	Optimalisatie binnen bestaand kunstwerk	36
5.1.3	Optimalisatie buiten bestaand kunstwerk	37
5.1.4	Habitatverbetering	37
5.1.5	Voorkeursscenario	38
5.1.6	Monitoring werking vismigratievoorziening	39
6	Dankwoord	40
7	Literatuur	41
	Bijlage 1: Berekening aanbod onderzoeksperiode en seizoen	43
	Bijlage 2: Berekening betrouwbaarheid aanbodschattingen	44
	Bijlage 3: Berekening fictieve migratiewinst verschillende scenario's	46

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.

Het Volkerak-Zoommeer, inclusief het Bathse Spuikanaal, heeft potentie als robuuste vismigratiecorridor tussen de Westerschelde en het Hollands Diep/Haringvliet (Ploegaert & Tummers, 2019). De Bathse Spuisluis is het belangrijkste afvoerpunt van zoet water vanuit het Volkerak Zoommeer. Deze spuisluis kent naar verwachting een relatief hoog aanbod van glasaal en wordt aangemerkt als een intrekpunt met hoge potentie voor vismigratie (Van der Hammen & van Rijssel, 2021; Dubbeldam & Broekhoven, 2014). Om vismigratie te faciliteren zijn aanpassingen gedaan aan de meest oostelijke spuikoker van de Bathse Spuisluis. In 2022 heeft RAVON een Passagecheck uitgevoerd bij de Bathse Spuisluis om de efficiëntie van de vismigratievoorziening voor glasaal en driedoornige stekelbaars en de migratiebeweging van deze soorten in en rondom de spuisluis te onderzoeken.

Hoofdvraag:

Wat is het migratiegedrag van glasaal en driedoornige stekelbaars in en rondom de vismigratievoorziening in de Bathse Spuisluis en wat zegt dit over de efficiëntie van de vismigratievoorziening?

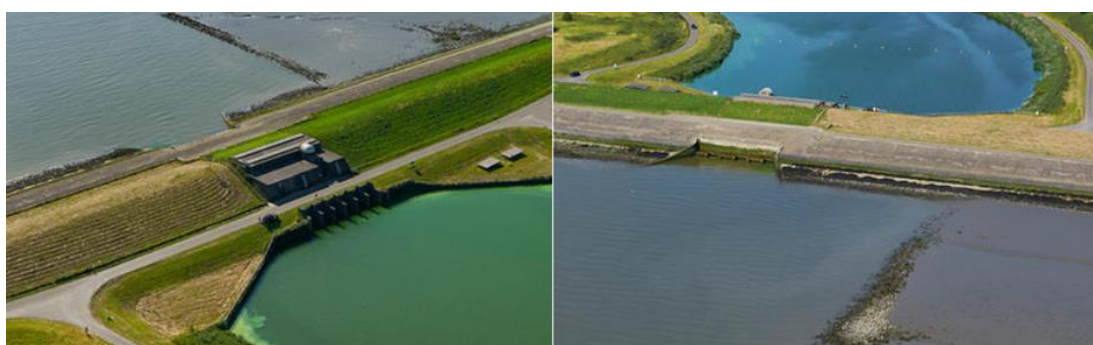
Deelvragen:

- Wat is het moment- en seizoensaanbod van glasaal, en het momentaanbod van driedoornige stekelbaars bij de Bathse Spuisluis?
- Welk aandeel van glasaal en driedoornige stekelbaars maakt gebruik van de vismigratievoorziening, en hoe lang doen ze hierover?
- Wat is de verblijftijd van glasaal bij de Bathse Spuisluis?
- Is er sprake van uitspoeling en wat is hiervan het effect op de intrekefficiëntie van glasaal?
- Wat is de timing van de migratiebeweging van glasaal ten opzichte van het spuien, het getij en de werking van de vismigratievoorziening?
- Hoe gebruikt glasaal het habitat aan de Westerschelde-zijde van de Bathse Spuisluis, en wat is de invloed hiervan op de passage efficiëntie?
- Hoe groot is de kans dat glasalen, die door het spuien op verschillende afstanden van de Bathse Spuisluis terecht komen, terugkomen bij het intrekpunt, en intrekken?
- Welke concrete voorstellen voor het verbeteren van de vispasseerbaarheid van de Bathse Spuisluis kunnen worden gedaan op basis van de opgedane inzichten tijdens dit onderzoek?

2 Methode

2.1 Locatie

Tussen het Volkerak-Zoommeer en de Westerschelde bevindt zich het Bathse Spuikanaal. Waar het Bathse Spuikanaal uitmondt in de Westerschelde bevindt zich de Bathse Spuisluis (figuur 2.1 en 2.2). De Bathse Spuisluis is gebouwd tussen 1980 en 1987 en is als enige Deltawerk oorspronkelijk niet bedoeld ter verdediging tegen het zeewater, maar om overtollig water uit het Volkerak-Zoommeer af te voeren. Water vanuit het Volkerak-Zoommeer wordt via het Bathse Spuikanaal en de spuisluis onder vrij verval geloosd bij lagere buitenwaterstanden. Het spuien gebeurt door zes betonnen kokers (3,92 m breed en 21,55 m lang) geplaatst over een breedte van 24.2 m. Welke spuiokers meedoen in het spuiproces varieert per spuicyclus.



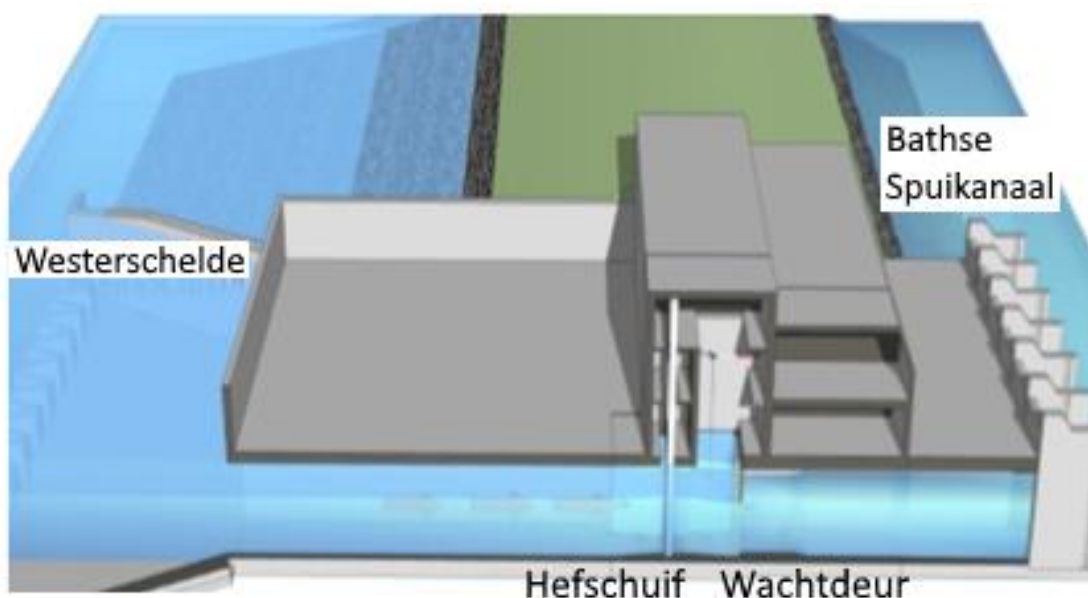
Figuur 2.1: Overzichtsfoto's van Bathse Spuisluis, links genomen in westelijke richting (linksboven in beeld: de Westerschelde) en rechts in noordelijke richting (boven in beeld: Bathse Spuikanaal). Bron: Marco van Middelkoop, Aerophoto - Augustus 2015.



Figuur 2.2: Ligging van de Bathse Spuisluis.

Binnen de spuisluis is er in iedere koker een hefschuif (5,4 m hoog, 2,9 m breed) geplaatst die alleen geheel open, of gesloten kan worden. Afhankelijk van de gevraagde afvoercapaciteit wordt het aantal te openen hefschuiven bepaald (figuur 2.3). In aanvulling op de hefschuif bevat iedere spuikoker een veiligheidsmiddel om zoutwater indringing door de Bathse Spuisluis tegen te gaan. Deze wachtdeur functioneert autonoom op basis van peilverschil en stromingsrichting. De wachtdeur wordt normaliter opgedrukt tot in de deurkas bij uitstromend water in de Westerschelde, en sluit bij opkomend getij ter voorkoming van instroom van zout water in het spuikanaal.

Het peilverschil over de Spuisluis is groot, met aan de Westerschelde-zijde een getijdeafhankelijk peil van -2.29 tot +3.06 m NAP en in het Spuikanaal van ca. tussen de +0,15 en -0,10 m NAP. Afhankelijk van het peilverschil tussen het Volkerak-Zoommeer en de Westerschelde en het chloridegehalte in het Volkerak-Zoommeer, staat de Bathse Spuisluis in spuistand of in gesloten stand. De spuisluis loost water met jaargemiddelde debieten van ca. 15 m³/s [5 - 25 m³/s] (Dubbeldam & Van Broekhoven, 2014; Rijkswaterstaat, 2019).



Figuur 2.3: Laterale weergave van Bathse Spuisluis, waarbij de hefschuif (links) van de meest oostelijke spuikoker in gesloten positie staat ter voorkoming van instroom van zout water in het Bathse Spuikanaal. Bron: Romijn (2015).



Figuur 2.4: Aanzichten van respectievelijk de noordzijde (Bathse Spuikanaal, zoet water, links) en de zuidzijde (Westerschelde bij opkomend tij, zout water, rechts) van Bathse Spuisluis.

2.1.1 Vismigratievoorziening Bathse Spuisluis

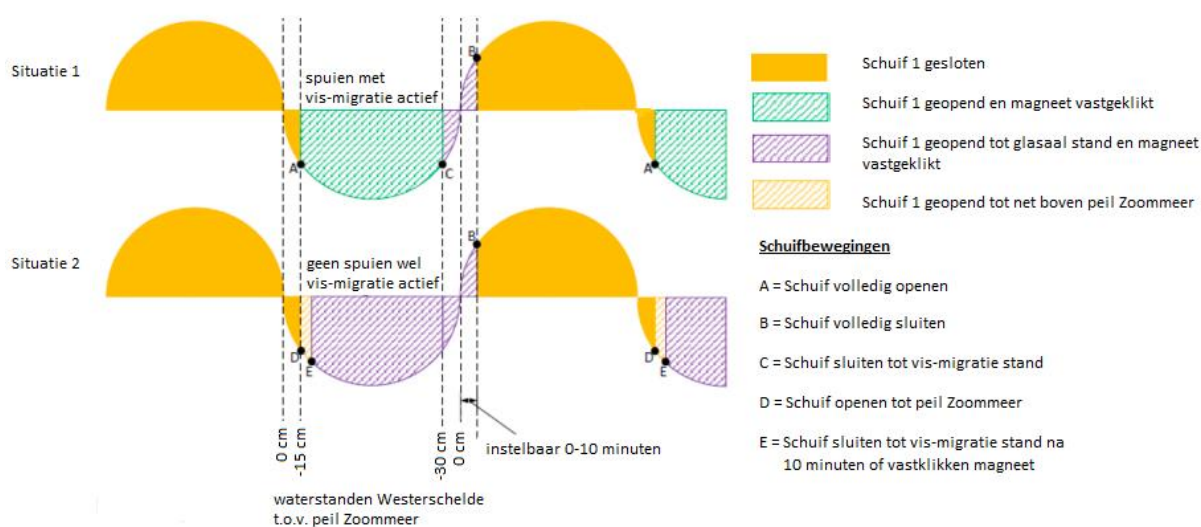
Om vismigratie te faciliteren zijn aanpassingen gedaan aan de meest oostelijke spuikoker van de Bathse Spuisluis (koker 1). De hefschuif van deze spuikoker kan op een kier worden gezet van 2.8 m x 0.23 m (b x h), de zogenaamde migratiestand. Daarnaast kan de wachtdeur geforceerd worden opgehouden met behulp van magneten. Dankzij deze aanpassingen kan iedere getijdencyclus voor een beperkt moment vismigratie plaatsvinden. De werking van het systeem is afhankelijk van het spuiregime. Hieronder wordt de theoretische werking van het systeem per situatie toegelicht aan de hand van figuur 2.5.

Spuikoker 1 actief in spuiproces

Wanneer koker 1 actief is in het spuiproces gaat de hefschuif volledig open bij afgaand water wanneer het waterpeil in de Westerschelde 15 cm lager staat dan in het spuikanaal (A). Bij voldoende debiet zal de wachtdeur opengaan, contact maken met de magneten en vastkleven. Aan het einde van de spuicyclus, tijdens opkomend water, wanneer het waterpeil in de Westerschelde 30 centimeter lager staat dan in het spuikanaal, sluit de hefschuif in koker 1 zich tot de migratiestand, en wordt de wachtdeur geforceerd open gehouden met behulp van de magneten (C). Vanaf het moment van gelijk peil gaat een timer lopen van maximaal 10 minuten, waarna de hefschuif volledig sluit (de zogenaamde sluitvertraging). Als de hefschuif volledig gesloten is worden de magneten ontkracht en kan de wachtdeur sluiten (B).

Spuikoker 1 niet actief in spuiproces

Wanneer koker 1 niet actief is in het spuiproces, gaat de hefschuif open tot net boven het waterpeil van het Zoommeer op het moment dat het waterpeil in de Westerschelde tijdens afgaand water 15 cm lager staat dan in het spuikanaal (D). Zodra de wachtdeur vastklikt aan de magneet, maar uiterlijk 10 minuten later, wordt de hefschuif gesloten tot aan de migratiestand (E). Vervolgens blijft de hefschuif in de migratiestand staan totdat het waterpeil van de Westerschelde gelijk is aan dat van het spuikanaal. Vanaf het moment van gelijk peil gaat een timer lopen van maximaal 10 minuten, waarna de hefschuif volledig sluit (de zogenaamde sluitvertraging). Als de hefschuif volledig gesloten is worden de magneten ontkracht en kan de wachtdeur sluiten (B).



Figuur 2.5: Schematische weergave van de werking van de vismigratievoorziening in de meest oostelijke spuikoker van de Bathse Spuisluis. Bron: De Loeff et. al., 2018.

In beide hierboven beschreven situaties stroomt water, dankzij de sluitvertraging, van de Westerschelde naar het spuikanaal gedurende de maximaal 10 minuten tussen het gelijk peil en het sluiten van de hefschuif en wachtdeur. Vissen die zich aan de voorzijde van de spuisluis hebben geconcentreerd in de lokstroom van de migratiestand kunnen in deze beperkte tijdsperiode de spuisluis landinwaarts passeren.

In de nacht van 28 op 29 april is de werking van de vismigratievoorziening geobserveerd vanuit de spuisluis. Om 00:53 uur registreerde het systeem gelijk peil. De timer van de sluitvertraging startte om $\pm 00:54$ uur (± 2 minuten speling). Om 01:06 uur klonk een alarm en begon de hefschuif te sluiten. Binnen 3 minuten (om $\pm 01:08$ uur) was de hefschuif volledig gesloten, direct gevolgd door het losklikken van de wachtdeur die geforceerd werd opengehouden door de magneten. Daarmee komt de praktische werking van de migratievoorziening grotendeels overeen met de hierboven beschreven theoretische werking, met uitzondering van de vertraging tussen het geregistreerde gelijk peil en het starten van de timer van de sluitvertraging, waardoor de hefschuif 13 minuten na het geregistreerde gelijk peil pas begon met sluiten in plaats van maximaal 10 minuten daarna.

2.2 Onderzoeksopzet

Om inzicht te verkrijgen in het aanbod van glasaal en driedoornige stekelbaars bij de Bathse Spuisluis en de efficiëntie waarmee deze soorten de aanwezige vismigratievoorziening passeren zijn verschillende onderzoeksmethoden gecombineerd binnen een merk-terugvangst experiment. Een overzicht van de gebruikte onderzoeksmethoden is ruimtelijk weergegeven in figuur 2.6. 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 Westerschelde-zijde, voor de spuikokers van de Bathse Spuisluis. 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 2.6: Ruimtelijke weergave van de verschillende onderzoeksmethodes.

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-2022-01. Binnen een uur na het vangen werden glasalen per tien exemplaren overgebracht naar een doorluchte bak met 0,2 mg/l acetylegeenol, 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 nodig was. 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 2.7). Na het inbrengen hard het elastomeer uit, maar blijft flexibel. Per merkmoment kregen de dieren een unieke kleurcode mee, zodat bij terugvangst duidelijk was wanneer de dieren 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; Schiphouwer et al., 2021; Kooiman & Ploegaert, 2022, *concept*) en langs de IJsselmeerkust (Schiphouwer & Kooiman, 2021) is deze werkwijze succesvol toegepast.



Figuur 2.7: Gemerkte glasaal en driedoornige stekelbaars (Foto's: Sanne Ploegaert).

Tabel 2.1: Aantallen glasaal en driedoornige stekelbaars voorzien van een VIE-tag bij De Bathse Spuisluis per kleurcode en onderdeel van het onderzoek. De glasalen en driedoornige stekelbaarzen zijn afkomstig uit kruisnetvangsten.

Onderdeel	Rood	Oranje	Groen-Groen	Groen	Geel	Blauw-Oranje	Blauw	Roze-Roze	Roze	Rood-Rood	Rood-Blauw	Rood-Oranje	Rood-Geel	Blauw-Geel	Blauw-Roze	Blauw-Blauw	Blauw-Groen	Oranje-Roze	Oranje-Groen	Oranje-Oranje	Oranje-Geel	Geel-Blauw	Geel-Roze	Geel-Geel	Geel-Groen	Totaal
Aanbod en doortrek efficiëntie																										
Periode 1	Glasaal	632	600	600																						1832
	Driedoorn	400	284	76																						760
Periode 2	Glasaal				600	600		600																		1800
	Driedoorn				144		120		189																	453
Habitatgebruik																										
Kunstmatige substraten zone 1	Glasaal								200				200						199							599
Kunstmatige substraten zone 2	Glasaal									200					201					219						620
Kunstmatige substraten zone 3	Glasaal										200					201				200						601
Kunstmatige substraten zone 4	Glasaal											200					215				200					615
Uitspoeling																										
Vanuit spuikanaal - periode 1	Glasaal																					200				200
Vanuit spuikanaal - periode 2	Glasaal																							200		200
Van tussen hef- en waakdeur - periode 1	Glasaal																						200			200
Van tussen hef- en waakdeur - periode 2	Glasaal																								200	200

2.2.2 Aanbod

Tijdens het merk-terugvangst experiment is er gedurende 2x 10 avonden met kruisnetten van 1x1 meter aan de voorzijde van de spuisluis gevestigd. Tijdens deze bevissingen was sprake van een spuistop waarbij er niet werd gespuid bij laagwater in de avond en de vismigratiecyclus in de meest oostelijke spuikoker actief was. De bevissingen vonden plaats vanaf laag water en in het donker (minimaal vanaf een uur na zonsondergang), waarbij gedurende ruim 3 uur werd gevestigd. Afhankelijk van de capaciteit en de grootte van de vangst is er met minimaal 1 tot maximaal 4 kruisnetten gevestigd. Dit gebeurde volgens vast protocol, waarbij de kruisnetten 5 minuten rusten op de bodem alvorens te worden opgehaald. Kruisnetten hadden vaste posities voor de spuisluis (Figuur 2.8). 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 ruim 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. De vrijwilligers waren al actief voor de kruisnetmonitoring van Samen voor de Aal Zeeland of Zuid-Holland (Peters et al., 2022a; Peters et al., 2022b, *concept*). De verhouding tussen met het kruisnet gevangen gemerkte en ongemerkte vissen kan vervolgens 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.



Figuur 2.8: Ruimtelijke weergave van de verschillende kruisnetposities.

Populatieschattingen

In beginsel zijn de populatieschattingen per periode van 10 dagen 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 2x 10 dagen kruisnetvissen), tenzij aan het eind van een langere periode waarin terugvangstinspanning plaatsvindt (in dit geval 23 dagen fuikvissen) nagenoeg geen terugvangst van gemerkte dieren meer wordt gegenereerd. Dit laatste was het geval binnen onderhavig onderzoek, waardoor het mogelijk was om naast het momentaanbod ook het aanbod tijdens de gehele onderzoeksperiode te benaderen. Ten slotte is met behulp van het verloop van het glasaalseizoen op basis van de kruisnetmonitoring binnen het project 'Samen voor de Aal Zeeland' (Peters et al., 2022) een inschatting gemaakt van het aanbod

gedurende het gehele intrekseizoen. Voor meer informatie over de berekening van het aanbod tijdens de onderzoeksperiode en het seizoensaanbod 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. Seber (1982) heeft hiervoor een algemene richtlijn opgesteld (Krebs, 2014). Voor meer informatie over het berekenen van de betrouwbaarheid rondom de populatieschattingen wordt verwezen naar Bijlage 2.

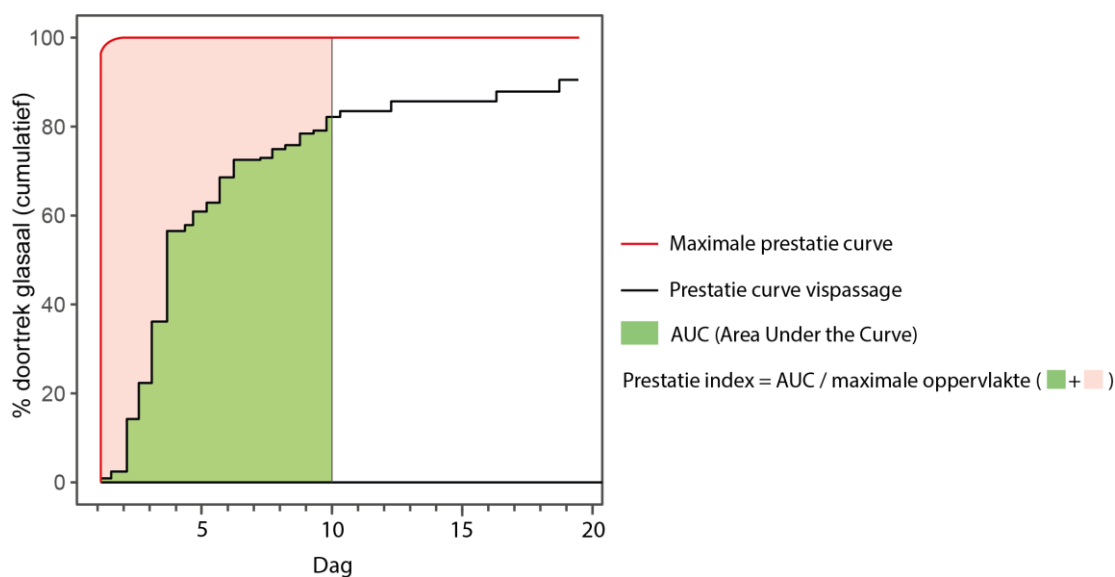
2.2.3 Doortrek efficiëntie

Vissen die gebruik hebben gemaakt van de vismigratievoorziening tijdens dit experiment zijn aan de achterzijde (Bathse Spuikanaal) opgevangen in een specifiek voor deze locatie ontworpen opvangnet welke de achterkant van de meest oostelijke spuikoker (met vismigratievoorziening) volledig afsloot tijdens de momenten rond gelijk peil in het donker waarop migratie mogelijk was (figuur 2.9). De periode waarin het opvangnet is ingezet omvat beide perioden van 10 dagen waarin (terug)vangstinspanning is geleverd met het kruisnet + de 3 dagen daar tussenin (totaal 23 dagen). Tijdens deze periode was sprake van een spuistop, waarbij er niet werd gespuid bij laagwater in de avond en de vismigratiecyclus in de meest oostelijke spuikoker actief was. In principe zijn alle vissen die gebruik hebben gemaakt van de vismigratievoorziening tijdens deze periode gevangen met het opvangnet. Van 15 op 16 april is echter visueel waargenomen dat glasalen het opvangnet passeerden doordat deze de opening aan de onderkant niet volledig afsloot. Dit leidt tot een onderschatting van de doortrek van ongemerkte en mogelijk ook gemerkte vissen op dat moment van onbekende omvang. De daaropvolgende dagen is gecontroleerd op vrij zwemmende glasalen aan de achterzijde van het opvangnet, dit is niet opnieuw waargenomen. Om veiligheidsredenen met betrekking tot de aanwezigheid van het vangtuig en om migratie buiten de doortrekmetingen om te voorkomen is de meest oostelijke spuikoker in onderhoudsstand geplaatst tijdens laagwater overdag, waardoor deze op dat moment gegarandeerd gesloten bleef. Alle vissen die in het opvangnet achter de vismigratievoorziening terecht kwamen zijn gecontroleerd op een VIE-tag, geteld en geregistreerd, behalve bij zeer hoge vangstaantallen van glasaal. In dat geval is een deel van de glasalen geteld en gewogen en het totaal aantal glasalen gewogen, waarna op basis van de verhouding hiertussen een inschatting is gemaakt van het totaal aantal glasalen.



Figuur 2.9: Het specifiek voor deze locatie ontworpen opvangnet met aan het einde een Noors leefnet wordt met behulp van een kraan aan de achterzijde van de spuikoker met vismigratievoorziening geplaatst (Foto's: Jisk van den Ende).

De prestatie van de vismigratievoorziening wordt bepaald door het aandeel van het aanbod dat weet te passeren en hoeveel tijd hiervoor nodig is. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een prestatie index. Deze kan worden bepaald door de AUC (Area Under the Curve), oftewel oppervlak onder de grafiek van de cumulatieve curve van het doortrekpercentage (aandeel gemerkte individuen dat gepasseerd is op een gegeven tijdstip) te berekenen. Deze prestatie index is vervolgens weer te geven als percentage van de maximaal haalbare prestatie (figuur 2.10). 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. De prestatie index maakt het mogelijk om het presteren van verschillende typen vismigratievoorzieningen beter onderling te kunnen vergelijken.



Figuur 2.10: Prestatiecurve (% doortrek glasaal (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.

2.2.4 Uitspoeling

Om inzicht te krijgen in de uitspoeling van glasalen vanuit het spuikanaal terug naar de Westerschelde zijn twee groepen gemerkte glasalen uitgezet aan de binnenzijde van de spuiroker met vismigratievoorziening tijdens het inspoelproces van de vismigratiecyclus. Om inzicht te krijgen in de uitspoeling van glasalen van tussen de hef- en waakdeur in de spuiroker met vismigratievoorziening zijn twee groepen gemerkte glasalen uitgezet op deze locatie na het inspoelproces van de vismigratiecyclus.

2.2.5 Habitatgebruik

Onderzoek aan glasaal wordt normaal gesproken uitgevoerd door metingen te verrichten aan actieve glasaal. Wanneer glasaal niet actief is, schuilt voor harde stroming of schuilt voor predatoren rusten ze in het substraat. Om het habitatgebruik van glasaal aan de Westerschelde-zijde van de Bathse Spuisluis, en de invloed hiervan op de passage efficiëntie in kaart te brengen, is een aanvullend experiment uitgevoerd. Hierbij is gebruik gemaakt van kooien met kunstmatig substraat (figuur 2.11) die op verschillende afstanden aan de randen van het wad in het verlengde van de geul aan de Westerschelde-zijde van de Bathse Spuisluis zijn geplaatst (12 stuks verdeeld over 4 verschillende zones; zie figuur 2.7). Vervolgens werden glasalen met een kruisnet gevangen direct voor de vismigratievoorziening, gemerkt, en teruggeplaatst in de kunstmatige substraten (3 groepen verdeeld over 3 dagen, waarbij met de gebruikte kleurcodes onderscheid is gemaakt tussen de 3 verschillende uitzetdagen en 4 verschillende zones). Het substraat biedt de glasalen een geschikte schuilmogelijkheid waardoor ze niet gedwongen zijn direct na uitzet actief te gaan zwemmen ('soft release'). Door deze methodiek staan deze groepen model voor glasalen die door spuiactiviteit op verschillende afstanden van de Bathse Spuisluis terecht komen. Gedurende de eerste 4 dagen na aanvang van het experiment zijn de substraten gecontroleerd op de aanwezigheid van gemerkte en ongemerkte glasalen. Aan de hand van deze vangsten, en de terugvangst van in de substraten gemerkte glasalen in de kruisnetten en het opvangnet kan inzicht worden verkregen in het habitatgebruik en het rust- en migratiegedrag

van glasaal aan de voorzijde van het intrekpunt, in relatie tot bijvoorbeeld het spuiregime en het getij. Ook biedt het inzicht in hoe goed de vismigratievoorziening in staat is om glasalen aan te trekken over verschillende afstanden en wat vervolgens hun passagekans is. In het kader van de gehanteerde methodiek en situatie bij de Bathse Spuisluis geeft het vooral inzicht in hoeverre glasalen die, onder invloed van spuiactiviteit, op verschillende afstanden van het kunstwerk terecht komen nog kans maken om dit te bereiken en passeren.



Figuur 2.11: De kooien met kunstmatig substraat worden in gereedheid gebracht en uitgevaren naar hun positie langs het wad (foto: Jisk van den Ende).

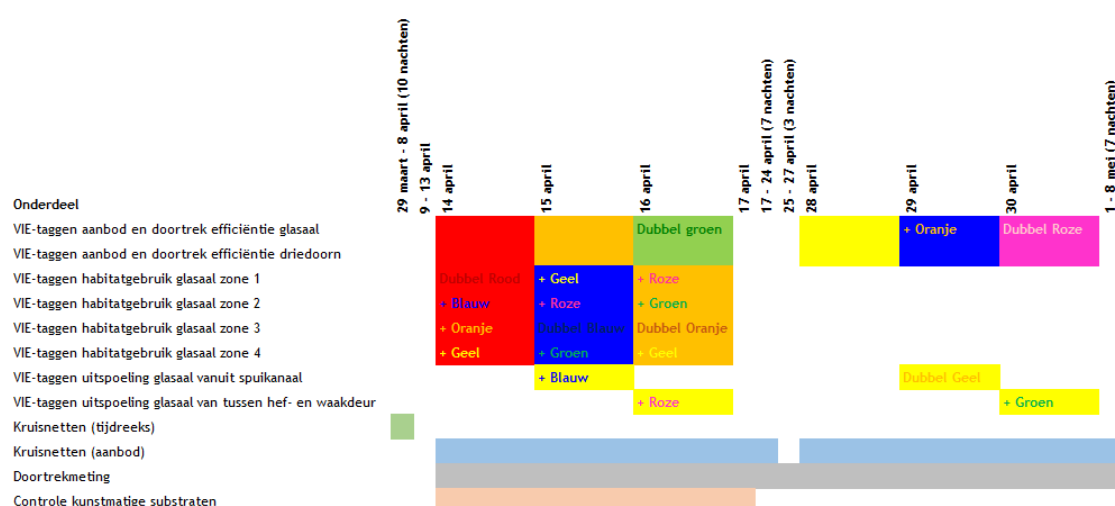
2.2.6 Timing migratiebeweging

Om te bepalen in hoeverre de cyclus van de vismigratievoorziening aansluit op het migratiegedrag van glasalen zijn, voorafgaand aan het merk-terugvangst experiment gedurende 10 dagen tijdreeksen gemaakt van de dichtheid van glasalen aan de Westerschelde-zijde door

intensief te vissen met een 1x1 meter kruisnet. Hierbij werd gestreefd om te vissen op de kruisnetpositie die het dichtst bij de spuikoker met vismigratievoorziening ligt (positie 1), en werd alleen uitgeweken naar positie 2 of 3 wanneer dit door te harde stroming noodzakelijk was (figuur 2.8). Hiermee is in kaart gebracht hoe dichtheden van glasalen direct voor de ingang van de vismigratievoorziening zich door de tijd heen verhouden tot het inspoelmoment, het getij en de spui-activiteit. Deze tijdreeksen zijn deels uitgevoerd onder het gebruikelijke spuiregime waarbij willekeurige kokers betrokken zijn in het spuiproces (de koker met vismigratiemiddel draait dan soms mee in het spuiproces en eindigt met de vismigratiecyclus, meestal draait deze koker niet mee in het spuiproces en draait wel de vismigratiecyclus), en deels uitgevoerd tijdens een spui-stop (hierbij werd er niet gespuid bij laagwater in de avond en was de vismigratiecyclus in de meest oostelijke koker actief).

2.2.7 Onderzoeksperiode

Het onderzoek is uitgevoerd van eind maart t/m begin mei, tijdens de jaarlijkse piek van de glasaalintrek. De kans op vangst van voldoende glasaal voor de uitvoering is hiermee zo hoog mogelijk. Het onderzoek is uitgevoerd volgens de planning en opzet in figuur 2.12. Voorafgaand aan het merk-terugvangst experiment zijn gedurende 10 dagen de tijdreeksen met het kruisnet gemaakt om alvast meer inzicht te hebben in de aanwezigheid van glasaal in relatie tot het spuiregime. Vervolgens is het merk-terugvangst experiment zelf uitgevoerd in twee rondes. Per ronde zijn drie groepen glasaal en driedoornige stekelbaars voorzien van VIE-tags voor het bepalen van het aanbod en de doortrek, waarna terugvangst inspanning is geleverd met kruisnetten en het opvangnet. Ook het VIE-taggen om inzicht te krijgen in de uitspoeling van glasalen vanuit spuikanaal en van tussen de hef- en waakdeur heeft plaatsgevonden in beide rondes, waarbij per type uitspoeling 1 groep is ingezet per ronde. Het substraatonderzoek heeft plaatsgevonden tijdens de eerste ronde. Hierbij zijn gedurende 3 dagen dagelijks gemerkte glasalen uitgezet in de kunstmatige substraten, waarbij met de gebruikte kleurcodes onderscheid is gemaakt tussen de 3 uitzetdagen en 4 verschillende zones). Gedurende de eerste 4 dagen na aanvang van het experiment zijn de substraten gecontroleerd op de aanwezigheid van gemerkte en ongemarkeerde glasalen.

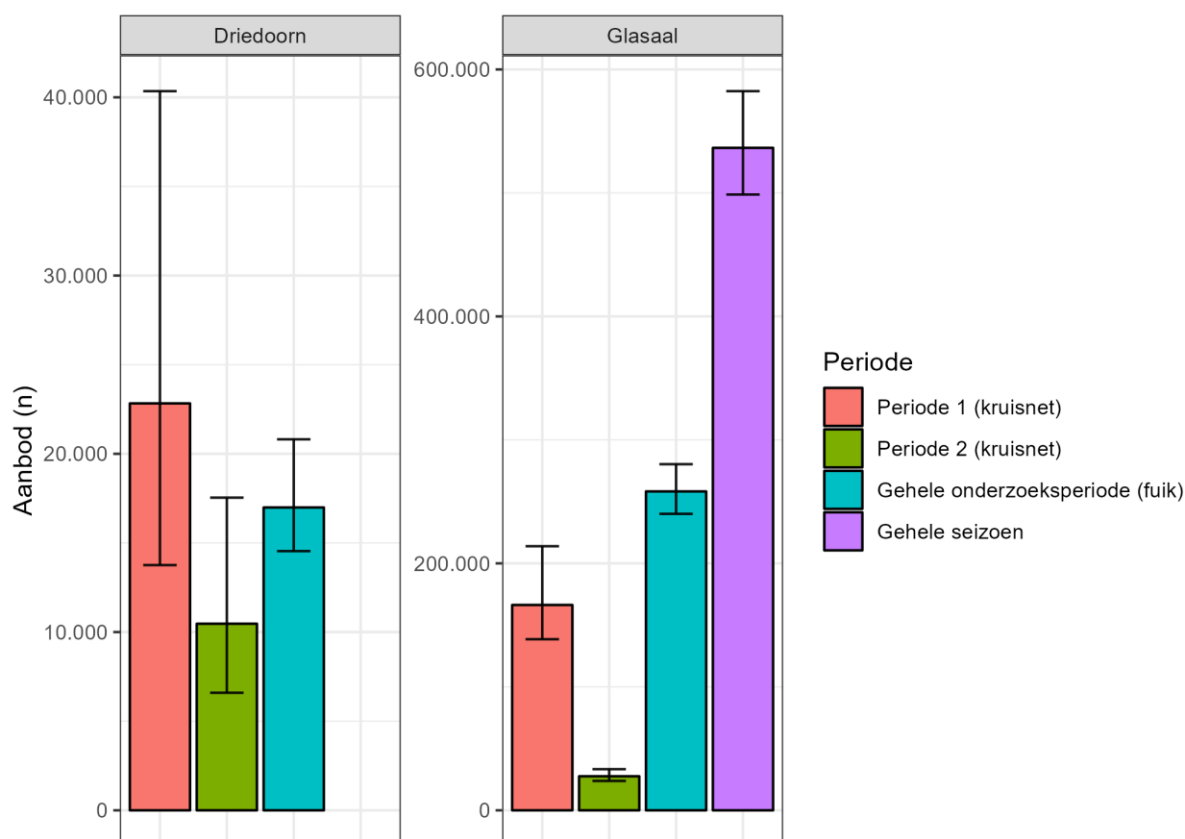


Figuur 2.12: Planning per onderdeel van het onderzoek zoals uitgevoerd, inclusief gebruikte kleurcombinaties bij het VIE-taggen.

3 Resultaten

3.1 Aanbod

Wat is het moment- en seizoensaanbod van glasaal, en het momentaanbod van driedoornige stekelbaars bij de Bathse Spuisluis?



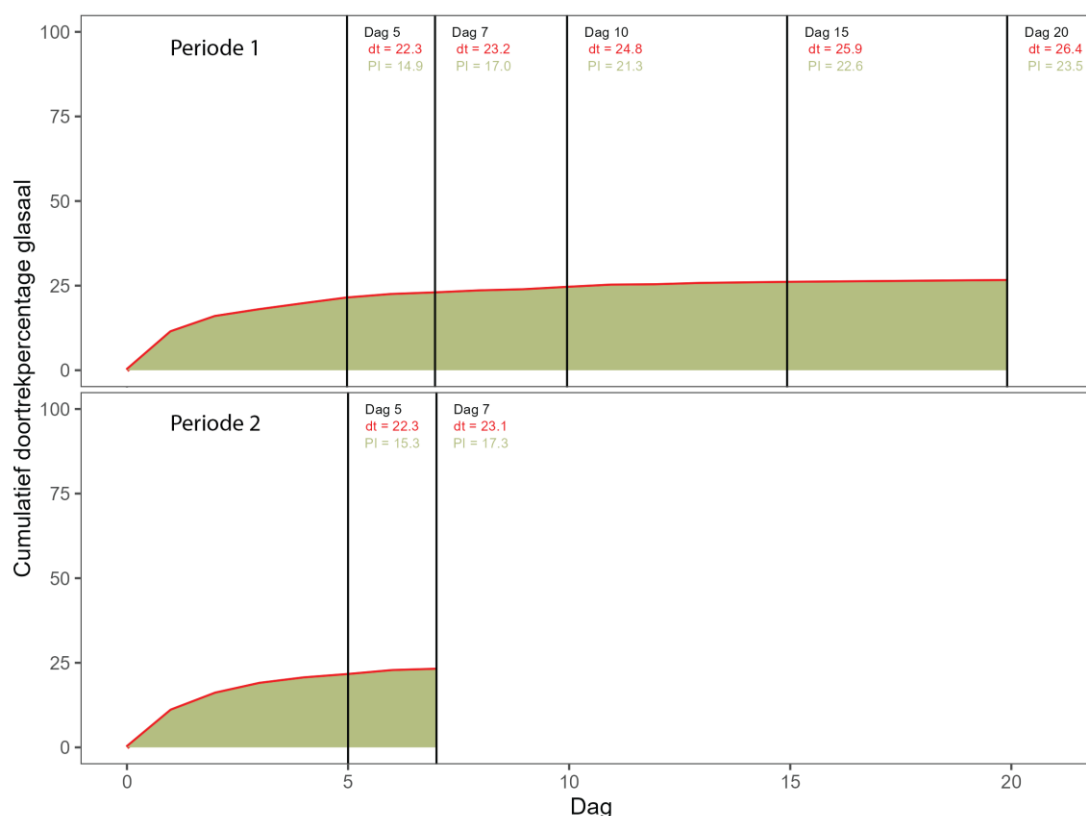
Figuur 3.1: Aanbod van glasaal en driedoornige stekelbaars gebaseerd op terugvangsten van gemerkte vissen. Het aanbod is bepaald voor de twee onderzoeksperiodes (op basis van kruisnetvangsten), voor de volledige onderzoeksperiode op basis van de fuikvangsten en voor het gehele seizoen (half februari t/m half juni) op basis van de kruisnetvangsten binnen ‘Samen voor de Aal’. Foutbalken geven de 95% betrouwbaarheidsinterval weer (Normal Approximation bij aanbod glasaal en aanbod driedoorn gehele onderzoeksperiode, en Poisson bij aanbod afzonderlijke onderzoeksperiodes driedoorn).

Het actuele aanbod van glasaal tijdens de onderzoeksperiode is relatief hoog. Gebaseerd op terugvangsten van gemerkte glasalen in de fuik is er een aanbod van 258.259 (± 240.092 –280.316) glasalen over de volledige onderzoeksperiode (Figuur 3.1). Tijdens de eerste periode (14-24 april) is het aanbod met 166.306 (± 138.560 –213.884) glasalen aanzienlijk hoger dan tijdens periode 2 (28 april-8 mei) (27.567 ± 23.788 –33.316) (Figuur 3.1). Met behulp van het seizoensverloop (februari-juni) in het aanbod van glasaal, vastgesteld in de kruisnetmonitoring van “Samen voor de Aal” (Peters et al., 2022), is het aanbod bij de Bathse Spuisluis voor het gehele intrekseizoen bepaald. Het aanbod van glasaal voor het gehele seizoen wordt berekend op 536.498 (± 498.696 –582.411) glasalen (Figuur 3.1). Hiermee kan het aanbod in vergelijking met andere Zeeuwse en Nederlandse locaties als “zeer hoog” worden beschouwd. Bij gemaal De Noord met voor Zeeland een relatief hoog aanbod werd in 2021 een totaal seizoensaanbod van ongeveer 69.000 glasalen berekend (Kooiman & Ploegaert, 2022, *concept*). Gecorrigeerd naar

het seizoensverloop van de glasaalintrek in Zeeland in 2022 (op basis van Samen voor de Aal, Peters et al., 2022) komt dat neer op een seizoensaanbod van 42.734 voor De Noord tegenover een seizoensaanbod van 536.498 bij de Bathse Spuisluis in 2022 (ruim een factor 12 verschil). Gecorrigeerd naar het seizoensverloop van de glasaalintrek in Zeeland in 2021, wordt het aanbod bij de Bathse Spuisluis in 2021 ingeschat op ongeveer 866.252 glasalen. Voor driedoornige stekelbaars werd het aanbod bij de Bathse Spuisluis bepaald op 22.829 ($\pm 13.758-40.345$) voor periode 1 (kruisnet), 10.468 ($\pm 6.595-17.541$) voor periode 2 (kruisnet) en 16.990 ($\pm 14.542-20.814$) voor de gehele onderzoeksperiode op basis van de fuik. Gezien het grillige verloop van migratie activiteit gedurende het seizoen en de onvolledige dekking van de migratieperiode binnen de kruisnetmonitoring van “Samen voor de Aal” is er voor driedoornige stekelbaars geen seizoensaanbod bepaald.

3.2 Doortrek efficiëntie vismigratiemiddel

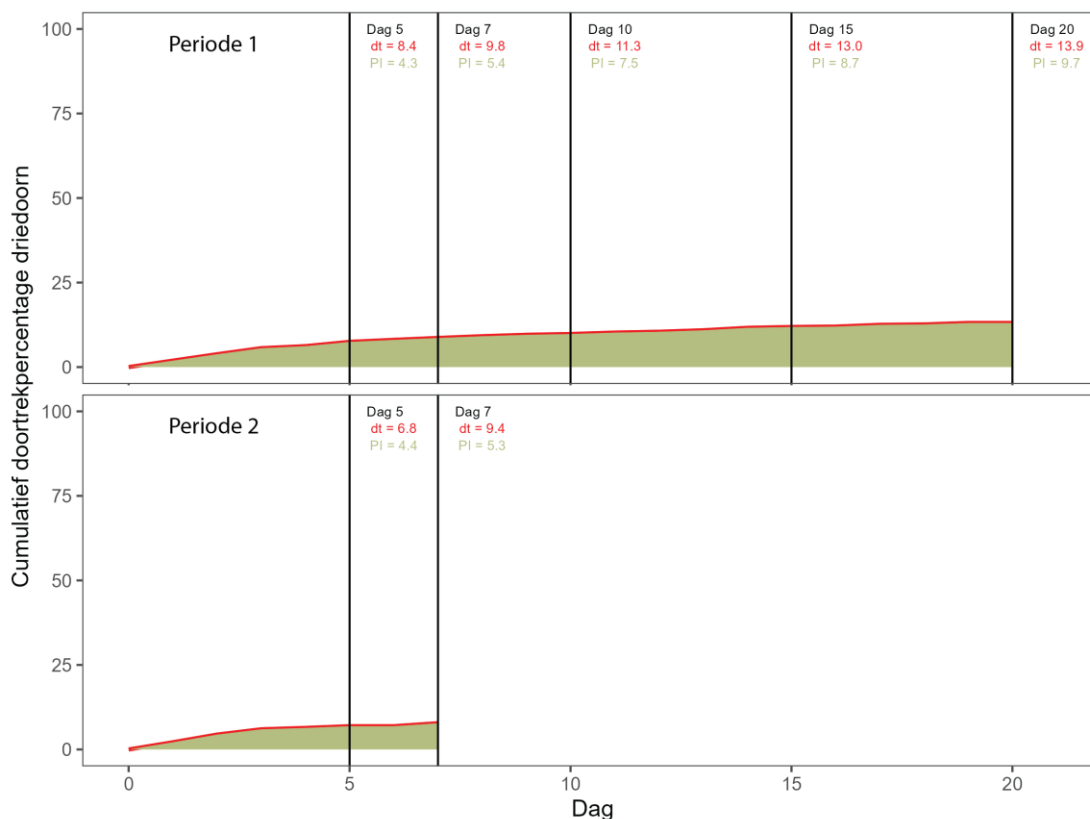
Welk aandeel van glasaal en driedoornige stekelbaars maakt gebruik van de vismigratievoorziening, en hoe lang doen ze hierover?



Figuur 3.2: Cumulatief intrekpercentage van succesvol ingetrokken gemerkte glasalen in onderzoeksperiode 1 en 2. Op dag 5, 10, 15 en 20 zijn het cumulatieve intrekpercentage (dt) en de Prestatie Index (PI) weergegeven.

De intrek van glasaal door het vismigratiemiddel in de oostelijke koker van de Bathse Spuisluis verliep gedurende de eerste en tweede onderzoeksperiode volgens eenzelfde patroon. Hierbij vond gedurende de eerste 5 dagen veruit de meeste intrek van gemerkte glasalen plaats, waarbij een intrekpercentage van ongeveer 22% en een Prestatie Index (PI) van ongeveer 15% werd bereikt. In de daaropvolgende periode loopt het cumulatieve intrekpercentage nog verder op, maar in zeer beperkte mate. Op dag 10 (periode 1) is het intrekpercentage beperkt opgelopen tot

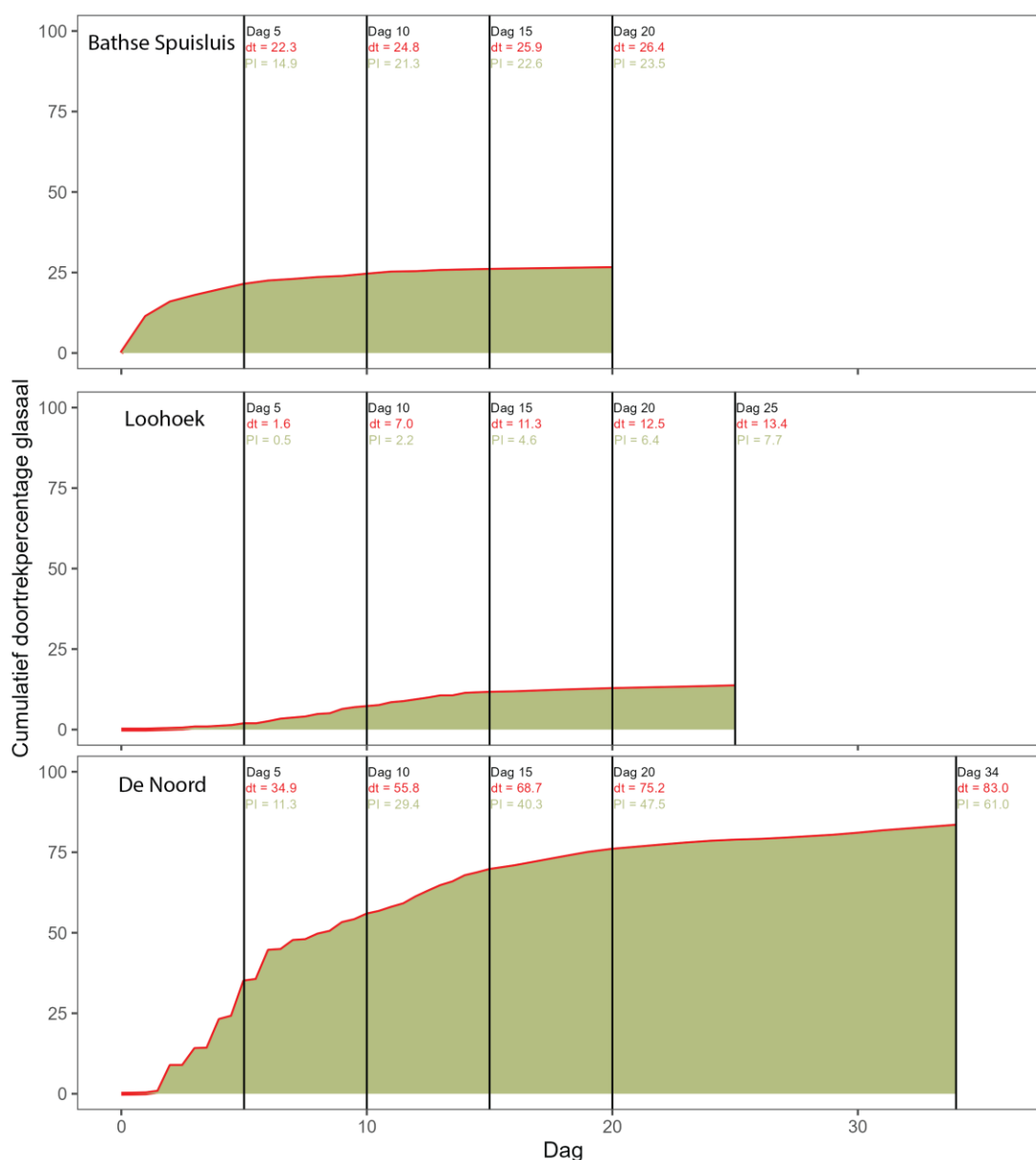
24,8% en de PI tot 21,3%. Hierna vakt de intrek verder af en lopen het intrekpercentage en de PI nog slechts enkele punten op tot 26,4% en 23,5 op dag 20.



Figuur 3.3: Cumulatief intrekpercentage van succesvol ingetrokken gemerkte driedoornige stekelbaarzen in onderzoeksperiode 1 en 2. Op dag 5, 10, 15 en 20 zijn het cumulatieve intrekpercentage (dt) en de Prestatie Index (PI) weergegeven.

Ook de intrek van driedoornige stekelbaars door het vismigratiemiddel in de oostelijke koker van de Bathse Spuisluis verliep gedurende de eerste en tweede onderzoeksperiode volgens eenzelfde patroon. Hierbij vond gedurende de eerste 5 dagen de meeste intrek plaats, waarbij een intrekpercentage van 6,8-8,4% en een Prestatie Index (PI) van 4,3-4,4 werd bereikt. De intrek verloopt verder erg vlak waarbij het intrekpercentage en de PI uitkomen op 13,9% en 9,7 op dag 20.

3.2.1 Vergelijking met andere vismigratievoorzieningen



Figuur 3.4: Cumulatief intrekpercentage van succesvol ingetrokken gemerkte glasalen voor drie verschillende vismigratievoorzieningen (Bathse Spuisluis, Loohoek en De Noord). Ter vergelijking zijn voor de drie locaties op dag 5, 10, 15 en 20 het cumulatieve intrekpercentage (dt) en de Prestatie Index (PI) weergegeven.

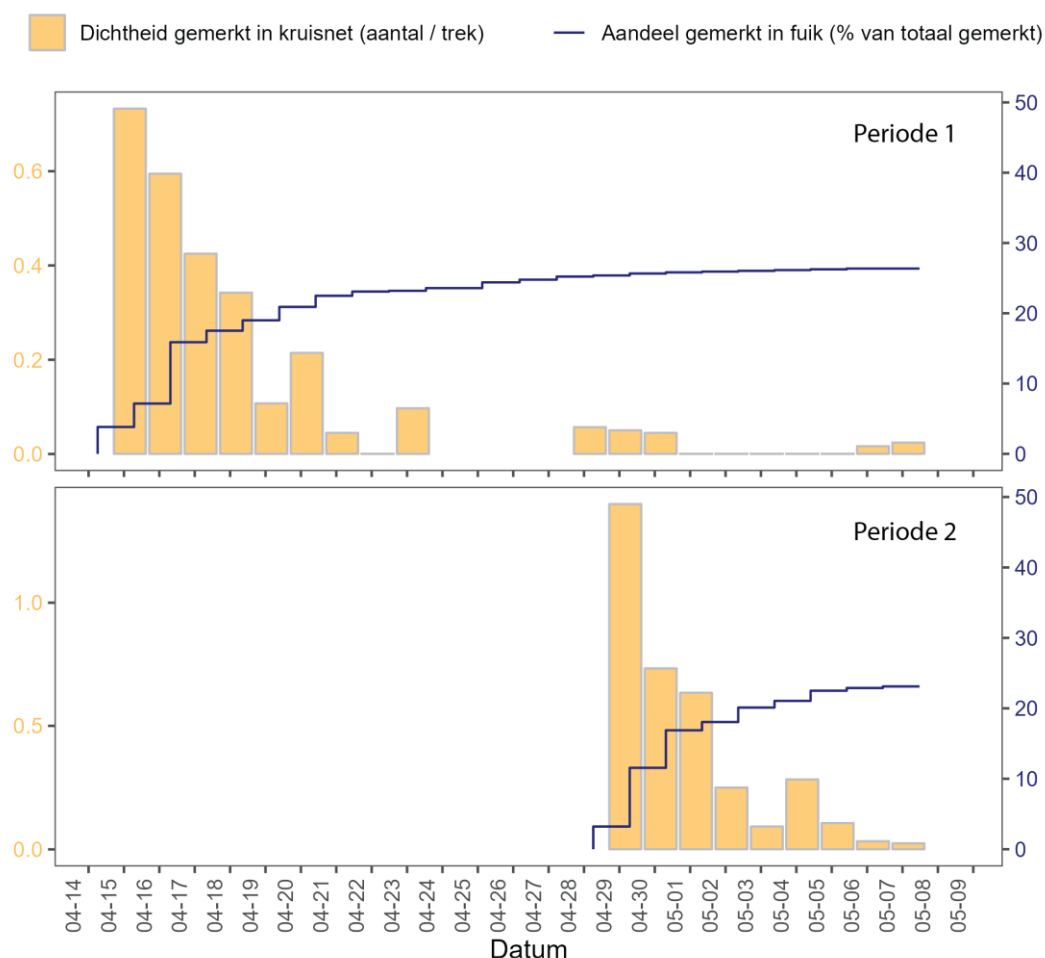
Om het verloop van de intrek van glasaal door de Bathse Spuisluis beter te kunnen duiden is deze vergeleken met twee andere vismigratievoorzieningen in Zeeland op locaties waar ook sprake is van een relatief hoog aanbod (gemaal De Noord en Loohoek op Tholen). Uit deze vergelijking valt op te maken dat de intrek in de eerste dagen bij de Bathse Spuisluis relatief steil en daarmee goed verloopt, maar erg snel afvlakt. Op dag 5 is de PI zelfs hoger bij de Bathse Spuisluis dan bij de goed werkende vismigratievoorziening van De Noord, terwijl het intrekpercentage ten opzichte van de Noord al sterk achterblijft met 22,3% ten opzichte van 34,9% bij de Noord op dag 5. Deze tegenstrijdigheid is te wijten aan de trage start van de intrek bij gemaal De Noord als gevolg van extreem koude en onstuimige weersomstandigheden (Kooiman & Ploegaert, 2022, *concept*). Terwijl bij de Bathse Spuisluis de intrek sterk afvlakt na dag 5 loopt deze bij De Noord nog sterk door tot een PI van 47,5 en een intrekpercentage van

75,2% op dag 20, waarmee de PI ongeveer twee maal en het intrekpercentage ongeveer drie maal hoger liggen dan bij de Bathse Spuisluis. Het verloop van de intrek bij de Bathse Spuisluis laat echter wel een geheel ander verloop zien dan bij de dubbele hevelpassage van Loohoek waar door verschillende knelpunten, onjuist afgestelde debieten en storingen, de intrek van glasaal over een lange periode veel weerstand ondervond en glasalen slechts “binnen druppelden”.

3.3 Verblijftijd en uitspoeling

3.3.1 Verblijftijd

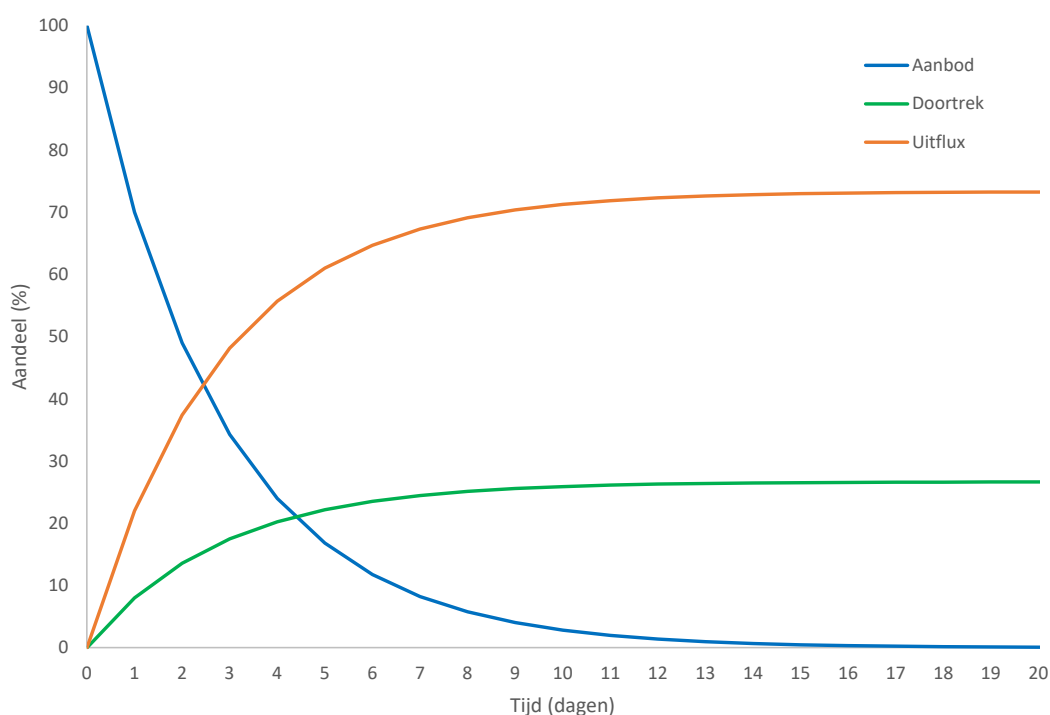
Wat is de verblijftijd van glasaal bij de Bathse Spuisluis?



Figuur 3.5: Cumulatief aandeel gemerkte glasalen (percentage van totaal gemerkt) dat succesvol de vismigratievoorziening van de Bathse Spuisluis is gepasseerd (blauw) en de dichtheid gemerkte individuen in de kruisnetvangst (aantal/trek) aan de voorzijde van het gemaal (geel). Kruisnetmetingen werden verricht van 14 april t/m 24 april (periode 1) en van 28 april t/m 8 mei (periode 2).

De eerste 5 dagen is de cumulatieve intrekcurve van glasaal relatief steil en verloopt de intrek van gemerkte vissen relatief het snelst. Tegelijkertijd neemt de dichtheid van gemerkte vissen die worden aangetroffen in kruisnetvangsten aan de zeezijde ook sterk af gedurende de eerste 5 dagen. Deze combinatie van patronen kan wijzen op effectieve passage wanneer de afname van gemerkte vissen wordt verklaard door hoge doortrekpercentages. De cumulatieve intrekcurve vlakkt echter na de eerste 5 dagen al snel af en het intrekpercentage van gemerkte vissen blijft

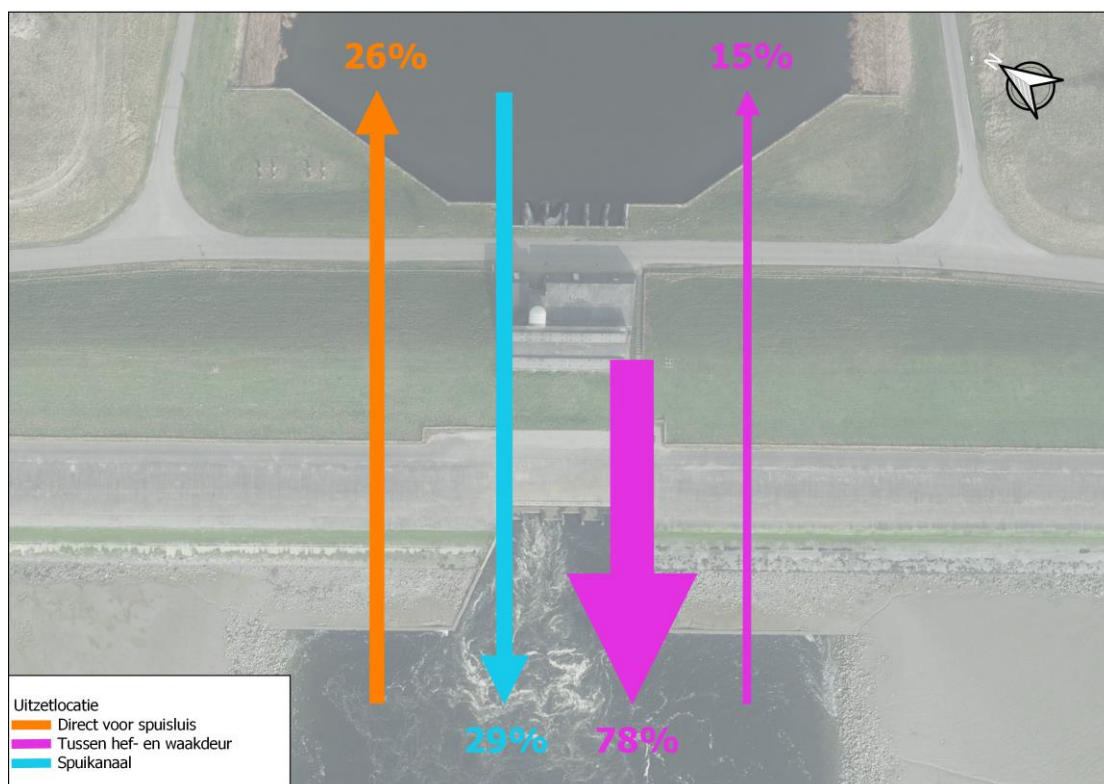
beperkt. Een aanzienlijk aandeel van de gemerkte vissen lijkt niet in te trekken en blijft niet langdurig actief aanwezig aan de zeezijde van de vismigratievoorziening. Dit wijst op een relatief grote uitflux van glasalen bij de Bathse Spuisluis. Op basis van de intrekcurve via de vismigratievoorziening kan de uitflux modelmatig worden afgeleid. Bij de Bathse Spuisluis wordt de best passende curve verklaard door een dagelijkse doortrek van 8% en een dagelijkse uitflux van 22% van het in beginsel aanwezige aanbod, (Figuur 3.6). De gemiddelde verblijftijd komt hiermee op ongeveer 2 dagen. Er is dan ongeveer 13% van het in beginsel aanwezige aanbod doorgetrokken, en ongeveer 37% verdwenen. Tijdens meetperiode 2 werden er nog lage dichtheden gemerkte glasalen aangetroffen uit meetperiode 1 aan de zeezijde. Een klein aandeel blijft wel gedurende langere tijd aanwezig aan de zeezijde (Figuur 3.5). Deze vissen blijven mogelijk voor langere tijd aangetrokken tot de lokstroom en zijn of in staat in deze zone te blijven of zijn opnieuw aanwezig aan de zeezijde van de vismigratievoorziening. Een andere mogelijkheid is dat het hier om glasalen gaat die na intrek weer zijn uitgespoeld. Het verloop van de intrek en de dichtheden van gemerkte vissen aan de zeezijde laten in periode 2 een vergelijkbaar patroon zien met periode 1 (Figuur 3.5).



Figuur 3.6: Modelmatige benadering van de uitflux van glasaal bij de Bathse Spuisluis op basis van de cumulatieve doortrek via de vismigratievoorziening, waarbij 8% van het in beginsel aanwezige aanbod dagelijks doortrekt en 22% dagelijks verdwijnt.

3.3.2 Uitspoeling gemerkte glasalen

Is er sprake van uitspoeling en wat is hiervan het effect op de intrekefficiëntie van glasaal?

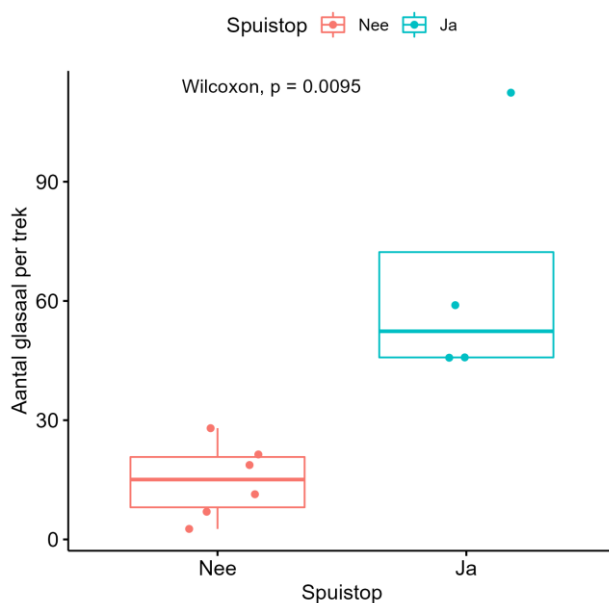


Figuur 3.7: Intrekkans en kans op uitspoeling van verschillende groepen gemerkte glasalen. Van links naar rechts: 1: intrekefficiëntie van gemerkte glasalen teruggezet direct voor vismigratievoorziening. 2: uitspoelkans van gemerkte glasalen uitgezet aan binnenzijde tijdens inspoelmoment vismigratievoorziening (representatief voor succesvol ingetrokken glasalen). 3: uitspoelkans van gemerkte glasalen uitgezet tussen de twee deuren van de vismigratievoorziening (representatief voor glasalen die zich na het inspoelmoment tussen de twee deuren bevinden). 4: kans op succesvolle intrek van deze groep na uitspoelen.

Het spuiproces van de Bathse Spuisluis heeft grote invloed op de migratiebeweging en intrekefficiëntie van glasaal. Van groepen gemerkte glasalen die werden uitgezet aan de binnenzijde van de oostelijke koker (tijdens het inspoelproces van de vismigratiecyclus) en tussen de guillotineschuif en de waakdeur in de oostelijke koker spoelde een aanzienlijk aandeel uit naar de zeezijde. Van de glasalen die werden uitgezet aan de binnenzijde (representatief voor succesvol ingetrokken glasalen) spoelde 29% weer uit naar de zeezijde. Dit betekent dat meer dan een kwart van de vastgestelde succesvolle glasaalintrek voor glasalen over de gehele meetperiode weer uitspoelt. Wanneer hiervoor wordt gecorrigeerd komt de totale succesvolle intrek op 18,5% in plaats van de gemeten 26% voor groepen die werden uitgezet aan de zeezijde direct voor de oostelijke koker van de spuisluis. Van de groep die werd uitgezet tussen de deuren (representatief voor glasalen die tijdens het korte inspoelproces slechts de guillotineschuif passeren, maar niet de waakdeur) spoelde een groot deel (78%) uit naar de zeezijde. Deze groep ondervond naar verwachting de meeste impact van turbulentie door het spuien. Van deze uitgespoelde groep trekt een kleiner aandeel (15%) succesvol binnen dan van de groep die direct voor dezelfde oostelijke koker werd uitgezet (26%).

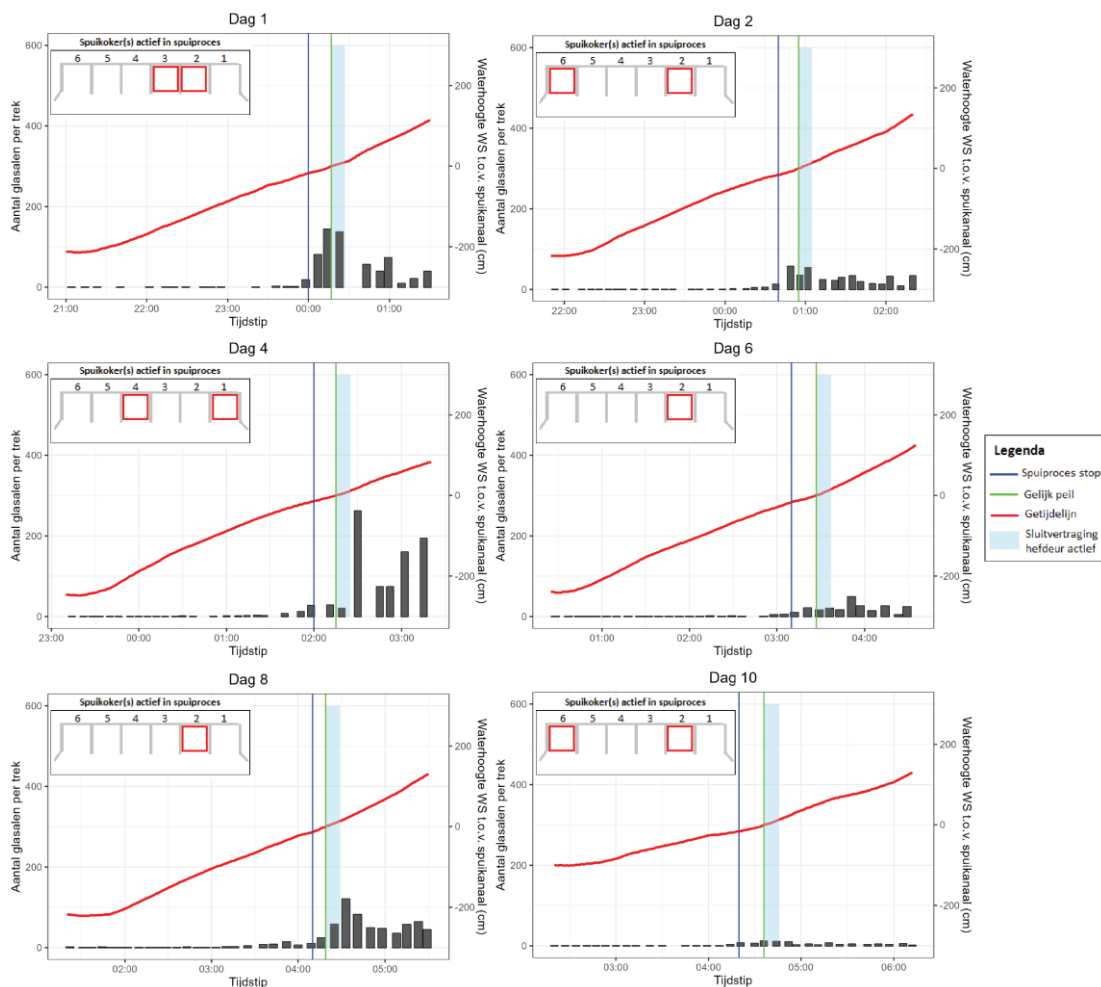
3.4 Timing migratiebeweging

Wat is de timing van de migratiebeweging van glasaal ten opzichte van het spuien, het getij en de werking van de vismigratievoorziening?



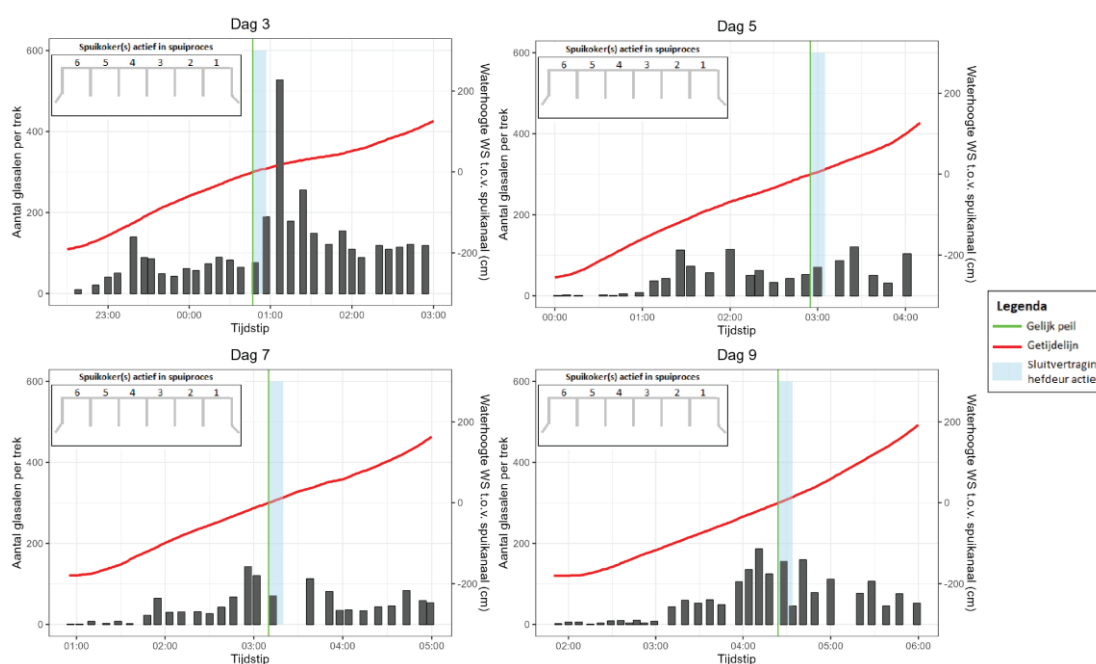
Figuur 3.8: Dichtheden van glasalen (aantal per trek gevangen met kruisnet) direct voor de vismigratievoorziening bij wél of géén spuistop tijdens laagwater in de avond.

Om te bepalen in hoeverre de cyclus van de vismigratievoorziening aansluit op het migratiegedrag van glasalen zijn tijdreeksen gemaakt van de dichtheid van glasalen aan de zeezijde door intensief te vissen met kruisnetten. Hiermee is in kaart gebracht hoe dichtheden van glasalen direct voor de ingang van de vismigratievoorziening zich door de tijd heen verhouden tot het inspoelmoment, het getij en de spui-activiteit. Deze tijdreeksen zijn uitgevoerd onder het gebruikelijke spuiregime waarbij willekeurige kokers betrokken zijn in het spuiproces (koker 1 draait dan soms mee in het spuiproces en eindigt met de vismigratiecyclus, of vaker draait koker 1 niet mee in het spuiproces en draait wel de vismigratiecyclus) en zijn uitgevoerd tijdens een spuistop (hierbij werd er niet gespuid bij laagwater in de avond en was de vismigratiecyclus in koker 1 actief). Glasalen waren in significant hogere dichtheden aanwezig direct voor de vismigratievoorziening gedurende de spuistop (Figuur 3.8).



Figuur 3.9: Tijdreeksen van dichtheden glasalen (aantal per trek gevangen met kruisnet) direct voor de vismigratievoorziening van de Bathse Spuisluis uitgevoerd onder het normale spuiregime (geen spuistop in de avond). Het aantal kokers actief bij het spuiproces (linksboven), het einde van het spuiproces (donkerblauw), gelijk peil (groen), waterpeil aan de zeezijde (rood) en het inspoelmoment van de vismigratievoorziening (lichtblauw) zijn weergegeven.

Wanneer er gespuid wordt en de vismigratiecyclus actief is lopen dichtheden van glasalen aan de voorzijde van de vismigratievoorziening, als gevolg van de dynamische situatie die ontstaat tijdens het spuien, pas sterk op na afloop van het spuiproces. Vanwege de korte aanlooptijd die volgt zijn de dichtheden, tijdens het moment dat de kans op intrek het grootst is (lichtblauwe balk in Figuur 3.9), relatief laag ten opzichte van de situatie waarin er niet wordt gespuid. Daarnaast werden de hoogste dichtheden op meerdere avonden pas na het inspoelmoment gemeten, en blijven dichtheden na het inspoelmoment nog langere tijd relatief hoog. Samen wijzen deze resultaten er op dat slechts een beperkt aandeel werd gefaciliteerd om in te trekken, en er een mismatch bestaat tussen de timing van de migratiebeweging, het huidige spuiregime en de instellingen van de vismigratievoorziening.



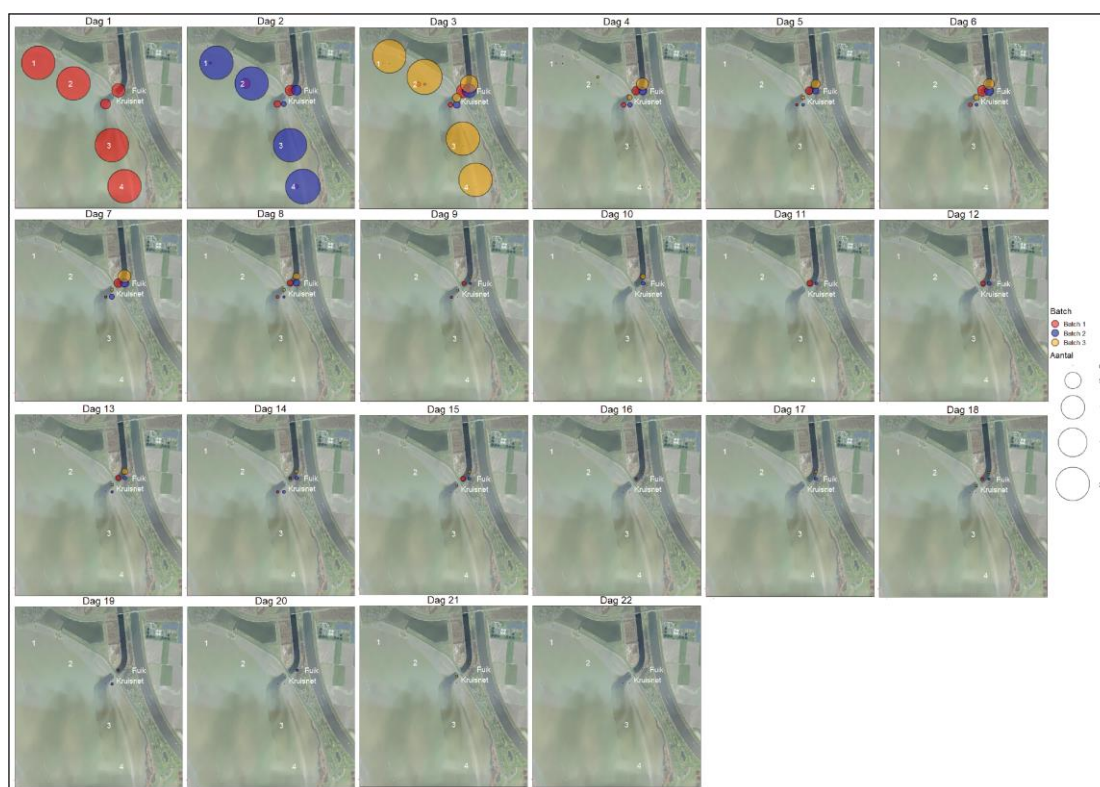
Figuur 3.10: Tijdreeksen van dichtheden glasalen (aantal per trek gevangen met kruisnet) direct voor de vismigratievoorziening van de Bathse Spuisluis uitgevoerd een aangepast spuïregime (spuïstop in de avond). Het aantal kokers actief bij het spuïproces (linksboven), gelijk peil (groen), waterpeil aan de zeezijde (rood) en het inspoelmoment van de vismigratievoorziening (lichtblauw) zijn weergegeven.

Onder omstandigheden waarin er sprake is van een spuïstop en de vismigratiecyclus actief is lopen dichtheden van glasalen aan de voorzijde van de vismigratievoorziening voorafgaand aan het inspoelmoment op (Figuur 3.10). Deze toename in dichtheden begint vanaf laagwater met opkomend tij. Tijdens deze periode lijken glasalen in grotere mate in staat om tijdens het zachter worden van de lokstroom (afnemend peilverschil) tot voor de deur van de vismigratievoorziening te komen. Hierdoor zijn dichtheden op het moment dat de kans op intrek het grootst is (lichtblauwe balk in Figuur 3.9) relatief hoog ten opzichte van de omstandigheden waarbij het spuïproces actief is. Dichtheden blijven na het inspoelmoment nog langere tijd relatief hoog. Dit wijst er op dat slechts een beperkt aandeel werd gefaciliteerd om in te trekken.

3.5 Habitatgebruik

Hoe gebruikt glasaal het habitat aan de Westerschelde-zijde van de Bathse Spuisluis, en wat is de invloed hiervan op de passage efficiëntie? En hoe groot is de kans dat glasalen, die door het spuien op verschillende afstanden van de Bathse Spuisluis terecht komen, terugkomen bij het intrekpunt, en intrekken?

3.5.1 Algemeen beeld habitatgebruik in ruimte en tijd

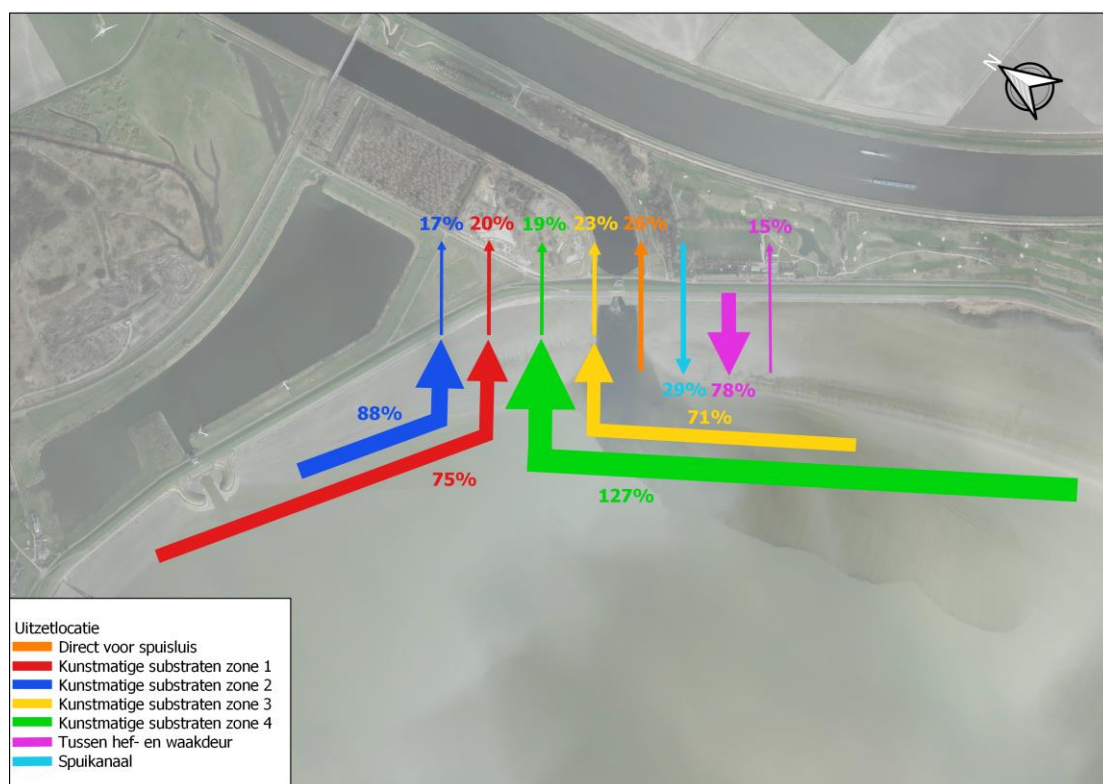


Figuur 3.11: Migratiebeweging door tijd en ruimte van 3 groepen (dag 1, 2 en 3) gemerkte glasalen uitgezet in kunstmatige substraten op afstand van de Bathse Spuisluis. Terugvangsten zijn gedaan in de kunstmatige substraten, kruisnetten aan voorzijde vismigratievoorzieningen en in de doortrekfuik aan de binnenzijde van de vismigratievoorziening.

Om het habitatgebruik van glasalen aan de zeezijde van de Bathse Spuisluis te onderzoeken zijn groepen gemerkte glasalen op verschillende afstanden van de Bathse Spuisluis teruggeplaatst. Glasalen werden met een kruisnet gevangen direct voor de vismigratievoorziening en door middel van een “soft release” teruggeplaatst. Dit gebeurde door glasalen in kunstmatige substraten op de bodem te plaatsen. Het substraat biedt de glasalen een geschikte schuilmogelijkheid waardoor ze niet gedwongen zijn direct na uitzet actief te gaan zwemmen. Door deze methodiek staan deze groepen model voor glasalen die door spuiactiviteit op verschillende afstanden van de Bathse Spuisluis terecht komen.

In Figuur 3.11 is te zien dat de verschillende batches uitgezet op drie achtereenvolgende dagen een vergelijkbaar patroon laten zien. Gemerkte glasalen vertrekken relatief snel uit de substraten met nog op enkele dagen na uitzet beperkte terugvangsten in de substraten. De drie batches worden allen direct op de dag van uitzet met kruisnetten teruggevangen aan de voorzijde van de vismigratievoorziening en in de doortrekfuik aan de binnenzijde (zie dag 1, 2, 3 in Figuur 3.11). Het totaalbeeld van Figuur 3.10 laat goed zien dat glasalen na uitzet op afstand relatief snel terug tot voor de vismigratievoorziening kunnen komen ondanks de heersende turbulente omstandigheden (getij en spui-activiteit) en dat de bottleneck voor migratie voornamelijk bij de Bathse Spuisluis zelf lijkt te liggen. Gemerkte groepen zijn nog langere tijd teruggevangen aan de voorzijde van de vismigratievoorziening en in de doortrekfuik (Figuur 3.11). Dit kan enerzijds betekenen dat een aandeel van deze groepen er langer over heeft gedaan weer terug tot de vismigratievoorziening te komen. Anderzijds en aannemelijker is dat dit beeld ontstaat doordat intrek, door de werking van de vismigratievoorziening die gebruik maakt van aantrekkingskracht

een lokstroom en vervolgens passieve inspoeling, grotendeels gebaseerd is op kans. Hierbij wordt steeds een beperkt percentage van de bij de lokstroom aanwezige glasalen ingelaten bij het inspoelmoment.



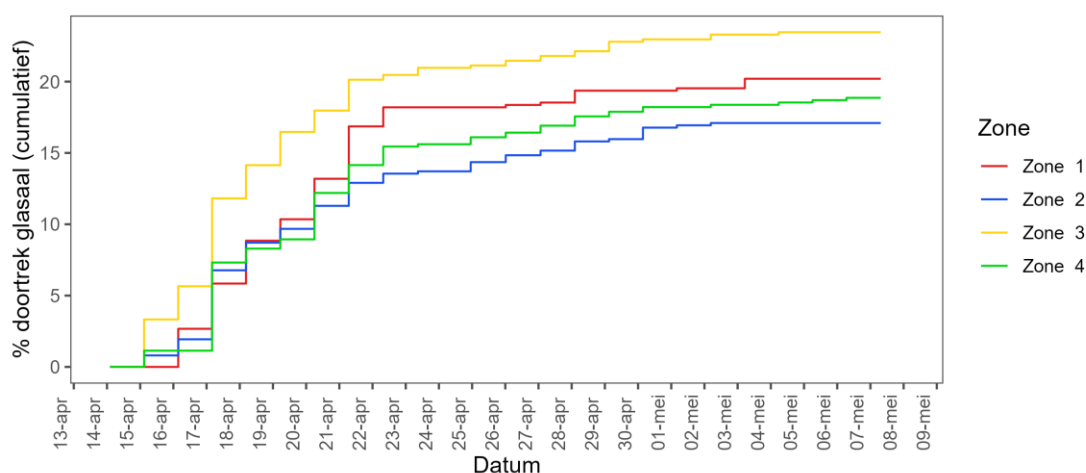
Figuur 3.12: Migratiebeweging van gemerkte glasalen uitgezet in kunstmatige substraten op verschillende afstanden van de Bathse Spuisluis (4 zones). De kans voor deze groepen om terug te keren tot voor de vismigratievoorziening is weergegeven door de pijlen aan de zeezijde (let op: dubbelvangsten –al dan niet als gevolg van uitspoeling- kunnen leiden tot een over- of onderschatting van deze kansen, waardoor deze opzichzelfstaand als indicatief dienen te worden beschouwd). Pijlen boven de spuisluis geven het intrekpercentage van deze groepen weer.

In Figuur 3.12 zijn de kansen op het bereiken van de vismigratievoorziening en de kans op intrek gevisualiseerd voor de groepen gemerkte glasalen uit de vier verschillende zones. Figuur 3.12 geeft samen met de intrekcurves van Figuur 3.13 een goed beeld van de migratiebeweging van de glasalen uit de vier verschillende uitzet zones. Glasalen uitgezet op verschillende afstanden van de Bathse Spuisluis hebben gemiddeld genomen een relatief hoge kans om weer terug tot voor de vismigratievoorziening te komen (zie pijlen zeezijde Figuur 3.12), maar hebben wel een lagere intrek kans dan groepen die direct voor de spuisluis zijn uitgezet (zie pijlen doortrek Figuur 3.12). Een mogelijk grotere uitflux voor de groepen uit de vier zones in verhouding tot groepen uitgezet direct voor de spuisluis kan hierbij een rol spelen.

3.5.2 Verschillen tussen uitzet zones

Over het algemeen lieten de verschillende batches uit de vier zones intrekpercentages zien in dezelfde orde grootte, maar er waren ook kleine verschillen zien (Figuur 3.12). Het verloop van de intrekcurves is ook redelijk vergelijkbaar, waarbij zone 3 wel duidelijk afwijkt door sneller op te lopen en hierdoor hoger te eindigen (Figuur 3.13). Mogelijk spelen de uitzetlocatie, het getij

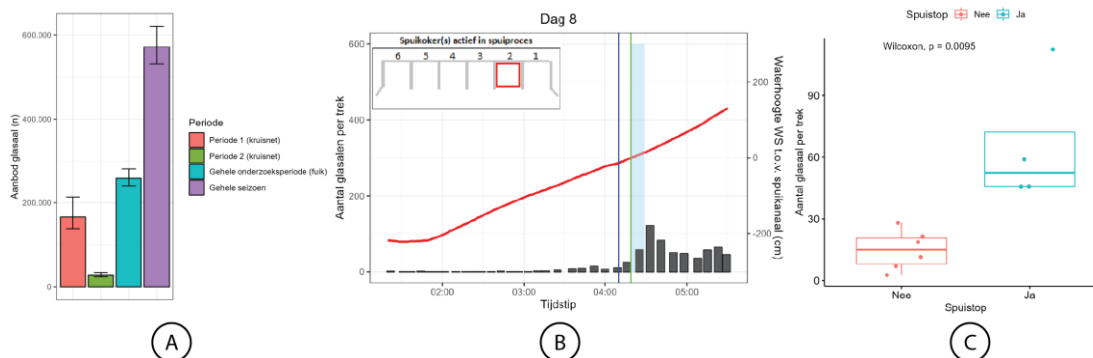
en de lokstroom hier een rol. Zone 3 bevindt zich namelijk relatief dicht bij de Bathse Spuisluis en bij opkomend getij in de avond (het moment dat glasaal de meeste migratie activiteit vertoont) buigt de lokstroom van de vismigratievoorziening sterk af naar het oosten en daarmee precies over zone 3. Hierdoor is voor deze groep direct na uitzet gerichte migratie (lokstroom vismigratievoorziening) over een geringe afstand mogelijk. Het snellere verloop van de intrek van zone 3 verschilt het meest met het verloop van de intrek van zone 2 (Figuur 3.13). Dat is opmerkelijk gezien dit de zones zijn die het dichtst bij de Bathse Spuisluis liggen. In zone 2 is de invloed van het spuiproces naar verwachting het grootst (spuistroom buigt bij afgaand getij naar het westen af). Mogelijk heeft dit invloed gehad op het lagere intrekpercentage van zone 2. Pas later in de onderzoeksperiode wijkt ook de intrekcurve van zone 1 beperkt af in vergelijking met zone 2 en 4 door wat verder op te lopen (Figuur 3.13). Mogelijk heeft de relatief grote afstand in combinatie met minder lokkende werking in de avond met opkomend getij een vertragend effect heeft de beperkte invloed van het spuiproces in zone 4 een positief effect op de uiteindelijke intrekkansen. Ook zijn er verschillen zichtbaar in het aandeel dat de vismigratievoorziening weet te bereiken, zoals een relatief groter aandeel voor zone 4 (Figuur 3.12). Mogelijk is de aanwezigheid van de lokstroom van de vismigratievoorziening op juiste moment in de avond (zoals hierboven eerder beschreven voor zone 3) hierbij van invloed en ondervindt zone 4 weinig effect van het normale spuiregime. De lager gelegen oostelijke zandplaat (lager dan westelijke plaat) die bij opkomend getij eerder onderloopt en hiermee een luwe route (mogelijk ook faciliterende keerstroom) vormt naar de vismigratievoorziening speelt mogelijk ook een rol (Figuur 3.12). De onderlinge verschillen tussen de zones zijn echter boven verwachting klein en de bovengenoemde oorzaken blijven zonder verdere uitwerking van spuidebieten en stromingskaarten speculatief.



Figuur 3.13: Verloop van de intrek (terugvangst doortrekfuik) van gemerkte glasalen uitgezet op verschillende afstanden (4 zones) van de Bathse Spuisluis, weergegeven als cumulatief intrekpercentage (succesvol ingetrokken gemerkte glasalen als aandeel van totaal gemerkt).

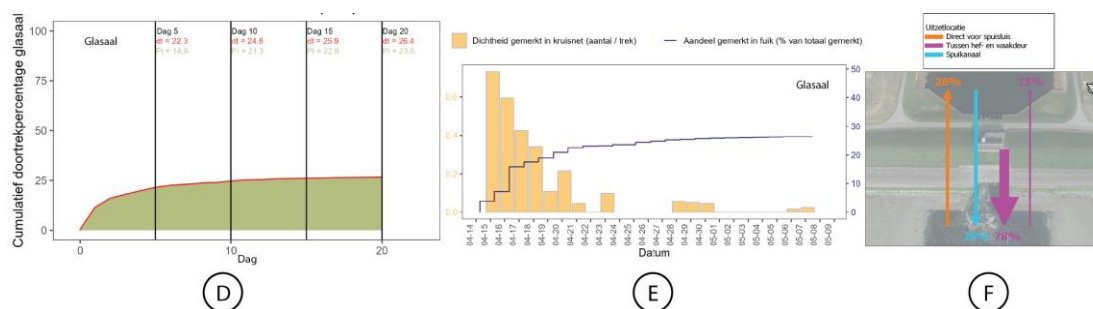
4 Synthese migratiebeweging in en rondom de Bathse Spuisluis

Wat is het migratiegedrag van glasaal en driedoornige stekelbaars in en rondom de vismigratievoorziening in de Bathse Spuisluis?



Figuur 4.1: (A) aanbodschattingen glasaal. (B) Tijdreeksen dichtheden glasaal voorzijde vismigratievoorziening. (C) dichtheid glasalen voorzijde vismigratievoorziening bij normaal en aangepast spuiregime (spuistop).

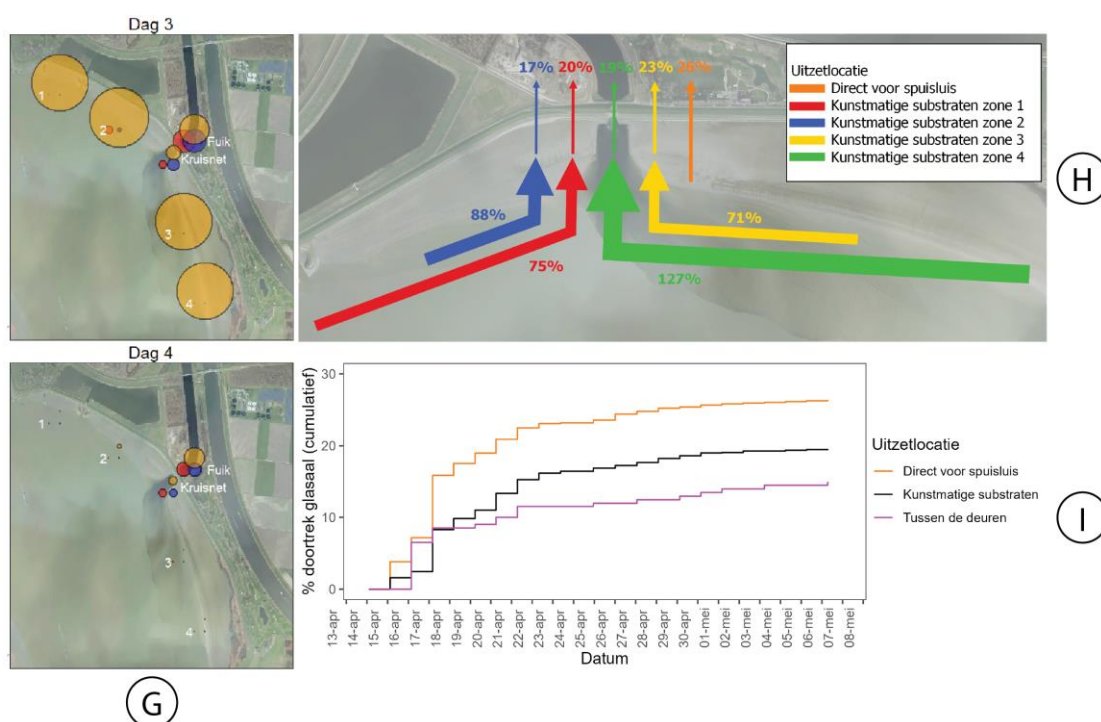
Met een zeer hoog seizoensaanbod van 536.498 (± 498.696 – 582.411) glasalen is de Bathse Spuisluis als intrekpunt voor de Europese aal van groot belang (Figuur 4.1, A). Van dit grote aanbod wordt dagelijks onvoldoende gefaciliteerd door de vismigratievoorziening. Dit is het gevolg van een mismatch in timing tussen het verloop van dichtheden (migratiebeweging) van glasalen aan de zeezijde en een zeer kort intrekmoment (inspoelmoment direct na gelijk peil) (Figuur 4.1, B). De mismatch wordt veroorzaakt door de zeer korte duur van het intrekmoment en de grote negatieve invloed van het huidige spuiregime op de aanwezige dichtheid van glasalen tijdens dit intrekmoment. Het instellen van een spuistop in de avond, waarbij de vismigratiecyclus actief bleef, leverde een significant hogere dichtheid aan glasalen op die zijn piek bovendien kent tijdens het intrekmoment (Figuur 4.1, C). Dit wijst op een grote potentie voor optimalisatie van het spuiregime ten behoeve van verbeterde intrek van glasaal.



Figuur 4.2: (D) Verloop intrek merkte glasalen (cumulatieve intrekcurve met Prestatie Index en doortrekpercentage weergegeven). (E) Verblijftijd gemerkte glasalen zeezijde. (F) Intrekkans en kans op uitspoeling voor verschillende groepen gemerkte glasalen.

De Prestatie van de vismigratievoorziening is in eerste dagen relatief goed met een PI vergelijkbaar met gemaal De Noord, maar de cumulatieve intrekcurve vlt snel af waardoor het intrekpercentage en de Prestatie Index (PI) na dag 5 maar zeer beperkt oplopen en slechts eindigen op respectievelijk 26,4% en PI 23,5. De verblijftijd van glasalen is beperkt en dichtheden voor de vismigratievoorziening nemen snel af (Figuur 4.2, E). De steil oplopende intrekcurve in de eerste dagen en snel afnemende dichtheden van gemerkte vissen aan de voorzijde wijzen op een intrekverloop dat getypeerd kan worden als een kansproces als gevolg van het kortdurend passief inspoelen net na gelijk peil. Er lijkt dus sprake van een grote uitflux

van glasalen naar zee (naar schatting 22% per dag). Deze uitflux kan echter ook deels bestaan uit mortaliteit of inactiviteit. Op deze locatie lijkt de invloed van het spuiproces een grote rol te spelen bij de migratiebeweging en het intrek succes van glasalen, waaronder de effecten van uitspoeling. Van glasalen die succesvol weten in te trekken door de vismigratievoorziening spoelt 29% weer uit, waardoor de daadwerkelijke succesvolle intrek meer dan een kwart lager ligt dan de berekende 26% en komt daarmee op 18,5% (Figuur 4.2, F). De impact van de turbulentie door het spuien was goed zichtbaar bij glasalen die tussen de deuren van de vismigratievoorziening werden losgelaten. Hiervan spoelde 78% uit en trok slechts 15% uiteindelijk succesvol binnen (Figuur 4.2, F). Van gemerkte glasalen (gevangen voor de vismigratievoorziening) die op afstand van de vismigratievoorziening werden uitgezet kwam een relatief groot aandeel relatief snel weer terug tot voor de vismigratievoorziening (Figuur 4.3, G en H). Dit toont aan dat de aantrekkingskracht van de spuisluis ook op grote afstand intact blijft voor deze groepen. Niet zozeer de afstand die glasalen moeten overbruggen na potentieel uitspoelen lijkt hiermee de grootste impact te hebben op de intrek kans, maar de effecten van de turbulentie door het spuien zelf (Figuur 4.3, I). Een andere mogelijkheid is dat glasalen die in de spuistroom terecht komen nog verder wegspoelen dan de uitzetlocaties van de substraatgroepen, of wegspoelen naar meer open water. De lagere intrek van de gemerkte glasalen die op afstand zijn teruggeplaatst ten opzichte van de groepen die direct voor de spuisluis zijn uitgezet kan grotendeels worden verklaard door het aandeel dat niet terug tot voor de vismigratievoorziening is gekomen.



Figuur 4.3: (G) migratiebeweging door tijd en ruimte van gemerkte glasalen uitgezet op afstand van de Bathse Spuisluis. (H) Kans op terugkeer en kans op doortrek van gemerkte glasalen uitgezet op verschillende afstanden (4 zones) in kunstmatige substraten. (I) Verloop intrek (cumulatief intrekpercentage) van drie verschillende groepen gemerkte glasalen uitgezet voor spuisluis, op afstand in kunstmatige substraten en tussen de deuren van de vismigratievoorziening.

De mismatch tussen de timing migratiebeweging, het huidige spuiregime en de instellingen van de vismigratievoorziening maken samen met de grote directe impact van het spuien zelf op het intrek succes en de hoge kans op uitspoeling de Bathse Spuisluis tot een bottleneck voor migratie

van glasaal. Met de sterke lokkende werking over grote afstand en het zeer hoge seizoensaanbod is de potentie voor migratie van glasaal bij de Bathse Spuisluis enorm.

5 Aanbevelingen

Welke concrete voorstellen voor het verbeteren van de vispasseerbaarheid van de Bathse Spuisluis kunnen worden gedaan op basis van de opgedane inzichten tijdens dit onderzoek?

5.1.1 Optimalisatie binnen huidige vismigratievoorziening

- Vergroten inspoelvolume door verlengen sluitvertraging en vergroten hefhoogte deur (geschatte toename intrek glasaal: gelijk aan toename ingelaten volume)
- Optimalisatie spuiregime noodzakelijk voor voldoende werking huidige vismigratievoorziening (spuistop zorgt voor een toename van de dichtheid van glasaal met 442%)

Gezien de beperkte effectiviteit van het bestaande vismigratiemiddel in het faciliteren van intrek van glasaal ligt optimalisatie van het huidige middel op korte termijn voor de hand. Het oplossen van de mismatch in timing tussen het intrekmoment en het verloop van de dichtheid van glasalen aan de zeezijde moet worden gezocht bij het wegnemen van de oorzaken van deze mismatch (beperkte duur inspoelmoment en negatief effect huidige spuiregime). Het inspoelmoment kan worden verlengd door het verlengen van de sluitvertraging. Hierdoor blijven de guillotineschuif en de waakdeur langer geopend en kan er langer water van de zeezijde instromen. De verwachting is dat de intrek van glasaal recht evenredig zal toenemen met het vergroten van het ingelaten volume water door het verlengen van de sluitvertraging. Bij het verlengen van de sluitvertraging zijn technische veiligheidsgrenzen van de bewegende delen van de voorziening (guillotineschuif en waakdeur) mogelijk limiterend. Dit geldt ook voor een andere goede mogelijkheid, namelijk het vergroten van de hefhoogte van de guillotineschuif vanaf gelijk peil om zo het instromende volume te vergroten. Hierbij is het wel cruciaal dat dit niet vroegtijdig gebeurt, zodat niet het uitstromende debiet naar de zeezijde wordt vergroot en glasalen zich minder zouden concentreren aan de zeezijde, waardoor intrek juist inefficiënter zou kunnen verlopen. Er wordt nadrukkelijk geadviseerd om de hoogte van de vismigratiestand van de guillotineschuif tijdens de vismigratiecyclus voorafgaand aan het inspoelmoment niet te vergroten. Om binnen de grenzen van wat technisch mogelijk is een zo groot mogelijk instroom volume en hiermee een zo groot mogelijke intrek te realiseren kunnen het verlengen van de sluitvertraging en het vergroten van de hefhoogte van de guillotineschuif worden gecombineerd. Om voldoende werking van het huidige vismigratiemiddel te realiseren en om bovengenoemde maatregelen effectief te laten zijn is optimalisatie van het spuiregime noodzakelijk. Alleen op die manier kan een voldoende hoge dichtheid van glasalen worden gerealiseerd direct voor de vismigratievoorziening voorafgaand aan het beperkte inspoelmoment. Een spuistop bij laagwater in de avond is effectief gebleken om tot hogere dichtheden glasaal te komen rond het inspoelmoment en bovendien een voorwaarde om tot de gemeten intrekefficiëntie van 26,4% te komen. Een mogelijkheid zou kunnen zijn om, voor zover de gevraagde afvoercapaciteit dit toelaat, zoveel mogelijk alleen overdag te spuien (zoals bij de spuistop in voorliggend onderzoek) in de periode waarin glasaal migreert. De lokkende werking in de avond/nacht zal dan echter worden beperkt tot de lokstroom uit de migratievoorziening. Het is onbekend welk effect dit op de langere termijn zal hebben op het algehele aanbod gezien dit mogelijk ook beperkend kan zijn voor de lokkende werking in het donker, het moment dat glasaal dagelijks het meest actief is. Een alternatief zou zijn om avonden waarop wel wordt gespuid (om glasaal te lokken), bijvoorbeeld om de 1 à 2 dagen af te wisselen met een avond met spuistop (om gelokte glasaal binnen te laten). Het aandeel glasalen dat op de avonden zonder spuistop zal worden ingelaten

zal echter zeer beperkt zijn met de huidige instellingen van de vismigratievoorziening. Er wordt daarom aanbevolen om tot verschillende varianten te komen voor het optimaliseren van het spuiregime. Een belangrijke factor om hierbij in beschouwing te nemen is het tijdstip waarop de verschillende laagwaters precies vallen, vanwege de invloed die dit hoogstwaarschijnlijk heeft op de lokkende werking van de zoete pluim in de avond (wanneer glasaal actief wordt). Om tot een optimalisatie van het spuiregime te komen is experimenteel vaststellen van de effectiviteit van genomen maatregelen noodzakelijk. Hierbij is het belangrijk om zowel de dichtheid van glasaal rond het inspoelmoment als het verloop van lokale aanbod te meten. Dit kan door het maken van tijdreeksen met het kruisnet, bij voorkeur gecombineerd met een merkerterugvangstexperiment voor een nauwkeurige bepaling van het aanbod.

5.1.2 Optimalisatie binnen bestaand kunstwerk

- Opschalen huidige voorziening naar meerdere kokers (geschatte maximale toename intrek 105%; toename met 1 extra koker 0-60%)
- Visvriendelijk spuien / kieren al dan niet in combinatie met zoutdrempel (intrekefficiëntie wordt geschat op 90% van het aanbod)

Na optimalisatie van het spuiregime en mogelijk ook van het vismigratiemiddel zelf (verlengen sluitvertraging en hefhoogte guillotinedeur) is het opschalen van de vismigratiemogelijkheden naar meerdere spuikokers een goede optie om de intrek efficiëntie van glasaal door de Bathse Spuisluis te vergroten. Dit kan door hetzelfde mechanisme toe te passen in meerdere kokers. Om zo veel mogelijk glasaal in te laten tijdens het inspoelmoment is het wel belangrijk dat het opbouwen van hoge dichtheden aan de zeezijde direct voor de spuikokers voorzien van een vismigratiemiddel gegarandeerd blijft. De verwachting is dat opschaling bij het huidige hoge aanbod en hoge dichtheden aan de zeezijde in eerste instantie effectief is, maar er ligt mogelijk een optimum in migratiewinst bij een lager aantal kokers dan 6 en kokerkeuze is relevant. Dit blijkt ook uit een fictieve migratiewinst die voor verschillende scenario's is berekend (zie Bijlage 3). Bij opschalen is het belangrijk dat de netto lokstroom niet evenredig met de opschaling toeneemt, omdat het toegenomen debiet de kansen voor glasalen om tot direct voor de deur te komen mogelijk verkleint. Dit betekent dat de hefhoogtes van de guillotineschuiven in de kokers uitgerust met een sluitvertraging gedurende het spuiproces van de vismigratievoorziening zouden moeten worden verkleind. Het verlagen van de lokstroom debieten per spuikoker heeft naar verwachting een positief effect op het ophopingsproces dat nodig is voor een effectief inspoelmoment. Guillotinedeuren kunnen na deze lagere spuistand verder geheven worden vanaf gelijk peil om wel een voldoende groot instroomvolume te realiseren. Voor een effectief ophopingsproces onder spuidebieten van de vismigratiestand waar glasalen moeilijk tegenin migreren voor een groot deel van de getijdencyclus (zoals de huidige omstandigheden) zou het strategisch selecteren van spuikokers die worden uitgerust met een vismigratievoorziening een mogelijkheid zijn. Bijvoorbeeld door een vismigratiemiddel te realiseren in koker 1 en 6 of 1, 3 en 6. Hierdoor blijven er luwten bestaan waardoor glasalen voorafgaand aan gelijk peil en het inspoelproces eerder en dichter tot voor de deur kunnen komen.

Grootschalig visvriendelijk spuien is een zeer kansrijke optie zijn die op de middellange termijn gerealiseerd zou kunnen worden om vismigratie in de volle breedte van het soortenspectrum te faciliteren. Hierbij moet gedacht worden aan het grootschalig inlaten van zout water vanaf gelijk peil, ver voorbij de grenzen die er zijn bij het werken met de huidige voorziening. Voorbeelden van visvriendelijk spuien zijn bekend van de afsluitdijk bij Den Oever en de kier in de Haringvlietsluizen. Bij de Bathse Spuisluis is deze optie zeer kansrijk door de mogelijkheden die

grote lengte van het Bathse Spuikanaal biedt voor het beheersbaar houden van zoutindringing om daarmee de huidige zoetwatervoorziening te kunnen blijven garanderen. Theoretisch geeft dit meer ruimte om relatief langdurig en met grotere volumes water in te laten. Hierbij is het toepassen van een zoutdrempel zoals voorgesteld door Deltares zeer kansrijk omdat dit de speelruimte voor het inlaten van zout water verder vergroot (Weiler et al., 2019). Met Grootschalig visvriendelijk spuien wordt naar verwachting de grootst mogelijke vismigratie effectiviteit behaalt over het volledige spectrum van diadrome soorten waarbij de Bathse Spuisluis als kunstwerk behouden blijft en er geen grootschalige ingrepen buiten het kunstwerk om plaatsvinden.

5.1.3 Optimalisatie buiten bestaand kunstwerk

- Vispassage met continue migratie mogelijkheid zoals een dubbele hevel passage (percentage intrek wordt ingeschat op 45% bij voldoende capaciteit voor grote aanbod Bathse Spuisluis, bijvoorbeeld 3 hevels van voldoende omvang, bedient geen breed spectrum aan trekvisen)
- Bypass naar voorbeeld van vismigratierivier

Het installeren van een vispassage buiten het huidige kunstwerk om is een andere mogelijkheid. Om een alternatief te zijn ten opzichte van de huidige voorziening en optie voor vis te bieden na het vismigratiewindow, kan gedacht worden aan een vispassage die continue migratie mogelijk maakt. Dit kan bijvoorbeeld een dubbele hevelpassage zijn zoals bij gemaal De Noord waarvan is gebleken dat deze effectief is in het faciliteren van migratie van glasaal (Kooiman & Ploegaert, 2022, *concept*). Een dergelijke optie maakt continue gerichte migratie (buiten de spui momenten) op een optrekbare lokstroom mogelijk voor glasaal. Een dergelijke voorziening heeft als nadelen dat de omvang van bestaande vormen hiervan niet goed aansluit op het zeer hoge aanbod van glasaal bij de Bathse Spuisluis, en de beperkte omvang van een lokstroom hiervan niet goed aansluit op de grote dimensies aan de voorzijde van de Bathse Spuisluis. Opschalen met meerdere voorzieningen zou een goede oplossing kunnen zijn voor deze beperkingen. Grotere trekvisen worden niet bediend door hevelpassages zoals bij gemaal De Noord. Mogelijk biedt een Vislift Up kansen voor een breder soortenspectrum, echter is deze nog niet eerder toegepast op een zoet-zoutovergang van deze schaal en voor glasaal.

Een grootschalige ingreep voor de lange termijn kan een vorm van een vismigratierivier zijn zoals wordt gerealiseerd in de afsluitdijk en eerder werd voorgesteld voor toepassing bij de Volkeraksluizen door WNF (De Vlieger, 2018). Een goed werkende vismigratierivier zou met de natuurlijke dynamiek van afvoer en getij een open verbinding kunnen vormen voor een breed spectrum aan trekvisen. Een open verbinding heeft natuurlijk altijd de voorkeur voor trekvisen en bovendien zou er waardevol habitat kunnen ontstaan op deze overgang van zoet naar zout. Een dergelijke oplossing is echter zeer complex en kent veel randvoorwaarden waarvan succes afhankelijk is. De verwachting is dat het realiseren van een dergelijke verbinding grote uitdagingen met zich meebrengt in het kader van de zoetwaterhuishouding enerzijds en voor het creëren van een goede lokkende werking die voldoende concurreert met de afvoer van de Bathse Spuisluis zelf.

5.1.4 Habitatverbetering

Om intrek van glasaal te verbeteren is optimalisatie van het habitat mogelijk. Habitatverbetering kan een rol spelen in het verminderen van de relatief hoge uitspoeling van glasalen

die al succesvol zijn ingetrokken en mogelijk ook bij het verlagen van de relatief grote uitflux van glasalen. Uitspoeling kan mogelijk deels worden tegengegaan door glasalen die succesvol zijn binnengetrokken meer beschutting te bieden in de vorm van poreus substraat. Dit kan bijvoorbeeld in de vorm van schanskorven gevuld met stenen, zoals de ‘aalriffen’ die in 2020 zijn aangelegd door het Hoogheemraadschap van Delfland in het tussenpand tussen de Keersluis en gemaal Schoute in Scheveningen (Schiphouwer et al., 2022). Aan de buitenzijde kan mogelijk de relatief hoge uitflux van glasalen worden verlaagd door de verblijftijd te vergroten. De verblijftijd kan mogelijk worden vergroot door beschut nat areaal te realiseren direct naast de bestorting van de uitstroom. Hierachter zouden geulen kunnen worden gerealiseerd met voldoende beschutting die verbonden zijn met de uitstroom van de Bathse Spuisluis via een verlaagd en poreus deel van de bestorting. In die geulen kunnen glasalen dicht bij de vismigratievoorziening verblijven tijdens spuiperiodes. Voorwaarde hiervoor is dat deze geulen watervoerend blijven bij laag water. Een andere mogelijkheid is het sterk verbreden van de uitstroomgeul van de Bathse Spuisluis, waardoor er relatief luwe zones zouden kunnen ontstaan langs de oevers. Hier zou beschutting kunnen worden geplaatst in de vorm van hard substraat. Dit kan bijvoorbeeld met een brede komvormige uitstroomgeul, waardoor niet alleen luwten ontstaan langs de randen, maar ook een keerstroom ontstaat die kan worden gebruikt door glasalen om het kunstwerk dichter te naderen tijdens het spuiproces.

5.1.5 Voorkeurscenario

Voor verbetering van de intrek van glasaal is optimalisatie van het spuiregime noodzakelijk. Een spuistop bij laagwater in de avond is effectief gebleken om tot hogere dichtheden glasaal te komen rond het inspoelmoment en bovendien een voorwaarde om tot de gemeten intrekefficiëntie van 26,4% te komen. Optimalisatie van het spuiregime is echter complex omdat het onbekend is welk variant het meeste intrekrendement geeft en wat de effecten van het langdurig wijzigen van het spuiregime zijn op het algehele seizoensaanbod. Aanbevolen wordt om verschillende varianten voor optimalisatie van het spuiregime op te stellen, uit te proberen en effecten experimenteel te onderzoeken. Op deze wijze kan een variant met het grootste rendement worden bepaald. Tegelijkertijd met de optimalisatie van het spuiregime gaat op korte termijn de voorkeur uit naar de optimalisatie van het huidige middel door het vergroten van het inspoelvolumen door een combinatie van het verlengen van de sluitvertraging en het vergroten van de hefhoogte van de guillotineschuif. Dit middel kan na optimalisatie of gelijktijdig met optimalisatie worden opgeschaald naar meerdere kokers. Parallel aan deze korte termijn optimalisatie wordt het sterk aanbevolen om een traject te starten om grootschalig visvriendelijk spuien mogelijk te maken. Hierbij dient het spuikanaal, al dan niet met zoutdrempel, als zoutbuffer. Om uitspoeling van succesvol ingetrokken glasalen en de uitflux van glasalen aan de zeezijde te verlagen wordt aanbevolen om habitatverbetering verder te verkennen. Door het realiseren van de juiste beschutting kan uitspoeling aan de binnenzijde worden verminderd en kan de verblijftijd van glasalen aan de buitenzijde worden verlengd. Ongeacht de maatregelen die uiteindelijk worden toegepast, is het cruciaal om deze proefondervindelijk te evalueren, zodat inzicht wordt verkregen in het daadwerkelijke rendement en eventuele kansen voor verdere optimalisatie. Eerder heeft deze aanpak tot waardevolle resultaten geleid bij het complex Keersluis/Gemaal Schoute in Scheveningen (Schiphouwer et al., 2022).

5.1.6 Monitoring werking vismigratievoorziening

Monitoring van de actuele werking van de vismigratiecyclus is beperkt. Op afstand kan door het HMC (Hydro Meteo Centrum) bijvoorbeeld de vismigratiestand van de hefdeur niet correct worden uitgelezen. Het systeem maakt geen onderscheid tussen een gesloten deur en de migratiestand, omdat er in het systeem geen waarde is gekoppeld aan de hefhoogte van de migratiestand. Dit betekent dat er geen registratie plaatsvindt van de periode dat de hefdeur in migratiestand staat en over deze periode ook geen spui- en inlaatdebiet wordt geregistreerd. Dit is wel het geval voor het korte spuumoment bij afgaand getij om de waakdeur van de vismigratievoorziening open te drukken. De hogere hefhoogte die op dat moment van toepassing is wordt wel geregistreerd. Het wordt sterk aanbevolen om geautomatiseerde monitoring van de actuele werking van de vismigratievoorziening op orde te brengen. Dit omvat de registratie van de hefhoogte van de hefdeur en de registratie van het spui- en inlaatdebiet tijdens de migratiestand, zodat op afstand kan worden gecontroleerd of de vismigratiecyclus correct wordt doorlopen. Dit maakt enerzijds controle op de aanwezigheid van de lokstroom (lokkende werking glasaal) mogelijk en anderzijds kan op basis van het inlaatdebiet worden ingeschat hoeveel vis er dagelijks wordt gefaciliteerd om door te trekken. Met deze verbeterde informatievoorziening kan een goede werking van de vismigratievoorziening tijdens migratiepieken beter worden gegarandeerd.

6 Dankwoord

Het uitvoeren de 'Passagecheck' bij de Bathse Spuisluis 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' in zowel de provincie Zeeland als Zuid-Holland, 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.

Bart Boomstra, Celine Dootjes, Erwin van Dijk, Gertjan van den Berg, Guus Mulder, Henk van Leenen, Henny Hassebroek, Johan Verkamman, Joost de la Mar, Julian van Herk, Koen Smid, Michel Mulder, Mila de Bruijn, Niek Romijn, Pieter Belo, Sander van der Linde, Theo Schuurmans en Thomas Baartmans, heel veel dank!

Stagiairs hebben op verschillende wijzen een waardevolle bijdrage geleverd aan het onderzoek. In het bijzonder danken wij hier Michiel Sijthoff voor zijn enorme inzet bij het in kaart brengen van de timing van de migratiebeweging! Andere stagiairs die een zeer waardevolle bijdrage hebben geleverd aan het onderzoek zijn Wesley van der Westen, Nick Jansen en Bjorn Slangen, waarvoor hartelijk dank!

Beroepsvisser Peter Kooistra verzorgde in samenwerking met kraanmachinist Cees van den Bergh van Loonbedrijf Van der Male uit Poortvliet de doortrekmetingen met het opvangnet, ook midden in de nacht en in het weekend, waarvoor dank!

Van Rijkswaterstaat Zee & Delta bedanken wij in het bijzonder Rob de Breejen voor zijn belangrijke rol in het laten slagen van dit onderzoek, ondanks de korte aanlooptijd en vele uitdagingen tijdens de voorbereidende fase. Daarnaast bedanken wij van Rijkswaterstaat Zee & Delta Thijs Poortvliet en Wouter Quist voor hun onmisbare bijdrage hieraan. Het kritisch kijken naar een eigen vismigratievoorziening in de vorm van deze 'Passagecheck' verdient waardering en draagt bij aan het verbeteren van huidige voorzieningen en het optimaliseren van nog te realiseren voorzieningen in de toekomst.

Voor de prettige afstemming omtrent het aangepaste spuiregime en de instellingen van de vismigratievoorziening, maar ook het aanleveren van gegevens over waterstanden en afvoer bedanken wij Iris Zijlstra (Rijkswaterstaat Zee & Delta), Peter Bijkerk en Rutger Blok (HMC) en Joey Smet (Istemewa Elektro). Zonder hun kennis en inzet was de praktische uitvoering van het onderzoek onmogelijk geweest.

7 Literatuur

- De Looff, J., van Belzen, C., Lindemans, R.G. (2018). Vismigratie Bathse Spuisluis. Engie Infra & Mobility B.V., Dordrecht, 11p.
- De Vlieger B., 2018. Werksessie vismigratie Volkerak 7 december 2017. Discussies en poster. 2 blz.
- Dubbeldam, M.C., Broekhoven, B.J.L. 2014. Kansen en knelpunten voor vismigratie bij zoet-zout overgangen in het Volkerak-Zoommeer. Monitoring en resultaten 2013-2014. Stichting Zeeschelp en Visserijbedrijf Kooistra-Schot. 59 blz.
- 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, 2020. Samen voor de Aal; Kruisnetmonitoring Zeeland 2017-2020. Projectnummer 2020.031. Stichting RAVON, Nijmegen.
- 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. Projectnummer 2021.044-PC21, concept.
- 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>)
- Peters, B., M. Kooiman & S.M.A., Ploegaert, 2022a. Samen voor de Aal; Kruisnetmonitoring Zeeland 2017-2022. Projectnummer 2022.069. Stichting RAVON, Nijmegen.
- Peters, B., M. Kooiman & S.M.A. Ploegaert, 2022b. Samen voor de Aal; Kruisnetmonitoring Zuid-Holland 2015-2022. Projectnummer 2021.077-2022. Stichting RAVON, Nijmegen, concept.
- Ploegaert, S.M.A. & Tummers, J.S. 2019. Viscorridors Zuidwestelijke Delta. Monitoringsplan vismigratieroute Bathse Spuisluis - Volkeraksluizen. Projectnummer 2018.168. Stichting RAVON, Nijmegen.
- 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.
- Rijkswaterstaat, 2019. Gemiddelde Debiet Oppervlaktewater. Waterinfo. Verkrijgbaar op <https://waterinfo.rws.nl/#!/nav/bulkdownload/parameters/Afvoer/>

- Romijn, N., 2015. Vismigratie Bathse Spuisluis. Rapport tot haalbaarheid bevordering vismigratie Bathse Spuisluis. Raadgevend Ingenieursburo F. Kock B.V. Documentnummer 144-009-G06-R-002. 23 blz.
- 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.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., 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.
- Van der Hammen, T. & J.C. van Rijssel, 2021. Report on the eel stock, fishery and other impacts, in The Netherlands, 2020-2021. In Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL) 2021: Country Reports 2020–2021: Eel stock, fisheries and habitat reported by country (pp. 214-252).
- Weiler, O.M., Bijlsma, A.C., Groenenboom J., Weeber, M.P., 2019. Wel visintrek, geen zoutindringing. Onderdeel van KPP CIP 2019. Deltares. Kenmerk 11203690-004-BGS-0002.

Bijlage 1: Berekening aanbod onderzoeksperiode en seizoen

Onderzoeksperiode

Het aanbod tijdens de onderzoeksperiode is benaderd op basis van de (terug)vangsten met het opvangnet. Het gaat hierbij om de periode van (14 april t/m 8 mei). Tijdens deze periode heeft, op de momenten waarop intrek mogelijk was, vangstinspanning plaatsgevonden met het opvangnet. Gemerkte dieren maakten daarbij een bepaalde kans om teruggevangen te worden. Het aantal terugvangsten was afhankelijk van het vangstrendement van het opvangnet 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 (in dit geval na 23 dagen) nagenoeg geen terugvangst van gemerkte dieren meer wordt gegenereerd. Het grote aantal terugvangsten dat is gegenereerd met het opvangnet 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):

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

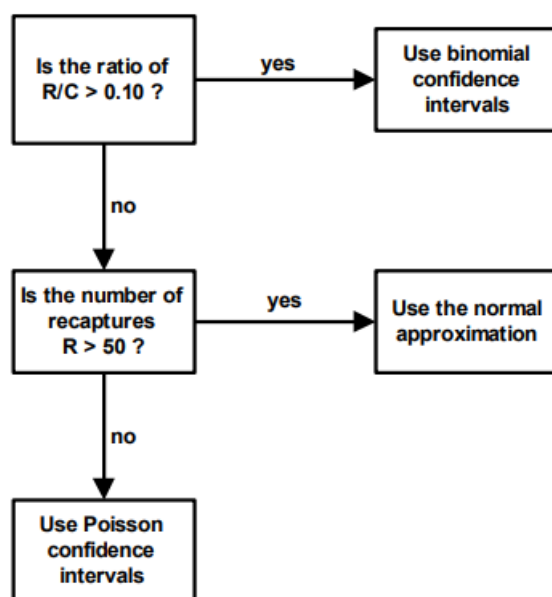
Het uitgangspunt van de toepassing van deze methode in deze situatie is dat: de verhouding tussen het totaal aantal gemerkte dieren (M) en de populatiegrootte (N) tijdens de onderzoeksperiode gelijk is aan de verhouding tussen het aantal in de fuik teruggevangen gemerkte dieren (R) en het aantal in de 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

Het seizoensaanbod is in essentie op dezelfde manier benaderd als het aanbod tijdens de onderzoeksperiode. Door de gemerkte dieren ook als representatief te beschouwen voor de aanwezige populatie buiten de onderzoeksperiode om, kan via het terugvangstrendement van het opvangnet ook een benadering van de totale populatiegrootte plaatsvinden over het gehele seizoen. Voorwaarde voor deze benadering is wel dat aan het eind van de periode waarin terugvangstinspanning plaatsvindt nagenoeg geen terugvangst van gemerkte dieren meer wordt gegenereerd. Daarnaast is een inschatting nodig van de vangsten met het opvangnet wanneer deze ook buiten de onderzoeksperiode om zou zijn ingezet. Deze inschatting is gedaan aan de hand van het seizoensverloop van de glasaalintrek in heel Zeeland op basis van 'Samen voor de Aal' (Peters et al., 2022). Uitgangspunt van deze benadering is dat de vangsten tijdens de onderzoeksperiode bij de Bathse Spuisluis (14 april t/m 8 mei) een bepaald aandeel vormen van de vangsten die gedaan zouden zijn tijdens het gehele intrekseizoen (half februari t/m half juni). Ervan uitgaande dat het seizoensverloop bij de Bathse Spuisluis een vergelijkbaar patroon volgt als het seizoensverloop van heel Zeeland, kan worden berekend om welk aandeel het hier ongeveer gaat. Aan de hand daarvan kan vervolgens een inschatting worden gemaakt van de totaalvangst wanneer gedurende het gehele seizoen vangstinspanning zou hebben plaatsgevonden. In combinatie met het vangstrendement van gemerkte vissen kan hiermee vervolgens een benadering plaatsvinden van het seizoensaanbod.

Bijlage 2: Berekening betrouwbaarheid aanbodschattingen

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 B2.1.



Figuur B2.1: 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.

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

$$\text{Waar: } f = R/M$$

En: Z_{α} = standaardnormale deviatie voor de $(1-\alpha)$ 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:

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

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

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:

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

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

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.

Bijlage 3: Berekening fictieve migratiewinst verschillende scenario's

aantal kokers in gebruik	doortrek						koker 1	koker 2	koker 3	koker 4	koker 5	koker 6	toename	extra koker	toename per extra koker
	koker 1	koker 2	koker 3	koker 4	koker 5	koker 6									
1	1	1	1	1	1	1	5,17	5,64				133.33333333	33.333	1	33.333333333
2	8	2	2	2	2	8	3,76	7,52				125	25	2	12,5
3	5	3	5	5	5	5	2,35	7,05	2,35			133.33333333	33.333	3	11.11111111
4	4	4	2	2	4	4	1,88	8,46	1,88	1,88		150	50	4	12,5
5	3	3	4	2	4	4	1,41	8,46	1,41	1,88		166.66666667	66.667	5	13.333333333
6	4	3	3	3	3	4	1,88	9,4	1,41	1,41					

situatie 1
 koker 1 laat in huidige situatie 26% door van totaal gemaakte voorzijde
 26% van hypothetische aanbod van 20 = 5,2
 stel dat inspoeling alleen effect heeft direct voor de koker zelf (bij dit korte inspoelmoment kan dit, maar aanzuigende werking aannemelijker) dan is 5,2 ongeveer 47% van 11

aantal kokers in gebruik	doortrek						koker 1	koker 2	koker 3	koker 4	koker 5	koker 6	toename	extra koker	toename per extra koker
	koker 1	koker 2	koker 3	koker 4	koker 5	koker 6									
1	1	1	1	1	1	1	2,86	2,86				145.4545455	45.455	1	45.45454545
2	8	2	2	2	2	8	2,08	4,16				136.3636364	36.364	2	18.181818
3	5	3	5	5	5	5	1,3	3,9	1,3			145.4545455	45.455	3	15.151515
4	4	4	2	2	4	4	1,04	4,16	1,04	1,04		163.6363636	63.636	4	15.90909091
5	3	3	4	2	4	4	0,78	4,68	1,04	1,04		181.8181818	81.818	5	16.36363636
6	4	3	3	3	3	4	1,04	5,2	0,78	0,78					

situatie 2
 koker 1 laat 26% door van aanbod direct voor koker

aantal kokers in gebruik	doortrek						koker 1	koker 2	koker 3	koker 4	koker 5	koker 6	toename	extra koker	toename per extra koker
	koker 1	koker 2	koker 3	koker 4	koker 5	koker 6									
1	10	10	10	10	10	10	5,2	5,2				100	0	1	0
2	7	7	6	6	7	7	2,6	5,2				100	0	2	0
3	5	5	5	5	5	5	1,82	5,2	1,56			100	0	3	0
4	4	4	4	4	4	4	1,3	5,2	1,3	1,3		100	0	4	0
5	4	4	3	3	4	4	1,04	5,2	1,04	1,04		100	0	4	0
6	4	3	3	3	3	4	1,04	5,2	0,78	0,78		100	0	5	0

situatie 3
 koker 1 laat 26% door van aanbod direct voor koker
 kokers hebben sterke aanzuigende werking > aanbod verdeeld over kokers met migratiemiddel

aantal kokers in gebruik	doortrek						koker 1	koker 2	koker 3	koker 4	koker 5	koker 6	toename	extra koker	toename per extra koker
	koker 1	koker 2	koker 3	koker 4	koker 5	koker 6									
1	16	16	16	16	16	16	5,2	5,2				160	60	1	60
2	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	4,16	8,32				192	92	2	46
3	10,24	10,24	10,24	10,24	10,24	10,24	3,328	9,984	3,328			204,8	104,8	3	34.93333333
4	8,192	8,192	8,192	8,192	8,192	8,192	2,6624	10,65	2,6624	2,6624		204,8	104,8	4	26,2
5	6,5536	6,5536	6,5536	6,5536	6,5536	6,5536	2,1299	10,65	2,1299	2,1299		163,84	63,84	5	12.768
6	6,5536	6,5536	6,5536	6,5536	6,5536	6,5536	1,7039	8,52	1,7039	1,7039					

situatie 4
 koker 1 laat 26% door van aanbod direct voor koker
 aanbod neemt per koker niet recht evenredig af per aantal kokers, maar door hoge aanbod en lokale influs teed verzadiging langzaam op met 80% van aandeel per extra koker

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

