

Verspreidingsdynamiek, gedrag en voorkomen van diadrome vis bij Kornwerderzand t.b.v. de VismigratieRivier

A.B. Griffioen, H.V. Winter, O.A. van Keeken, C. Chen, B.
van Os-Koomen, S. Schönlau en T. Zawadowski

Rapport C083/14



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Dienst Landelijk Gebied / De Nieuwe Afsluitdijk
Postbus 2003
8901 JA Leeuwarden

BO-11-015-040

Publicatiedatum:

31 juli 2014

IMARES is:

- Missie Wageningen UR: *To explore the potential of marine nature to improve the quality of life.*
- IMARES is hét Nederlandse instituut voor toegepast marien ecologisch onderzoek met als doel kennis vergaren van en advies geven over duurzaam beheer en gebruik van zee- en kustgebieden.
- IMARES is onafhankelijk en wetenschappelijk toonaangevend.

P.O. Box 68	P.O. Box 77	P.O. Box 57	P.O. Box 167
1970 AB IJmuiden	4400 AB Yerseke	1780 AB Den Helder	1790 AD Den Burg Texel
Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 26	Fax: +31 (0)317 48 73 59	Fax: +31 (0)223 63 06 87	Fax: +31 (0)317 48 73 62
E-Mail: imares@wur.nl	E-Mail: imares@wur.nl	E-Mail: imares@wur.nl	E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl	www.imares.wur.nl	www.imares.wur.nl	www.imares.wur.nl

© 2014 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V14.1

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	3
Samenvatting.....	5
Summary	8
1 Inleiding.....	11
2 Samenvattingen afgeronde VMR-studies.....	14
2.1 Bronnen onderzoek naar gedrag van diadrome vis rond zoet-zout overgangen	14
2.2 Inschatting van het aanbod diadrome vis bij Kornwerderzand.....	17
2.3 Het voorkomen van diadrome vis bij Kornwerderzand 2001 – 2012.....	18
2.4 Merk-terugvangst experiment rivierprik bij Kornwerderzand.....	20
3 Rapportage van veldonderzoek naar gedrag van trekvis bij Kornwerderzand: najaar 2013 - voorjaar 2014	22
3.1 Aanvullende fuiken monitoring najaar 2013 – voorjaar 2014	22
3.1.1 Inleiding.....	22
3.1.2 Methode fuiken bemonstering	23
3.1.3 Resultaten fuikonderzoek	24
3.1.4 Discussie en conclusie fuikonderzoek	33
3.2 Verspreidingsdynamiek van kleine trekvis bij spui-complex (kruisnet & DIDSON).....	37
3.2.1 Inleiding.....	37
3.2.2 Methode kruisnetten.....	38
3.2.3 Methode DIDSON.....	41
3.2.4 Resultaten kruisnetten.....	42
3.2.5 Resultaten DIDSON.....	53
3.2.6 Discussie en conclusies verspreidingsdynamiek van kleine trekvis bij spui-complex	56
3.3 Gedrag en intreksucces van zeeprik, houting en zeeforel (zender-onderzoek) ..	59
3.3.1 Inleiding.....	59
3.3.2 Methode telemetrie	60
3.3.3 Resultaten zenderonderzoek.....	62
3.3.4 Discussie en conclusies zenderonderzoek.....	71
3.4 Koppeling gegevens visvriendelijk spui-beheer en vismigratierivier onderzoek	74
3.4.1 Inleiding.....	74
3.4.2 Methode	75
3.4.3 Resultaten	75
3.4.4 Discussie en conclusie	81
4 Integrale discussie en conclusies	83
4.1 De omvang van het aanbod per trekvissoort bij Kornwerderzand	83
4.2 De ruimtelijke verspreiding en gedrag van kleine vis	84
4.3 Ruimtelijk verspreiding, zoekgedrag en intreksucces van grotere trekvis.....	87
4.4 Concluderende slotopmerkingen.....	88
5 Aanbevelingen VMR.....	91

5.1	Aanbevelingen m.b.t. de inrichting en ontwerp van de VMR.....	91
5.2	Aanbevelingen omtrent openstaande kennisvragen m.b.t. VMR.....	92
6	Dankwoord	95
7	Kwaliteitsborging	96
	Referenties	97
	Verantwoording	101
	Bijlage A. Biologie doelsoorten VMR	102
	Bijlage B. Fuik vangsten.....	108
	Bijlage C. Kruisnetten vangsten per net.....	113
	Bijlage D. Kruisnetten statistiek	114
	Bijlage E. Gegevens VVS vangsten en kruisnet vangsten.....	131

Samenvatting

De sluiting van de 32 km lange Afsluitdijk in 1932 heeft grote gevolgen gehad voor de migratie van vis tussen de Zuiderzee en de aangrenzende rivieren. Waar eerst een natuurlijke overgang bestond van zoet en zout water, is nu een harde scheiding tussen het IJsselmeer en de Waddenzee ontstaan. Jaarlijks bieden zich, afhankelijk van de soort, enkele tientallen tot honderden miljoenen vissen aan bij het spuicomplex bij Kornwerderzand. Deze vissen willen tijdens hun stroomopwaartse migratie het IJsselmeer bereiken richting paai- of opgroeigebieden, maar de Afsluitdijk vormt een barrière en veroorzaakt daarmee vertraging en of blokkering tijdens de stroomopwaartse migratie.

Om deze reden zijn er plannen om een vispassage of een VismigratieRivier (VMR) te bouwen naast het spuicomplex te Kornwerderzand met als doel om de ecologische barrière, die de Afsluitdijk voor trekvis vormt, te verzachten. Het doel van de VMR is om zoveel mogelijk aan te sluiten bij het natuurlijke migratiegedrag van diadrome vis en daarmee een grote efficiëntie te behalen. Zo zorgt de VMR middels het ontwerp ervoor dat voor een deel een natuurlijke getijdencyclus wordt gecreëerd en vissen met het opkomende water richting het IJsselmeer kunnen zwemmen. De VMR is een uniek project om het Nederlandse icoon de Afsluitdijk te vernieuwen. De VMR zorgt er voor dat een brede groep trekvis, zoals de spiering, houting, aal (paling) en zalm, weer de ruimte krijgt om hun paai-, leef- en opgroeigebieden in het IJsselmeer, de Friese Meren, de Overijsselse Vecht, de IJssel en verder te bereiken.

Deze rapportage gaat in op de ruimtelijke verspreidingsdynamiek van kleine vis (driedoornige stekelbaars, spiering, botlarven en glasaal), het zoekgedrag en passagesucces van grotere vis (houting, zeeprick en zeeforel) en de aanwezigheid van diadrome vis buiten de spuikom. Hiervoor zijn verschillende technieken ingezet: fuiken, kruisnetten, DIDSON (akoestische camera) en telemetrie (VEMCO zenders). In een voorgaand traject zijn er in het kader van de VMR al meerdere rapportage door IMARES gepubliceerd. De conclusies uit voorgaande onderzoeken en de conclusies uit voorliggende rapportage zijn in een beknopte eindconclusie in dit rapport samengebracht.

Voorkomen en aantalsontwikkelingen van trekvis bij Kornwerderzand (Fuiken)

In het najaar van 2013 (sep – dec) en het voorjaar van 2014 (mrt – mei) zijn tien enkele fuiken ingezet die driemaal in de week werden gelicht. Alle vis werd op naam gebracht en geteld. De vangstdata werd gekoppeld aan spuidebieten en daarnaast gebruikt om de verspreiding van vis in de schatten.

De westelijke fuiken in de spuikom leverden over het algemeen voor veel soorten grotere vangsten op dan de andere fuiken. Dit werd in een eerdere analyse ook al waargenomen in de data van 2002 – 2012. Echter de verschillende soorten vissen werden zowel aan de oost- als westzijde gevangen en daarnaast ook buitendijks. Alle soorten, zij het in kleinere hoeveelheden, dienen zich ook voor de schutsluizen aan. Er wordt vrijwel dagelijks gespuid waardoor er altijd een zoete lokstroom aanwezig is.

Dynamiek in verspreiding van kleine trekvis aan Waddenzee-zijde (Kruisnetten en DIDSON)

Er is in de maanden maart, april en mei 2014 zes maal in het donker tijdens opkomend tij op negen tot elf locaties met een drie maal drie meter kruisnet bemonsterd in de spuikom en voor de scheepvaartsluizen. De doelsoorten van de kruisnetten waren botlarven, driedoornige stekelbaars, spiering en glasaal. Tegelijkertijd is er op dezelfde locaties een DIDSON akoestische camera ingezet om de verticale distributie van vis waar te nemen.

De verspreidingsdynamiek van vis in de spuikom van Kornwerderzand is groot. De aantallen kleine vis in de spuikom waren hoog, waarbij de grootste concentraties op verschillende plekken konden voorkomen. Er zijn geen zogenaamde 'hotspots' gevonden van vis waar deze zich over lange tijd concentreert in de

spuikom. Wel leverden de zuidelijke locaties (direct naast en voor de spuisluisdeuren) voor stekelbaars en haring significant hogere vangsten op. Ook glasaal werd iets meer in het zuidelijke deel van de spuikom gevangen, met name tijdens het tweede deel van de migratieperiode. In absolute termen van vis per 1000m³ laat de zuidwestelijke hoek van de spuikom, evenals de locaties nabij de spuideuren de grootste dichtheden vis zien in het kruisnetten onderzoek. Er is geen significant verschil gevonden tussen de oostelijke en de westelijke locaties in termen van aantal vissen per oppervlakte. Ook is het opvallend dat soorten als haring en driedoornige stekelbaars zich op twee achtereenvolgende dagen op verschillende locaties lieten vangen waarbij de oostelijke en westelijke locaties zich afwisselden. Dit geeft aan dat de verspreidingsdynamiek groot is. De DIDSON observaties lieten eveneens geen verschil zien tussen oost en west. In het noorden van de spuikom lijkt het voorkomen van diadrome vis beperkter dan in het zuidelijke deel van de spuikom. Dit is voor een deel aangetoond zowel met het kruisnettenonderzoek en de DIDSON observaties. Selectief getijdentransport lijkt in de spuikom aanwezig voor glasaal en driedoornige stekelbaars wat zich uitte in significant minder grote vangsten na hoogwater vergeleken met voor hoogwater. Het aantal waarnemingen voor botlarven was beperkt, maar zij werden gevangen met opkomend tij. Spiering wordt ook na hoog water goed gevangen.

Zoekgedrag en intrek succes van grote trekvis (Telemetrie)

In het voorjaar van 2014 zijn er 25 zeeprikken, vijf houtingen en één zeeforel voorzien van een VEMCO (V7) zender en weer uitgezet in de spuikom. Hier waren 19 receivers opgesteld waarvan 13 aan de Waddenzeezijde en zes aan de IJsselmeerzijde. De zenders gaven om de 30-50 sec een unieke code die door de receivers kunnen worden opgevangen en opgeslagen indien de zender in de buurt van een ontvanger is. Er waren vaste twee range zenders ingezet om te controleren hoe het signaal van zenders verstoord werd door het spuien van zoet water en de grote dynamiek in het gebied.

De gebruikte zendermethodiek en opzet van het netwerk aan detectiestations is in het zeer uitdagende studiegebied succesvol gebleken om zowel het zoekgedrag als het intrek succes in en nabij het spui-complex te onderzoeken. De intrek van de zeeprík lijkt sterk beperkt, waarbij slechts 12-25 % van de gezenderde zeeprikken succesvol naar binnen is getrokken. Verder suggereren de gegevens dat er een aanzienlijke vertraging in de migratie van deze soort kan optreden. Houting en zeeforel lijken een hoger intrek succes te hebben, maar het aantal gezenderde vissen was beperkt. Telemetrie laat intensieve benutting van de gehele spuikom zien voor de meeste individuen. Ook voor grotere vis zijn er aanwijzingen dat periodieke menging en uitwisseling van individuen binnen de spuikom plaatsvindt. Hierbij speelt het sterk dynamische karakter van de spuikom, zowel in tijd als ruimte door periodiek spuien, getijddestroming, wind en het actieve zwemgedrag van de vissen een rol.

Conclusies

- Het aanbod van met name kleine trekvis bij Kornwerderzand is groot en wordt ingeschat op miljoenen tot honderden miljoenen vissen per jaar, en afhankelijk van de betreffende vissoort gedurende het gehele jaar.
- Grote concentraties van trekvis kunnen zich op verschillende plaatsen in de spuikom voordoen. De variatie in het voorkomen van concentraties binnen de spuikom varieert sterk in de tijd. Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat er zich sterke concentraties gedurende lange tijd (vele getijdencycli) op dezelfde plaats opbouwen (geen vaste 'hotspots').
- De grote variatie in dichtheden kleine trekvis in de spuikom, zowel gedurende getijdencyclus als tussen meerdere dagen, suggereren een grote dynamiek in bewegingspatronen van kleine vis, waarbij getijddestroming, spui-events, wind en actief zwemmen de belangrijkste factoren lijken (het belang van elke factor is verschillend per vissoort).
- Intensief zoekgedrag van grote trekvis komt voor op minimaal spuikom niveau en deels op grotere schaal.

- Er is een gering intrek succes van 12-25% voor zeeprík en er zijn aanwijzingen dat dit > 50 % is voor houting en zeeforel.

Aanbevelingen

- Door de grote dynamiek in verspreiding van kleine trekvis en het intensief zoekgedrag van grote trekvis in de gehele of tenminste het zuidelijke deel van de spuikom, kan de ingang van de VMR zowel aan de westelijke zijde als aan de oostelijke zijde worden gepositioneerd om het aanwezige aanbod te faciliteren, waarbij aan de westelijke zijde gemiddeld hogere aantallen aanwezig lijken te zijn dan de oostelijke zijde.
- Twee ingangen van de VMR, direct naast de meest westelijke spuikoker en in het midden van de westelijke oever van de spuikom lijkt optimaal, waarbij een ingang aan de buitenzijde van de spuikom niet nodig lijkt.
- Uitbreiding van kruisnet en DIDSON onderzoek met merk-terugvangst wordt aanbevolen om verblijftijd en onderliggende bewegingspatronen meer inzichtelijk te krijgen.
- Uitbreiding van zenderonderzoek naar grotere aantallen gezenderde vis en andere soorten (bijvoorbeeld rivierprík) en jaarronde monitoring (om alle intrekperiodes te dekken) wordt aanbevolen om zoekgedrag en intrek succes in huidige situatie te bepalen. Dit netwerk kan worden uitgebreid met stations bij Den Oever (om uitwisseling tussen Kornwerderzand en Den Oever, en het intrek succes bij Den Oever te onderzoeken) of met stations in rivieren en beken in het achterland, bijvoorbeeld zijbeken van de IJssel, Overijsselse Vecht om het belang van Afsluitdijk voor achterland te bepalen.
- Het koppelen van hydrodynamische modellen aan gedragsmodellen en validatie met veldgegevens voor met name kleine vis is relevant om meer inzicht in gedrag te krijgen, en om verschillende beheers- en inrichtingsscenario's van de VMR door te rekenen, met name met betrekking tot de effectiviteit in het bedienen van het aanbod zwakke zwemmers.

Summary

The close-off of the former estuary Zuiderzee with the 32 km long dam Afsluitdijk has had severe consequences for the migration of fish between the Wadden Sea and rivers, e.g. IJssel and Vecht. Instead of a natural transition between marine and freshwater, now a barrier strongly separating Lake IJsselmeer from the Wadden Sea is in place, with two discharge sluice complexes; Den Oever and Kornwerderzand. Yearly numbers of fish showing up at the discharge sluices at Kornwerderzand vary from several tens to hundreds of millions, depending on species. These fish want to migrate to Lake IJsselmeer or further upstream to reach feeding or spawning areas, however the Afsluitdijk dam forms a barrier that severely hampers and/or delays their upstream migrations.

For the above mentioned reasons, plans are proposed to build a fish passage or Fish Migration River (FMR) next to the discharge sluices location at Kornwerderzand. The aim is to mitigate the ecological barrier that the Afsluitdijk Dam forms for migratory fish. The purpose of the FMR is to relate closely to the natural behaviour of diadromous fish and achieve high passage efficiency. The design of the FMR allows that the natural tidal cycle is partly restored within the fish passage and that fish are able to move to Lake IJsselmeer with the incoming tide. The FMR is a unique project to renew the Dutch iconic Afsluitdijkdam. The FMR allows a wide range of migratory fish, for instance smelt, North Sea houting, eel and salmon, to move freely to upstream habitats for spawning, growing and nursery in Lake IJsselmeer, the Frisian lakes, the River Vecht, River IJssel and upstream parts of the Rhine.

This report focusses on the spatial distribution dynamics of small migratory fishes (three-spined stickleback, smelt, flounder larvae and glass eel), the searching behaviour and passage success of larger migratory fish (North Sea houting, sea lamprey and sea trout) and the presence of diadromous fish outside the seaward discharge basin ('spuikom'). For this, several research techniques were used; fyke nets, lift nets, DIDSON (acoustic camera) and telemetry (VEMCO acoustic receivers and transmitters). In an earlier stage, several FMR studies were carried by IMARES. The conclusions of these studies and of the new studies will be combined in this report.

Presence and trends in numbers of migratory fish at Kornwerderzand (fyke nets)

In autumn 2013 (September – December) and spring 2014 (March – May), ten fyke nets were monitored three times per week. All fish were identified by species and counted. The catch data was combined with discharge data and is used to estimate the distribution of fish at the sluices site Kornwerderzand.

The fyke nets on the west side in the discharge basin caught in general more fish for most species than other fyke locations. The same was observed in the data of 2002-2012. However, the different species were caught on all locations, both on the west side and east side of the discharge basin as well as outside of the discharge basin. All species, though in smaller numbers, were also observed in front of the ship lock located next to the discharge sluices at Kornwerderzand. The discharge sluices release freshwater almost all days, resulting in a continuous attraction flow.

Spatial dynamics of small migratory fish at the Wadden Sea side (lift nets and DIDSON)

In March, April and May 2014, the discharge basin and the seaward basin of the ship lock were monitored with lift nets with three consecutive runs at 9-11 locations during upcoming tide during six nights. Target species of the study were flounder larvae, three-spined stickleback, smelt and glass eel. At the same time on the same locations, DIDSON observations were made to determine vertical distribution of fish in the water column.

The spatial dynamics of small fishes in time in the Kornwerderzand discharge basin were large. Numbers of small fish in the discharge basin were high, but the highest concentrations could occur on different locations in time. Thus no specific hotspots where fish concentrates for long periods were found. The

catches at the southern locations (next to and in front of the discharge sluices) were on average significantly higher for three-spined stickleback and herring. Also glass eel was caught slightly more at the southern locations, especially during the second half of their migration period. The lift net monitoring showed highest numbers of fish at the south-western locations, though no significantly different from the other southern locations within the discharge basin. There were no significant differences between the western and eastern locations within the discharge basin. Remarkably, on two consecutive days the species herring and stickleback were most abundant on the western side on one day and eastern side the other illustrating the large dynamics in distribution within the discharge basin. DIDSON observations also showed no difference between western and eastern side of the discharge basin. Abundance of small fish in the discharge basin is large, but appears to be less in the northern part than in the southern part, though dynamics were large and number of sampling days with the lift nets and DIDSON were relatively low. The lower catches of glass eel and stickleback after high water than before during upcoming tide are in accordance with Selective Tidal Transport. Smelt catches were similar after high water than before during upcoming tide, suggesting more active swimming behaviour. Flounder larvae were caught on only two days during upcoming tide.

Searching behaviour and passage success of large migratory fish (telemetry)

During spring 2014, 25 sea lamprey, five North Sea houting and one sea trout were implanted with a VEMCO V7 transmitter and released again in the discharge basin. Around the discharge sluices and ship lock at Kornwerderzand, 19 receivers were placed of which 13 on the Wadden Sea side and six on the Lake IJsselmeer side. The transmitters emitted a unique code every 30-50 s that could be detected and stored by the receivers when the fish with a transmitter was within the detection range. Two fixed transmitters were placed to determine how the detection rate was influenced by discharge events and the large hydrodynamics in the discharge basin.

The used telemetric method and set up of the receivers proved to be successful in this challenging environment in determining both searching behaviours as passage success of the Kornwerderzand sluices. Passage success of sea lamprey appeared to be limited to 12-25 % of sea lamprey with transmitters. In addition, substantial delay of sea lamprey migration was indicated. North Sea houting and sea trout appeared to have higher passage success, though the number of fish was very limited. Telemetry data showed intensive use of the whole discharge basin. Thus, also for large migratory fish, use of the discharge basin was intensive and showed large dynamics. In this, discharge events, tidal current, wind and active swimming all play a role.

Conclusions

- Numbers of migratory fish and especially small fishes at Kornwerderzand are very large and estimated at millions to hundreds of millions annually and depending on the species present throughout the year.
- Spatial dynamics of fish within the discharge basin are large and no indications were found for the occurrence of specific hotspots where fish concentrate during long periods (over many tidal cycles).
- The large variation in densities small fishes in the discharge basin, both within the tidal cycle as between different days, suggests large dynamics in movement patterns of small fish, where tidal currents, discharge events, wind and active swimming appear to be important underlying factors (the relative weight of each factor can differ between species).
- Intensive searching behaviour of large migratory fish occurs at a spatial level of at least the discharge basin and partly on a larger scale.
- Limited passage success of 12-25 % for sea lamprey in the current situation and indications that this is > 50 % for North Sea houting and sea trout.

Recommendations

- Due to the large dynamics in the distribution of small migratory fish and the intensive searching behaviour of larger migratory fish in the whole or at least southern part of the discharge basin of Kornwerderzand, the entrance of the FMR might well be situated both on the western or eastern side of the discharge basin, though numbers of catches are somewhat higher on the western side.
- Two entrances of the FMR, direct next to the most westerly situated discharge sluice and in the middle of the western shore of the discharge basin appear to be optimal, whereby an entrance on the outside side of the discharge basin seems redundant.
- In addition to lift net and DIDSON studies, mark-recapture experiments are recommended to get more insight in residence time and underlying movement patterns.
- Expansion of telemetric studies to larger numbers of fish with transmitters and different species (for instance river lamprey) and year-round telemetric monitoring (to cover all migrations periods of the different species) would allow to determine their searching behaviour and passage success in the current situation. The used network of detections stations can be expanded with adding sites at Den Oever (thereby covering both entrances for migratory fish in the Afsluitdijk Dam), and sites in the upstream water systems and rivers such as River Vecht and River IJssel and tributaries to determine the importance of passing the Afsluitdijk for the entire upstream catchment area.
- Linking hydrodynamic models with behavioural models and validating these with field measurements on especially small migratory fish gives good opportunities to get more insight in underlying behaviours, and to assess effectiveness of different management scenarios and design options of the FMR.

1 Inleiding

De sluiting van de 32 km lange Afsluitdijk in 1932 heeft grote gevolgen gehad voor de migratie van vis tussen de Zuiderzee en de aangrenzende rivieren. Waar eerst een natuurlijke overgang bestond van zoet en zout water, is nu een harde scheiding tussen het IJsselmeer en de Waddenzee ontstaan. Jaarlijks bieden zich, afhankelijk van de soort, enkele tientallen tot honderden miljoenen vissen aan bij het spuicomplex bij Kornwerderzand (Griffioen et al 2014). Deze vissen willen tijdens hun stroomopwaartse migratie het IJsselmeer bereiken richting paai- of opgroeigebieden, maar de Afsluitdijk vormt een barrière en veroorzaakt daarmee vertraging en of blokkering tijdens de stroomopwaartse migratie.

Om deze reden zijn er plannen om een VismigratieRivier (VMR) te bouwen naast het spuicomplex te Kornwerderzand met als doel om de ecologische barrière, die de Afsluitdijk voor trekvis vormt, te verminderen. Het doel van de VMR is om zoveel mogelijk aan te sluiten bij het natuurlijke migratiegedrag van diadrome vis en daarmee een grote efficiëntie van intrek te behalen. Zo zorgt de VMR middels het ontwerp ervoor dat voor een deel een natuurlijke getijdencyclus wordt gecreëerd en vissen met het opkomende water richting het IJsselmeer kunnen zwemmen (Winter et al. 2014). De VMR is een uniek project om het Nederlandse icoon de Afsluitdijk te vernieuwen. De VMR zorgt ervoor dat een brede groep trekvis, zoals de spiering, houting, aal (paling) en zalm, weer de ruimte krijgt om hun paai-, leef- en opgroeigebieden in het IJsselmeer, de Friese Meren, de Overijsselse Vecht, de IJssel en verder te bereiken.

Voordat een gedetailleerd werkplan voor de uitvoering van de VMR bij Kornwerderzand kan worden uitgevoerd, moeten cruciale vismigratieprocessen onderzocht worden. Zo is het voor de constructie en de positionering van de ingang van VMR van belang dat deze aansluit bij het gedrag van vissen die daar lokaal aanwezig zijn. Het is tevens van belang voor het beheer van de VMR om te weten wanneer vissen in de getijdencyclus het meest aanwezig zijn in de waterkolom en daarnaast bepaalt de ruimtelijke verspreiding en dynamiek van het voorkomen van diadrome vissen in de spuikom het succes van de ingang(en) van de VMR. Daarnaast is het belangrijk te weten in hoeverre de aanwezigheid van vis wordt beïnvloedt door het dagelijks spuien van grote hoeveelheden zoet water in de Waddenzee. Zoals beschreven en hypothetisch weergegeven in Winter et al. (2014) kan dit te weeg brengen dat vissen volledig of gedeeltelijk worden weggespoeld uit de spuikom. Al deze factoren hebben grote invloed op het succes van een VMR.

Om dit soort vraagstukken aan te pakken gaan de onderzoeken in deze rapportage in op de ruimtelijke verspreidingsdynamiek van kleine vis (driedoornige stekelbaars, spiering, botlarven en glasaal), het zoekgedrag en passagesucces van grotere vis (houting, zeeprick en zeeforel) en de aanwezigheid van diadrome vis buiten de spuikom. In het verleden is er middels het NEDAP systeem wel enige kennis vergaard over de intrek van zeeforellen (De Vaate et al. 2003). Deze rapportage voegt hier het intrek succes van houting en zeepricken aan toe aangevuld met verblijftijd en zoekgedrag in de spuikom. Van de kleinere vis, die over het algemeen gezien worden als de belangrijkste doelsoorten voor de VMR (Winter et al. 2014), laat deze rapportage zien hoe deze verspreid zijn in de spuikom en of verschillen waarneembaar zijn in de vangsten met opkomen en afgaand tij. De onderzoeken zullen beknopt worden samengevat in een algehele conclusie waarin de onderzoeken uit een voorgaand traject worden meegenomen (Tabel 1 – afgeronde onderzoeken). Dit betreffen de volgende rapportages:

- Een uitgebreid **bronnenonderzoek** naar gedrag van vis rond zoet-zout overgangen waarin de huidige kennis over de biologie en het gedrag van diadrome vis is vastgelegd en daarnaast ingaat op de inrichting en efficiëntie van de VMR: *Winter H.V., A.B. Griffioen en O.A. van Keeken. 2014. De Vismigratierivier: Bronnenonderzoek naar gedrag van vis rond zoet-zout overgangen. IMARES rapport C035/14.*

- Een **aanbod inschatting van het aantal diadrome vissen** die zich jaarlijks aandienen bij het spuicomplex bij Kornwerderzand op basis van diverse vangstgegevens. *Griffioen A.B., H.V. Winter, J. Hop (ATKB) en F.T. Vriese (ATKB). 2014. Inschatting van het aanbod diadrome vis bij Kornwerderzand. IMARES rapport C069/14*
- Een uitgebreide **analyse van de fuikenmonitoring 2001-2012** die sinds 2001 wordt uitgevoerd als Wettelijke Onderzoek Taak. De vangsten werden in relatie gezet tot spuidebieten en watertemperatuur. Ook werd er gekeken naar de verspreiding van vis in de spuikom middels (gemiddelde) fuikvangsten. *Griffioen A.B. en H.V. Winter. 2014. Het voorkomen van diadrome vis in de spuikom van Kornwerderzand 2001 – 2012 en de relatie met spuidebieten. IMARES rapport C036/14.*
- Een **merk-terugvangst experiment** met rivierprik om te weten komen of vissen meerdere keren worden gevangen in de fuiken. Daarnaast geeft het onderzoek inzicht in het gedrag en verblijftijd van rivierprikken. *Griffioen A.B. en H.V. Winter. 2014. Merk-terugvangst experiment rivierprik (Lampetra fluviatilis) bij Kornwerderzand. IMARES rapport C044/14.*

De vier onderzoeken waarvan deze rapportage verslag doet, vullen belangrijke kennislücken in voor wat betreft verspreiding en gedrag van kleine en grote diadrome vis (Tabel 1 –onderzoeken van deze rapportage). Het bronnenonderzoek voor de VMR (Winter et al. 2014) beschrijft diverse kennisleemtes over de verspreiding van kleine vis in de spuikom en het zoekgedrag van grotere vis. Om deze reden is de fuikenmonitoring uitgebreid in het najaar van 2013 en het voorjaar van 2014 met extra fuiken en langere monitoringsperioden. Naast de uitbreiding van fuikenmonitoring zijn er in het voorjaar van 2014 extra onderzoeken uitgevoerd met kruisnetten voor kleinere vis en zenders voor grotere vis om deze in tijd en ruimte te volgen. Daarnaast is er een akoestische camera (DIDSON) ingezet om vissen te filmen op diverse punten van het spuicomplex. Deze rapportage bevat een verslaglegging van vier verschillende aanvullende onderzoeken bij Kornwerderzand: fuiken monitoring, kruisnetten onderzoek, DIDSON onderzoek en telemetrie onderzoek.

Tabel 1 Een overzicht van de doelsoorten voor de VMR en de diverse uitgevoerde onderzoeken om de biologie, het (zoek)gedrag, de verspreiding en het voorkomen inzichtelijk te maken. De doelsoorten per methode zijn per onderdeel inzichtelijk gemaakt door een 'x' in de tabel. Een '/' betekent dat deze theoretisch wel waar te nemen zijn, maar door beperkte aantallen vis in combinatie beperkte monitoring een kleine waarnemingskans hebben.

Doelsoort VMR	Stadium	Afgerond				Deze rapportage			
		Bronnenonderzoek	Aanbodinschatting	Fuiken monitoring 2001-2012	Merkterugvangst	Fuiken monitoring 2013-2014	Kruisnetten	DIDSON*	Telemetrie
aal	aal	x		x		x		/	
	glaaal	x	x				x		
bot	adult/juveniel	x	x	x		x			
	larve/juveniel	x	x				x		
driedoornige stekelbaars	adult	x	x	x		x	x	x	
fint	juveniel /adult	x	x	x		x		/	
houting	juveniel /adult	x	x	x		x		/	x
rivierprik	adult	x	x	x	x	x			
spiering	juveniel /adult	x	x	x		x	x	x	
zeeprik	adult	x	x	x		x		/	x
zeeforel	adult	x	x	x		x		/	x
zalm	adult	x	x	x		x		/	

*met de DIDSON is veelal geen soortidentificatie mogelijk. Vissen die op de bodem liggen, zeer klein zijn (glaaal, botlarven) of dicht tegen de oppervlakte zwemmen zijn niet zichtbaar in de DIDSON beelden.

Naast de veldwerkexperimenten geeft deze rapportage een eerste aanzet tot het koppelen van het aantal vissen in de spuikom (aanbod) en de doortrek van kleine diadrome vis door de spuikokers. Hiertoe zijn de resultaten van twee verschillende methodes (kruisnetten) en trechtervormige netten in de spuikokers naast elkaar gelegd. Dit laatste onderzoek is in het kader van het lopende onderzoek naar aangepast visvriendelijk sluisbeheer (VVS) uitgevoerd door Arcadis en ATKB in opdracht van Rijkswaterstaat (RWS) IJsselmeergebied. Het principe van visvriendelijk sluisbeheer is dat de deuren van de spuisluisen een migratiemogelijkheid bieden tijdens afgaand tij door rondom gelijk waterpeil de deuren van de spuikokers open te zetten. Hiermee wordt er een waterstroom richting het IJsselmeer gecreëerd. De volgende terminologie wordt toegepast in de rapportage in het kader van aangepast spuibeheer:

VIS spuien

Het reguliere visspuien waarbij vier van de 10 spuikokers op een kier worden gezet ten behoeve van visintrek (zie Winter et al. 2014).

Visvriendelijk sluisbeheer (VVS)

Het aangepaste sluisbeheer waarbij met gelijk waterpeil, bij afgaand tij een migratie mogelijkheid wordt geboden aan vis. Dit is in het voorjaar door ATKB en ARCADIS in opdracht van RWS getest. De voorlopige resultaten hiervan worden behandeld in hoofdstuk 3.4 Relatie visvriendelijk spuibeheer en onderzoeken vismigratierivier.

In de bijlagen van dit rapport wordt een beknopt overzicht gegeven van de biologie van de diverse vissoorten welke reeds uitgebreid zijn beschreven in het bronnenonderzoek (Winter et al. 2014). Per onderzoeksonderdeel (fuiken, kruisnet, DIDSON en telemetrie) zijn vooraf diverse onderzoeksvragen opgesteld die aansluiten bij (een deel van) de kennisleemtes zoals gepresenteerd in Winter et al. (2014). Deze rapportage geeft antwoord op de volgende kennisvragen gerelateerd aan de onderzoekstechniek en de doelsoorten per onderdeel.

Aanvullende fuiken monitoring

- *Wat is de relatie tussen fuikvangsten (drie keer lichten) en spui-tijdreeksen in de tijd?*
- *Wat is de verspreiding van vis aan de hand van de fuikvangsten?*
- *Dient vis zich aan bij de schutsluisen? En hoe verschilt dit met de vangsten in de spuikom?*
- *Hoe verhouden de vangsten direct aan de buitenzijde van de spuikom zich t.o.v. locaties in de spuikom?*

Kruisnetonderzoeken en DIDSON

- *Wat is de ruimtelijke verdeling van driedoornige stekelbaars, glasaal, spiering en botlarven in de spuikom?*
- *Hoe verschillen de vangsten van driedoornige stekelbaars, glasaal, spiering en botlarven in het getij?*
- *Zijn er verschillen in aantallen vis bij verschillende locaties in de spuikom?*
- *Wat is de verticale distributie van vissen in de spuikom?*

Telemetrie onderzoek

- *Op welke schaal vindt er zoekgedrag plaats van grotere vissen in de huidige situatie?*
- *Is er verschil in aanwezigheid tussen de westelijke en oostelijke zijde binnen de spuikom?*
- *In hoeverre wordt de scheepvaartsluis bij Kornwerderzand als intrekroute gebruikt?*
- *Wat is het intreksucces van grotere diadrome vis bij Kornwerderzand?*
- *Vindt er uitspoeling/uittrek plaats nadat vis succesvol is binngetrokken via de spuikokers?*

Relatie vangsten visvriendelijk sluisbeheer en vangsten kruisnetten

- *Valt het aantal vissen per volume eenheid wat is gevangen met de kruisnetten (aanbod) in gelijke orde van de grootte als wat gevonden is met de voorlopige resultaten van het visvriendelijk sluisbeheer onderzoek (doortrek experimenten)? Met andere woorden is er op basis van de vergelijking een aanwijzing dat er grote hoeveelheden vis ophopen bij de deuren van de spuisluisen en de scheepvaartsluisen?*

2 Samenvattingen afgeronde VMR-studies

2.1 Bronnen onderzoek naar gedrag van diadrome vis rond zoet-zout overgangen

Samenvatting uit Winter H.V., A.B. Griffioen en O.A. van Keeken. 2014. De Vismigratierivier: Bronnenonderzoek naar gedrag van vis rond zoet-zout overgangen. IMARES rapport C035/14

Het bronnenonderzoek heeft plaatsgevonden van september 2013 – maart 2014. De rapportage is in maart 2014 opgeleverd.

De sluiting van de 32 km lange Afsluitdijk heeft grote gevolgen gehad voor de migratie van vis tussen de Zuiderzee en de aangrenzende rivieren. Waar eerst een natuurlijke overgang bestond van zoet en zout water, is nu een harde scheiding tussen het IJsselmeer en de Waddenzee ontstaan. Zoet water stroomt bij afgaand tij via twee spuicomplexen richting de Waddenzee. Stroomopwaarts migrerende vis wordt - afhankelijk van de timing - geconfronteerd bij de spuicomplexen met dichte deuren, korte migratievensters, grote stroomsnelheden en een harde overgang van zoet naar zout water. Om stroomopwaarts migrerende vis te faciliteren in hun migratie naar het IJsselmeer liggen er ontwerpen voor een vismigratierivier bij het spuicomplex Kornwerderzand. Een kunstmatige 'rivier' van 6 km lang, waar getijwerking tussen zoet en zout meer de ruimte krijgt, langere migratie vensters geboden worden en de stroomsnelheden van het water lager zijn. De VisMigratieRivier (VMR) bestaat – in het huidige, in de haalbaarheidsstudie gepresenteerde, ontwerp - uit een 2 km lang deel aan de Waddenzeezijde, een koker onder de weg door en een deel in het IJsselmeer van 4 km lang. De delen van de VMR worden beheerd door afsluiters die afhankelijk van het getij worden open- of dichtgezet.

Het bronnenonderzoek (Winter et al. 2014) geeft een overzicht van actuele kennis over stroomopwaartse migratie van soorten: Atlantische steur (*Acipenser sturio*), bot (*Platichthys flesus*), elft (*Alosa alosa*), fint (*Alosa fallax*), Europese paling (*Anguilla anguilla*), driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*), rivierprik (*Lampetra fluviatilis*), spiering (*Osmerus eperlanus*), zeeprik (*Petromyzon marinus*), zalm (*Salmo salar*), zeeforel (*Salmo trutta*) en houting (*Coregonus oxyrinchus*). De review van de kennis geeft een overzicht van populatiestatus van bovenstaande soorten in relatie tot de Afsluitdijk, de timing van migratie, het migratie- en oriëntatiegedrag, de zwemcapaciteit en passeermogelijkheden. Deze kennis is zowel per soort als per thema beschreven. De kennis is verzameld middels peer reviewed literatuur, grijze literatuur en interviews met lokale ervaringsdeskundigen, nationale en internationale experts. Op basis van de verzamelde kennis zijn concrete aanbevelingen gedaan voor de VMR. Er worden ook hypothetische scenario's geschetst die het gedrag van vis beschrijft bij Kornwerderzand en de VMR. Ten slotte wordt een inschatting gegeven van de verwachte meerwaarde van de VMR ten opzichte van de huidige situatie.

Lokale en regionale onderzoeksrapporten vormden grotendeels het startpunt van dit bronnenonderzoek. Dit is aangevuld met internationale en beperkte lokale wetenschappelijke literatuur. Lokale ervaringsdeskundigen zoals beroepsvissers gaven veel bruikbare lokale informatie, zoals gedrag van vis in de spuikom en het voorkomen van concentraties vis.

Naast het kennisoverzicht geeft het bronnenonderzoek ook een overzicht van de kennisleemtes. De belangrijkste kennisleemten m.b.t. het ontwerp en inrichting van de VMR zijn:

- Passage efficiëntie per soort van het spui-complex in de huidige situatie
- Ruimtelijk zoekgedrag: verschilt per soort en op welke schaal vindt dit plaats
- Benutting van kortdurende migratievensters met passeerbare omstandigheden per soort
- Acclimatisatie-eisen van intrekende vis bij zout-zoet overgangen
- Predatieverliezen en -risico's door visetende vogels en roofvis

- Areaalgroottes en zoet-zout dynamiek die nodig zijn om zoet-zout overgangen ook als leefgebied te benutten.
- Rendement van afzonderlijke herstelmaatregelen voor verschillende populaties

Deze kennisleemtes die binnen het bronnenonderzoek naar voren zijn gekomen zijn vervolgens voorgelegd aan nationale en internationale experts, waarbij soms aanvullende kennis is aangeleverd en meestal werd bevestigd dat deze kennis ontbreekt.

Op basis van de beschikbare informatie en gegevens is een inschatting gemaakt van de verwachte meerwaarde van de VMR ten opzichte van de huidige situatie. Het huidige passagesucces is voor veel doelsoorten slecht bekend en is in deze studie ingeschat als relatief hoger voor sterke zwemmers als zalm, zeeforel en zeeprik, en het laagst voor zwakke zwemmers als bot en driedoornige stekelbaars. De intrekbelemmering voor glasaal is onbekend, wel treedt er op zijn minst flinke vertraging op in de intrek en wellicht een lager intreksucces. De aantrekkende werking van de VMR (attractie-efficiëntie) wordt voor de doelsoorten als matig tot hoog ingeschat, afhankelijk van de uitvoering en mogelijkheden middels beheer tot optimaliseren met voortschrijdend inzicht na realisatie van de VMR. Het feit dat er direct voor en na de spui uitsluitend een lokstroom uit de VMR komt vergroot waarschijnlijk de attractie-efficiëntie. Het vinden van de ingang is een cruciale factor. Eenmaal in de VMR schatten we in dat de passage-efficiëntie erg hoog zal zijn voor alle doelsoorten omdat de passeerbaarheid en stromingscondities tenminste tijdens een deel van elk getij gunstig zijn voor succesvolle passage van zowel actieve als passieve (met retourstroming naar binnen driftende) migranten. Voor de doelsoorten wordt voor de zwakke zwemmers bot, driedoornige stekelbaars en anadrome spiering een substantiële toename in populatie verwacht; voor steur, zalm, elft, aal, houting, rivierprik, zeeforel en zeeprik zal deze bijdragen aan een herstel van de populaties; voor fint die hoge eisen stelt aan estuaria om succesvol te kunnen paaien en opgroeien zal de VMR hiervoor waarschijnlijk niet toereikend zijn.

Als belangrijkste aanbevelingen en aanscherpingen van de randvoorwaarden en ontwerpeisen zoals die in de haalbaarheidsstudie zijn opgesteld kan worden genoemd:

- Brede groep van trekvis, zowel zwakke als sterke zwemmers, moet worden bediend. Focus op intrek is terecht, uittrek wordt niet of nauwelijks belemmerd door de spuilsuizen.
- Dag/nacht en jaar-rond functioneren VMR; noodzakelijk gezien verschillen in timing per soort.
- Optimale lokstroom en locatie ingang VMR; gezien onzekerheid in zoekgedrag en voorkomen concentraties wordt aanbevolen om twee ingangen (op de kop van de westelijke pier en in spuihoek direct westelijk van de spuilsuizen) te maken met afsluiters.
- Zorg voor aanwezigheid van retourstroom richting IJsselmeer; uniek aan de VMR en faciliteert intrek van botlarven en andere zwakke zwemmers.
- Inrichting VMR; zo natuurlijk mogelijk wat betreft substraat (zand) en stromingscondities in met het tij wisselende richting en enkele meters diep.
- Inrichting VMR koker door Afsluitdijk; dimensies 5x2 m lijken ruim voldoende voor alle soorten (ook steuren van 3m). Turbulentie en plotse versnellingen in waterstroming moeten worden geminimaliseerd. Verlichting in de koker is zeer waarschijnlijk niet noodzakelijk. Regelbare schuiven om tijdelijk gedurende getij stroming te remmen lijkt beter dan continue remming door vaste structuren of ruwe wanden.
- Brakwaterareaal van 100 ha in VMR aan IJsselmeerszijde; deze eis is met huidige kennis moeilijk te onderbouwen. De noodzaak tot acclimatisatie van intrekende vis in brakwater lijkt alleen voor fintachtigen en wellicht zeer jonge levensstadia zoals botlarven van belang. Als leefgebied zal een grotere diversiteit in habitats en zout gradiënten middels zijarmen en verdiepingen waarschijnlijk voordeel opleveren voor een deel van de trekvis en estuariene residente vissoorten. Welke arealen hiervoor nodig zijn is niet goed bekend.

- Ingang van de VMR aan de IJsselmeerzijde; zolang mogelijk ophouden en sturen op zoutgehalte lijkt de voorkeur te hebben om ook selectief getijdetransport tot in IJsselmeer mogelijk te maken. Eventueel kan een dubbele schuif worden ingezet.
- Terugkeer van uitgespoelde zoetwatervis; dit lijkt niet eenvoudig te faciliteren. Het is de vraag hoe groot het uitspoel probleem is. er is lange tijd een goede visstand op het IJsselmeer geweest, terwijl er toen vergelijkbare uitspoeling optrad. Er wordt aanbevolen de omvang van dit probleem op populatie-niveau nader te bepalen.
- Afstemming spuiregime op wisselwerking met VMR; aanbeveling hier gericht onderzoek naar te doen en deze ook na eventuele realisatie proefondervindelijk verder te optimaliseren.

2.2 Inschatting van het aanbod diadrome vis bij Kornwerderzand

Samenvatting uit Griffioen A.B., H.V. Winter, J. Hop (ATKB) en F.T. Vriese. 2014. Inschatting van het aanbod diadrome vis bij Kornwerderzand. IMARES rapport C069/14

De inschatting van het aanbod vissen heeft plaatsgevonden van april - juni 2014. De rapportage is in juli 2014 opgeleverd.

Het onderzoek naar een aanbod inschatting is bedoeld als aanvulling op de reguliere Wettelijke Onderzoeks Taken (WOT) monitoring diadrome vis bij Kornwerderzand. Dit aanvullende onderzoek is een onderdeel van meerdere onderzoeken voorafgaand aan de besluitvorming van de 'VismigratieRivier' te Kornwerderzand. Het doel van deze rapportage is om een inschatting te geven van het aanbod diadrome vis bij Kornwerderzand. Fuik vangsten zijn altijd een resultante van aanbod van vis en gedrag, met als gevolg dat dezelfde resultaten een verschillend onderliggend patroon in visgedrag en voorkomen van vis kunnen hebben. Om toch tot een inschatting van het jaarlijkse aanbod te komen zijn diverse onderzoeken en commerciële gegevens naast elkaar gelegd en heeft er een aanvullende zegenvisserij plaatsgevonden door ATKB. Het doel van deze rapportage is antwoord te geven op de volgende onderzoeksvragen: *Welke diadrome soorten dienen zich aan bij de spuikom van Kornwerderzand? In welke aantallen dienen deze diadrome vissen zich aan?*

Er is een inschatting gemaakt van het jaarlijkse aanbod voor de soorten: zalm, bot(larve), spiering, driedoornige stekelbaars, glasaal, fint, houting, rivierprik, zeeforel en zee-prik. De fuikvangsten in het diadrome vis monitoringsprogramma gelden als basis voor het aanbod (ondergrens). Alle mogelijke en relevante aanvullende gegevens zijn gebruikt om een bovengrens vast te stellen voor het jaarlijkse aanbod.

Er is gebleken dat de fuikvangsten in de spuikom van Kornwerderzand in veel gevallen slechts een fractie (0-1%) wordt weergegeven van het werkelijke aanbod in de spuikom van Kornwerderzand. Zo zijn soorten als houting (n=63) en fint (n=556), beiden gevangen tijdens de zegenvisserij, in dezelfde periode niet tot nauwelijks gevangen in de fuiken. Spiering in de monitoringsfuiken geeft op basis van een vergelijking tussen commerciële kuilvangsten slechts 0.1 – 2.1% weer van wat er tegelijkertijd met de kuil is gevangen.

Concluderend wordt het aanbod voor zalm geschat op enkele tientallen tot honderden, bot op tienduizenden tot honderdduizenden, botlarven op tienduizenden tot tientallen miljoenen, stekelbaars op honderdduizenden tot honderden miljoenen, glasaal op minimaal enkele miljoenen, (grote) fint op tientallen tot duizenden, (grote) houting op honderden tot tienduizenden, (grote) spiering op honderdduizenden tot miljoenen, kleine spiering op miljoenen tot honderden miljoenen, zeeforel op honderden tot duizenden en zee-prik op tientallen tot duizenden. De mate van onzekerheid verschilt sterk per soort, maar is over het algemeen groot voor alle soorten. Deze onzekerheid kent twee kanten, enerzijds is het een schattingsonzekerheid, anderzijds verschilt het jaarlijks aanbod per jaar door bijvoorbeeld jaarklas sterkte.

2.3 Het voorkomen van diadrome vis bij Kornwerderzand 2001 – 2012

Samenvatting uit Griffioen A.B. en H.V. Winter. 2014. Het voorkomen van diadrome vis in de spuikom van Kornwerderzand 2001 – 2012 en de relatie met spuidebieten. IMARES rapport C036/14

De analyse van de fuikenmonitoring 2001 -2012 en de relatie met spuidebieten heeft plaatsgevonden van december 2013 – maart 2014. De rapportage is in april 2014 opgeleverd.

Het onderzoek naar een uitgebreide analyse van de fuikvangsten over de jaren 2001-2012 is bedoeld als aanvulling op de reguliere Wettelijke Onderzoeks Taken (WOT) monitoring diadrome vis bij Kornwerderzand. Dit aanvullende onderzoek is een onderdeel van meerdere onderzoeken voorafgaand aan de besluitvorming van de 'VismigratieRivier' te Kornwerderzand. Het doel van deze deskstudie is om een uitgebreide analyse uit te voeren van de fuikvangsten die sinds 2001 worden uitgevoerd bij Kornwerderzand. Hierbij wordt ook een relatie van de fuikvangsten met de spuidebieten gelegd. Een tweede doel van deze rapportage is om een indruk te krijgen van het optreden van concentraties vis met een link naar de ingang (potentiele ingang) van de VismigratieRivier. Fuikvangsten zijn altijd een onbekende resultante van aanbod en het gedrag van vis. Het voorkomen en het gedrag van vis wordt beïnvloed door het (zoete) spuiwater wat dagelijks in de Waddenzee wordt gespuid en een aantrekkende werking heeft op diadrome vis, voornamelijk in de migratie periode. In 2009 heeft er door IMARES een analyse plaatsgevonden van deze fuikvangsten en de afstand tot het spuicomplex. Een relatie met de spuidebieten is hierbij buiten beschouwing gelaten. Deze rapportage geldt als een update en een uitbreiding van die analyse. De gegevens van de fuikenmonitoring en de spuidebieten zijn gebruikt om de volgende vragen te beantwoorden:

- In hoeverre heeft het spuiregime bij Kornwerderzand invloed op het voorkomen van diadrome vissen in de spuikom van Kornwerderzand?
- Welke patronen zijn zichtbaar in het visaanbod met betrekking tot de locatie van de fuiken in de spuikom en specifiek ten aanzien van het spuiregime?
- Is er een zogenoemd 'naijl – effect' in de aanwezigheid van vissen na een spui event?

De onderzochte diadrome vissoorten betreffen: spiering (*Osmerus eperlanus*), driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*), Europese aal (glasaal) (*Anguilla anguilla*), fint (*Alosa fallax*), elft (*Alosa alosa*), rivierprik (*Lampetra fluviatilis*), zeeprik (*Petromyzon marinus*), houting (*Coregonus oxyrinchus*), bot (*Platichthys flesus*), zeeforel (*Salmo trutta*) en Atlantische zalm (*Salmo salar*). Daarnaast zijn er ook zoetwatervissen meegenomen in de analyse die een commerciële waarde hebben of veel voorkomen in het IJsselmeer (baars, pos, snoekbaars, brasem en blankvoorn).

Er wordt bij Kornwerderzand vrijwel elke dag zoetwater gespuid. De frequentie van spuien is dermate hoog dat er altijd een constante aantrekkingskracht uitgaat van de zoete lokstroom. Meer of minder spuien leek over het algemeen niet heel veel invloed op te hebben op de vangsten van diadrome vis. Behalve bij bot was er een zogenaamd 'wegspoelrisico' zichtbaar wat zich uitte in lagere vangsten bij hogere spuidebieten op bijna alle locaties in de spuikom. Daarnaast waren de vangsten van zoetwatervissen en spiering over het algemeen hoger bij hogere debieten. Van spiering kan er geen onderscheid gemaakt worden tussen anadrome individuen en zogenaamde uitspoelers uit het IJsselmeer. Er werden geen grotere vangsten gedaan in de fuiken wanneer er in het verleden een groter volume aan spuiwater werd afgevoerd.

Uit de gegevens blijkt dat er een zogenoemd naijl-effect is. Een naijl-effect betekent dat de vangkans van diadrome vissen aanwezig blijft in de spuikom, ondanks dat er een periode geen (grote) afvoer is geweest van zoetwater. Toch is er wel variatie in dit naijl-effect gevonden. Zo namen in sommige

periodes waarin niet of nauwelijks werd gespuid de vangsten in de loop van de tijd af, terwijl bij andere periodes de vangsten niet zijn verminderd in tijden van beperkte spui. Wanneer de vangsten wel afnemen nadat de spuivolumes flink zijn afgenomen zijn er meerdere onderliggende verklaringen mogelijk.

Er werden zowel in de westelijke fuiken als in de oostelijke fuiken binnen de spuikom vissen gevangen. Zwakke of matig zwakke zwemmers werden goed gevangen in twee van de drie westelijke fuiken; één ten zuiden en één ten noorden haaks op de westelijke strekdam. Opvallend was dat de derde westelijke fuik aan de noordkant van de westelijke oever, in een luwe hoek, voor vrijwel alle soorten relatief lage vangsten opleverde. Voor sterke zwemmers was het onderscheid tussen oost en west minder goed te maken. Voor de VismigratieRivier kan op basis van deze analyse worden geconcludeerd dat een ingang aan de zuidelijke zijde van de westelijke oever een goede locatie is, op basis van de relatief grote vangsten voor vrijwel alle soorten. Ook de andere locatie aan de westzijde waar goed gevangen wordt biedt mogelijkheden voor een ingang van de Vismigratierivier op basis van de relatief grotere vangsten. Echter bestaat er op beide locaties een kans op wegspoeling voor zwakke zwemmers als bot bij hogere spuidebieten. Hoe het gedrag van de vissen is op deze locaties en hoe dit zal aansluiten of veranderen op een eventuele ingang van de Vismigratie rivier, is onbekend.

2.4 Merk-terugvangst experiment rivierprik bij Kornwerderzand

Samenvatting uit Griffioen A.B. en H.V. Winter. 2014. Merk-terugvangst experiment rivierprik (Lampetra fluviatilis) bij Kornwerderzand. IMARES rapport C044/14

De merk terugvangst experimenten hebben plaatsgevonden van december 2013 – maart 2014. De rapportage is in april 2014 opgeleverd.

Het experiment van merk-terugvangst van rivierprik is bedoeld als aanvulling op de reguliere Wettelijke Onderzoeks Taken (WOT) monitoring diadrome vis bij Kornwerderzand. Dit aanvullende onderzoek is een onderdeel van meerdere onderzoeken voorafgaand aan de besluitvorming van de 'VismigratieRivier' te Kornwerderzand. Het doel van dit onderzoek is om de interpretatie van de fuikvangsten die sinds 2001 worden uitgevoerd bij Kornwerderzand te verbeteren. Fuik vangsten zijn altijd een resultante van aanbod van vis en gedrag, met als gevolg dat dezelfde resultaten een verschillend onderliggend patroon in visgedrag en voorkomen van vis kunnen hebben. Voorafgaand aan het onderzoek zijn twee vragen geformuleerd: Worden er in de fuikvangsten terugvangsten gedaan van individuele vissen? Op welke schaal vindt er rondzwem-/zoekgedrag van rivierprik plaats?

Middels een merk-terugvangst experiment van rivierprik (*Lampetra fluviatilis*) in de maanden december 2013, januari, februari en begin maart 2014, is onderzocht of vissen meerdere keren worden gevangen in de fuiken en kuilvisserij. Daarnaast geeft het onderzoek inzicht en indicaties voor het zoekgedrag, verblijftijd en het aanbod van rivierprik in de spuikom. De merk-terugvangst experimenten zijn uitgevoerd met 12mm PIT tags welke, in verdoofde toestand, zijn ingebracht met een 'tag injector'. De rivierprikken zijn verdoofd met 0.5ml/L 2 fenoxo ethanol waarna de tag met een tag injector in de buikholte is ingebracht. In totaal zijn 308 prikken met een merk voorzien waarvan 77 (25%) in de fuiken en 231 middels commerciële kuilvisserij in de spuikom. In totaal zijn er vier terugvangsten gedaan, waarvan drie in de kuilvisserij en één prik die was gemerkt na kuilvisserij en is terug gevangen in een fuik. De tijd tussen merk en terugvangst was respectievelijk 47 dagen, 27 dagen, vier dagen en één dag. Waarbij de uitzet en de vangst locatie binnen het spuicomplex verschilde.

Op basis van de resultaten wordt de kans zeer klein geschat dat prikken in de afgelopen monitoringsjaren 2001 – 2012 meerdere keren werden gevangen in de fuiken te Kornwerderzand. Alle in de fuiken gevangen prikken in het najaar van 2013 waren unieke exemplaren. Toch blijkt uit de kuilvisserij dat er rivierprikken terug worden gevangen en is de kans aanwezig dat dit ook in de fuiken zou kunnen voorkomen bij voortzetting van het experiment. Het valt daarom niet uit te sluiten dat in de afgelopen jaren in de monitoring met de fuiken in de periode 2001 - 2012 prikken zijn terug gevangen in de fuiken, maar het aantal terugvangsten of dubbeltellingen zal klein zijn.

Er vindt zoekgedrag door rivierprikken plaats op spuicomplex niveau. Dit betekent dat de prikken actief tussen de schutsluizen en de spuikom zoeken naar migratie mogelijkheden. De terugvangsten geven enerzijds aanwijzingen dat de verblijftijd voor sommige prikken in de spuikom kort is en dat een deel van de prikken na enige tijd terugkeren in de spuikom. Anderzijds kan het ook betekenen dat het aanbod rivierprik in de spuikom groot is in combinatie een lange verblijftijd en een lage vang kans met de kuil bevissing. Al met al zullen de vangsten in de fuiken een fractie zijn van wat er werkelijk in de spuikom aanwezig is. Een deel van prikken worden belemmerd in de migratie richting het IJsselmeer door het spuicomplex, onbekend is voor welk deel van de populatie dit geldt.



Foto impressie van de fuikenmonitoring bij Kornwerderzand. Foto's IMARES (Ben Griffioen).

3 Rapportage van veldonderzoek naar gedrag van trekvis bij Kornwerderzand: najaar 2013 - voorjaar 2014

3.1 Aanvullende fuiken monitoring najaar 2013 – voorjaar 2014

3.1.1 Inleiding

Het fuikenonderzoek dat IMARES in samenwerking met de beroepsvissers van Malsen uitvoert voor het WOT-programma van Ministerie van Economische Zaken (EZ) is in 2013 (najaar) en 2014 (voorjaar) uitgebreid met extra fuiken, langere monitoringsperioden en frequentere lichtingen. Dit heeft als doel om ook buiten de spuikom en nabij de schutsluizen te monitoren en een betere relatie te leggen met spuigegevens. Vanaf 2001 zijn jaarlijks, met uitzondering van 2004, op zeven fuiklocaties (Fuik 1 t/m 7 *Figuur 3-1*) de vangsten geregistreerd gedurende drie maanden in het voorjaar (april-juni) en drie maanden in het najaar (september-november). Van de zeven fuiken staan vijf fuiken in de spuikom en twee langs de dijk aan de westzijde van de Afsluitdijk (*Figuur 3-1*). In het najaar van 2013 en het voorjaar van 2014 zijn er drie extra fuiken geplaatst en daarnaast is de frequentie van lichting verhoogd van twee keer in de week naar drie keer in de week. De extra fuiken zijn buiten de spuikom geplaatst (twee stuks) en voor de schutsluizen (één fuik).

Voorafgaand aan het onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen vastgesteld:

- *Wat is de relatie tussen fuikvangsten (drie keer lichten) en spui-tijdreeksen in de tijd?*
- *Wat is de verspreiding van vis aan de hand van de fuikvangsten?*
- *Dient vis zich aan bij de schutsluizen? En hoe verschilt dit met de vangsten in de spuikom?*
- *Hoe verhouden de vangsten direct aan de buitenzijde van de spuikom zich t.o.v. locaties in de spuikom?*



Figuur 3-1 Locaties (1 – 7) van de fuiken die sinds 2001 worden gemonitord door de WON1. Dit gebeurt in het voorjaar drie maanden en het najaar drie maanden. De oostelijke fuiken zijn groen gekleurd, de westelijke fuiken in de spuikom rood en de fuiken buiten de spuikom langs de afsluitdijk zijn blauw gekleurd. De fuiken 8 – 10 zijn in het najaar van 2013 en het voorjaar van 2014 extra geplaatst t.b.v. aanvullende onderzoeken voor de VMR (paars). Deze kleuren corresponderen met de kleuren welke gepresenteerd worden in het resultaten gedeelte verderop in deze rapportage.

3.1.2 Methode fuiken bemonstering

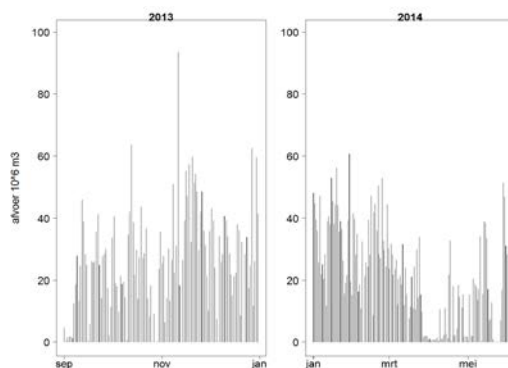
De 10 enkele fuiken werden drie keer in de week (maandag, woensdag en vrijdag) gelicht. In het najaar heeft de eerste lichting plaatsgevonden op 2 september 2013 en de laatste op 31 december 2013. De eerste lichting in het voorjaar van 2014 vond plaats op 7 maart en de laatste lichting op maandag 1 juni 2014. De vangst werd gesorteerd op naam gebracht en geteld. Grote vangsten werden middels sub sampling geteld. Van de vissen is onderscheid gemaakt in grote en kleine vissen gebaseerd op commerciële maten (Tabel 2). Voor de analyse van de data is per lichting berekend wat de vangst per fuiketmaal is. Dit is de vangst in de fuik per 24 uur dat de fuik heeft gestaan en wordt Catch Per Unit Effort (CPUE) genoemd. De fuiken worden normaal gesproken in de ochtend gelicht tussen 06:00 – 14:00. De data is ingevoerd in de database FRISBE van IMARES en opgevraagd op 9 juni 2014. De data is opgewerkt en geanalyseerd in R (R-Core-Team 2013).

Tabel 2 De grenslengte op basis waarvan onderscheid tussen groot en klein gemaakt is, is gebaseerd op commerciële maten.

Soort	Soort (NL)	Grens- lengte (cm)	Soort	Soort (NL)	Grens- lengte (cm)
Diadrome vissoorten			Zoutwater vissoorten		
<i>Alosa fallax</i>	fint	40	<i>Agonus cataphractus</i>	harnasmannetje	-
<i>Anguilla anguilla</i>	aal	33	<i>Ammodytes tobianus</i>	zandspiering	10
<i>Chelon labrosus</i>	diklipharder	30	<i>Atherina presbyter</i>	koornaarvis	-
<i>Coregonus lavaretus</i>	grote marene	20	<i>Belone belone</i>	geep	40
<i>Coregonus oxyrhynchus</i>	houting	20	<i>Ciliata mustela</i>	meun (5-dr.)	-
<i>Dicentrarchus labrax</i>	zeebaars	40	<i>Clupea harengus</i>	haring	15
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	driedoornige stekelbaars	-	<i>Cyclopterus lumpus</i>	snotolf	-
<i>Lampetra fluviatilis</i>	rivierprik	33	<i>Echiichthys vipera</i>	pieterman (klein)	-
<i>Osmerus eperlanus</i>	spiering	13	<i>Gadus morhua</i>	kabeljauw	40
<i>Petromyzon marinus</i>	zeeprik	50	<i>Gobiidae spec.</i>	grondels	-
<i>Platichthys flesus</i>	bot	21	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	smelt	10
<i>Salmo salar</i>	zalm	40	<i>Limanda limanda</i>	schar	21
<i>Salmo trutta</i>	zeeforel	40	<i>Liparis liparis</i>	slakdolf	-
Zoetwater vissoorten			<i>Merlangius merlangus</i>	wijting	30
<i>Abramis brama</i>	brasem	15	<i>Microstomus kitt</i>	tongschar	-
<i>Abramis bjoerkna</i>	kolblei	-	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	zeedonderpad	-
<i>Esox lucius</i>	snoek	-	<i>Pholis gunellus</i>	botervisje	-
<i>Gymnocephalus cernuus</i>	pos	-	<i>Pleuronectes platessa</i>	schol	21
<i>Perca fluviatilis</i>	baars	23	<i>Scomber scombrus</i>	makreel	25
<i>Rutilus rutilus</i>	blankvoorn	15	<i>Scophthalmus rhombus</i>	griet	21
<i>Stizostedion lucioperca</i>	snoekbaars	42	<i>Solea solea</i>	tong	30
			<i>Syngnathus spec.</i>	zeenaald	30
			<i>Trachurus trachurus</i>	horsmakreel	25
			<i>Trisopterus luscus</i>	steenbolk	15
			<i>Zoarces viviparus</i>	puttaal	-

3.1.3 Resultaten fuikonderzoek

De afvoer tijdens de monitoringsperiode kent een vrij regelmatige afvoer per dag in het najaar. Er wordt vrijwel dagelijks gespuid. In het voorjaar wordt er minder gespuid vanaf eind maart en is er zelfs een periode van geen spui de derde periode van mei (rond 21-25 mei 2014). Over het algemeen worden alle deuren, zowel oost als west, ingezet tijdens het spuien.



Figuur 3-2 Dagelijkse zoetwater afvoer per dag in 10^6 m^3 .

De meest gevangen vissoort *in het najaar* is spiering waarvan 13% exemplaren groter dan 13cm, gevolgd door driedoornige stekelbaars (Tabel 3). Van de fint betrof het vrijwel allemaal kleine exemplaren, behalve één groter exemplaar. Er zijn in totaal 101 houtingen gevangen, waarvan allen kleine exemplaren. Er zijn 191 rivierprikken en 1 zalm gevangen. *In het voorjaar* is de meest gevangen soort driedoornige stekelbaars gevolgd door spiering, waarvan 2% exemplaren groter dan 13cm. Er werden in het voorjaar 14 grote finten, 404 kleine finten gevangen en 33 zeeprikken. Ook werden er ook nog 25 rivierprikken gevangen. Opvallend is dat 11 van de 14 grote finten in fuiken 8 en 9 zijn gevangen en in de reguliere monitoring zouden zijn gemist. De andere drie zijn langs de Afsluitdijk gevangen (n=2) en in fuik 5 in de spui kom (n=1).

Tabel 3 Tabel met diadrome visvangstgegevens in het najaar van 2013 (4 maanden) en het voorjaar van 2014 (3 maanden). De CPUE is weergegeven als aantallen vis per fuiketmaal. De grenslengte (cm) kan worden afgelezen in Tabel 2.

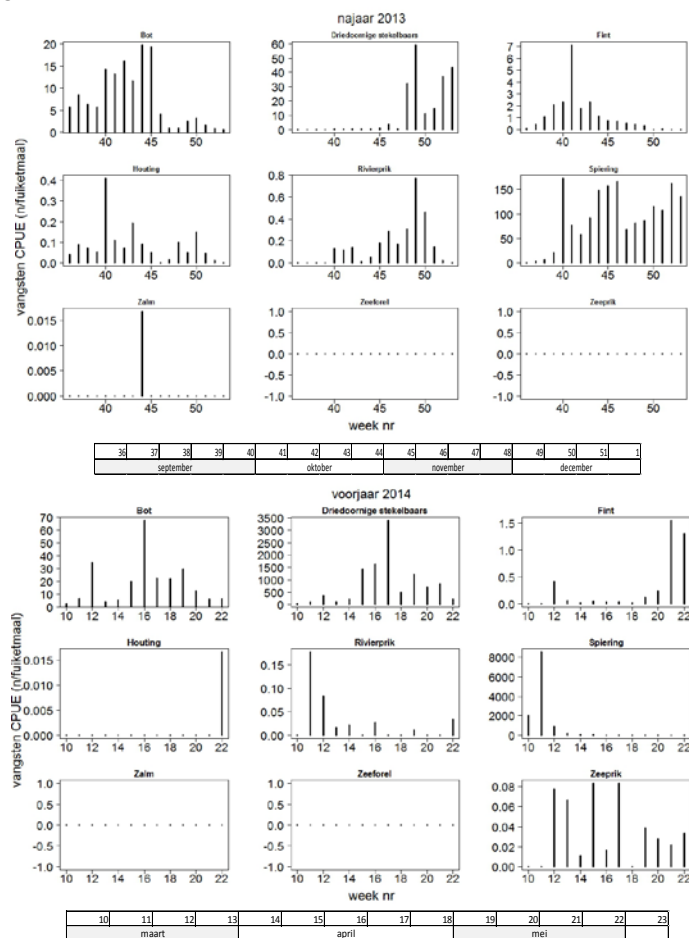
	Aantallen (n)					
	Najaar 2013 (sep-dec 4 maanden)			Voorjaar 2014 (maart-mei 3 maanden)		
	klein	groot	totaal	klein	groot	totaal
Bot	8848	170	9018	16775	202	16977
Driedoornige stekelbaars	0	14134	14134	0	752337	752337
Fint	1357	1	1358	404	14	418
Houting	101	0	101	1	0	1
Rivierprik	0	191	191	0	25	25
Spiering	93188	13918	107106	647813	13681	661494
Zalm	0	1	1	0	0	0
Zeeforel	0	0	0	0	0	0
Zeeprik	0	0	0	0	33	33
CPUE (n/fuiketmaal)						
	Najaar 2013 (sep-dec 4 maanden)			Voorjaar 2014 (maart-mei 3 maanden)		
	klein	groot	totaal	klein	groot	totaal
Bot	8.02	0.14	8.16	19.26	0.23	19.45
Driedoornige stekelbaars	0.00	11.00	11.00	0.00	877.14	877.14
Fint	1.29	0.00	1.29	0.30	0.01	0.31
Houting	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
Rivierprik	0.00	0.19	0.19	0.00	0.03	0.03
Spiering	87.08	14.08	100.76	837.07	17.25	854.30
Zalm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zeeforel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zeeprik	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04

Algemene opmerking interpretatie fuikvangsten

Omdat de fuikvangsten sterk afhankelijk zijn van migratieperiode, variatie in jaarklassen en al dan niet foeragegedrag moet er voorzichtig om worden gegaan met de interpretatie van de fuikgegevens. De gegevens zullen moeten worden vergeleken met de grotere dataset beschreven in Griffioen en Winter (2014b). Fuikvangsten zijn daarnaast altijd een resultante van voorkomen en gedrag van vis. Zo kunnen lokaal zeer actieve vissen die in kleine aantallen aanwezig zijn toch grote vangsten opleveren. Andersom kan er ontzettend veel vis aanwezig zijn, maar slechts beperkt gevangen worden in de fuiken door een beperkte verblijftijd gecombineerd met beperkt zoekgedrag. En uiteraard zijn er meer scenario's denkbaar (Griffioen en Winter 2014a). Fuikvangsten geven derhalve het resultaat van aanwezigheid en gedrag van de soort.

Vangsten in de tijd

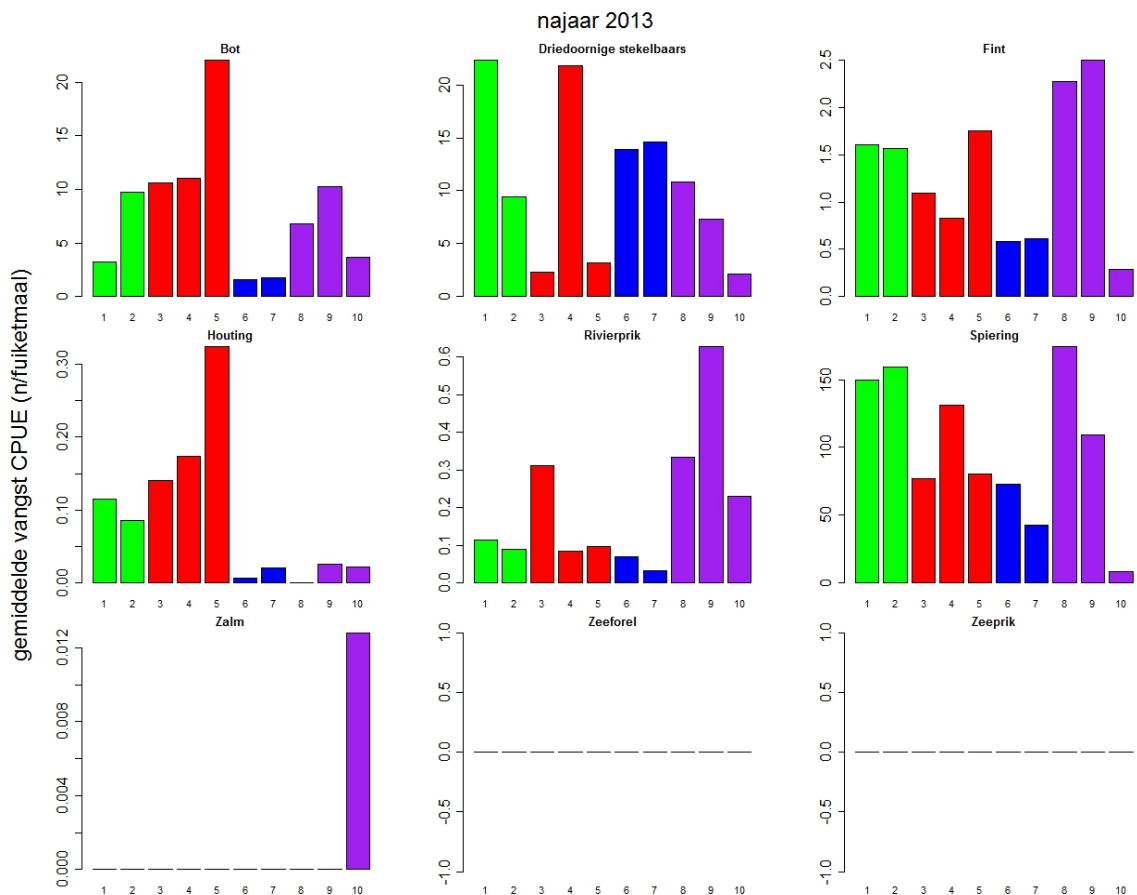
Opvallend was dat tijdens de aanvullende monitoring in de maanden december 2013 en maart 2014, welke normaliter niet worden gemonitord, respectievelijk veel driedoornige stekelbaars en spiering zijn gevangen (Figuur 3-3). Deze vangsten waren normaal gesproken buiten de reguliere WOT monitoring gevallen. Ook rivierprik, waarvan bekend is dat deze in december een piek in de migratie vertoont, is voornamelijk in de maand december gevangen, maar ook nog in de maand maart. Ook deze vissen zouden zijn gemist in reguliere monitoring. Dit zijn overigens alle unieke exemplaren en geen vissen die meerdere keren zijn gevangen (Griffioen en Winter 2014a).



Figuur 3-3 Verloop van vangsten in de tijd van de diadrome vissen bij Kornwerderzand in het **najaar 2013**. De staven geven een gemiddelde CPUE (n/fuiketmaal) weer per week over alle fuiken (1t/m10). In de maand september waren er nog geen fuiken 8,9 en 10. Rechts het verloop van vangsten in de tijd van de diadrome vissen bij Kornwerderzand in het **voorjaar 2014**. De staven geven een gemiddelde CPUE (n/fuiketmaal) weer per week over alle fuiken (1t/m10).

Vangsten per fuik - najaar

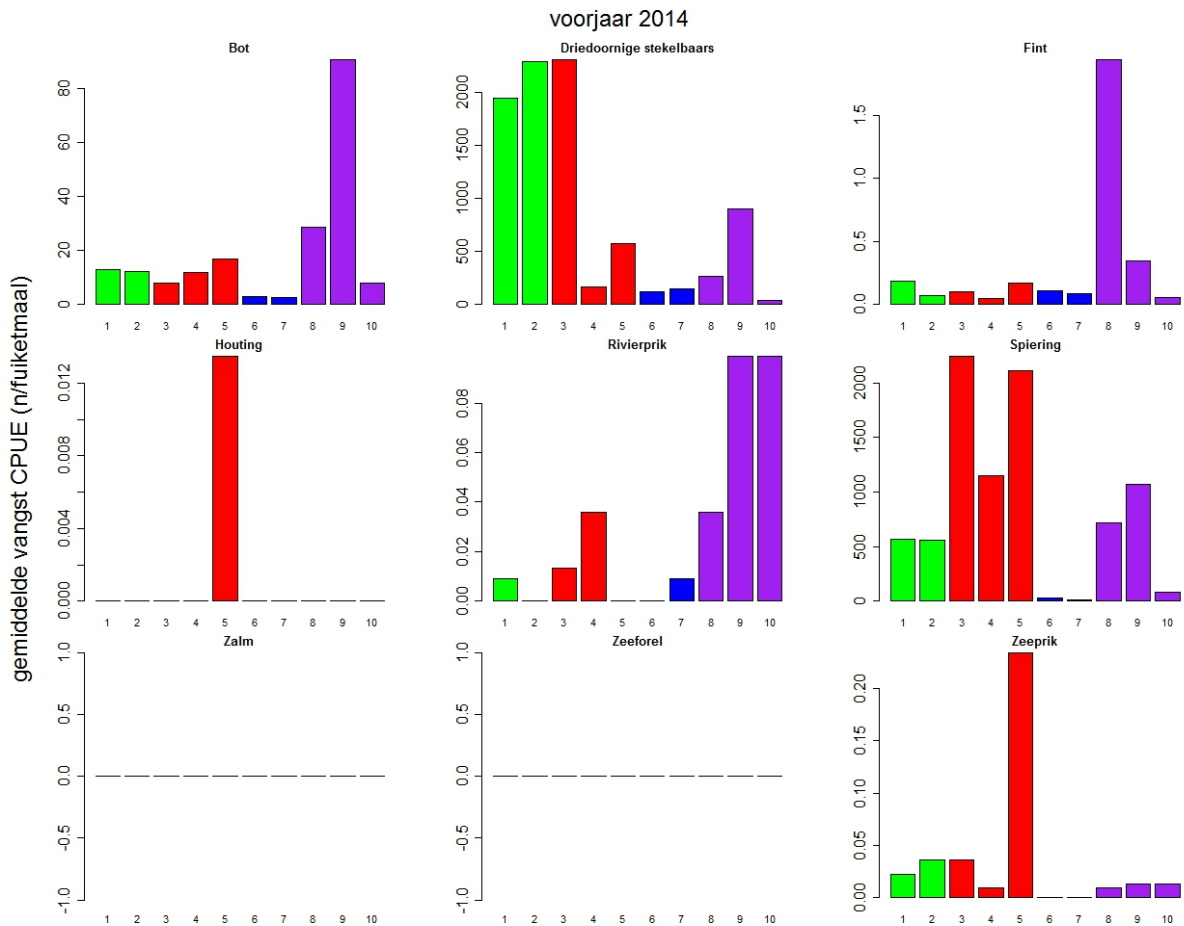
Bot is in het najaar voornamelijk in de spuikom gevangen, zowel oost als west met gemiddeld de hoogste vangst in fuik 5 (Figuur 3-4). Driedoornige stekelbaars werd voornamelijk in fuik 1 en 4 gevangen. Opvallend waren de relatief hoge vangsten langs de afsluitdijk (6 & 7). De normaal gesproken best vangende fuiken 3 & 5 (Griffioen en Winter 2014b), leverde in het najaar de minste vangsten op voor driedoornige stekelbaars. Fint werd in het najaar gemiddeld het meest gevangen in fuiken 8 & 9. Houting werd het meest gevangen in fuik 5. Rivierprik werd opvallend veel gevangen buiten de spuikom in de fuiken 8 & 9, maar ook in fuik 3. Spiering werd voornamelijk in de spuikom aan de oostoever gevangen in de fuiken 1 & 2, maar ook fuik 4 leverde goede vangsten op. De gemiddeld grootste vangst voor spiering is gedaan in fuik 8 buiten de spuikom.



Figuur 3-4 De gemiddelde CPUE (n/fuiketmaal) van de fuiken 1t/m10 voor het najaar 2013.

Vangsten per fuik – voorjaar

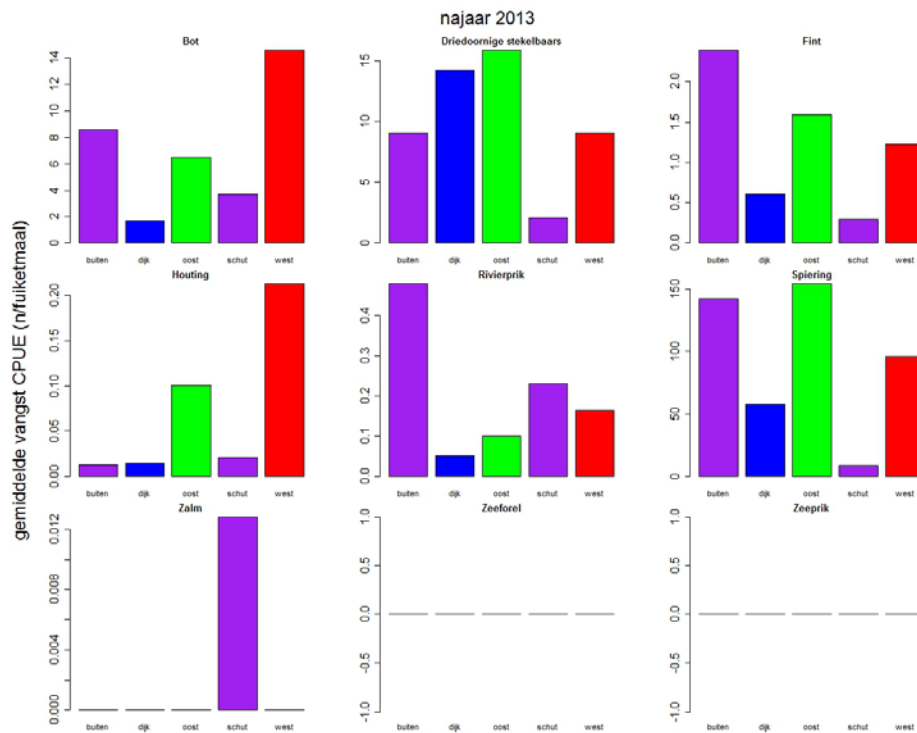
Bot is in het voorjaar voornamelijk in fuik 9 en in mindere mate in fuik 8 gevangen, buiten de spuikom (Figuur 3-5). Er zijn vergelijkbare vangsten in de gehele spuikom (1 - 5). Driedoornige stekelbaars werd voornamelijk in de spuikom gevangen aan de oostoever. Daarnaast leverde fuik 9 buiten de spuikom ook goede vangsten op. Fint is in het voorjaar voornamelijk in fuik 8, buiten de spuikom gevangen. De grotere exemplaren (n=14) zijn vrijwel allemaal in de fuiken 8 en 9 gevangen (n=11). Rivierprik is in het voorjaar voornamelijk in de fuiken 8 – 10 gevangen, dus ook voor de schutsluizen. De aantallen voor rivierprikken waren zoals verwacht laag in het voorjaar (n=25 wat 12 % van totale rivierprikken vangst is (n=216). Toch is dit aantal in relatieve termen vrij hoog, aangezien prikken nauwelijks in de fuiken worden gevangen en de piek van de migratie in het najaar is (Griffioen en Winter 2014a). Spiering is gemiddeld gezien het best gevangen in de fuiken 3 & 5. Maar spiering is ook buitendijks goed gevangen. Langs de Afsluitdijk en voor de schutsluizen is er nauwelijks spiering gevangen. Zeeprik is met name in fuik 5 gevangen.



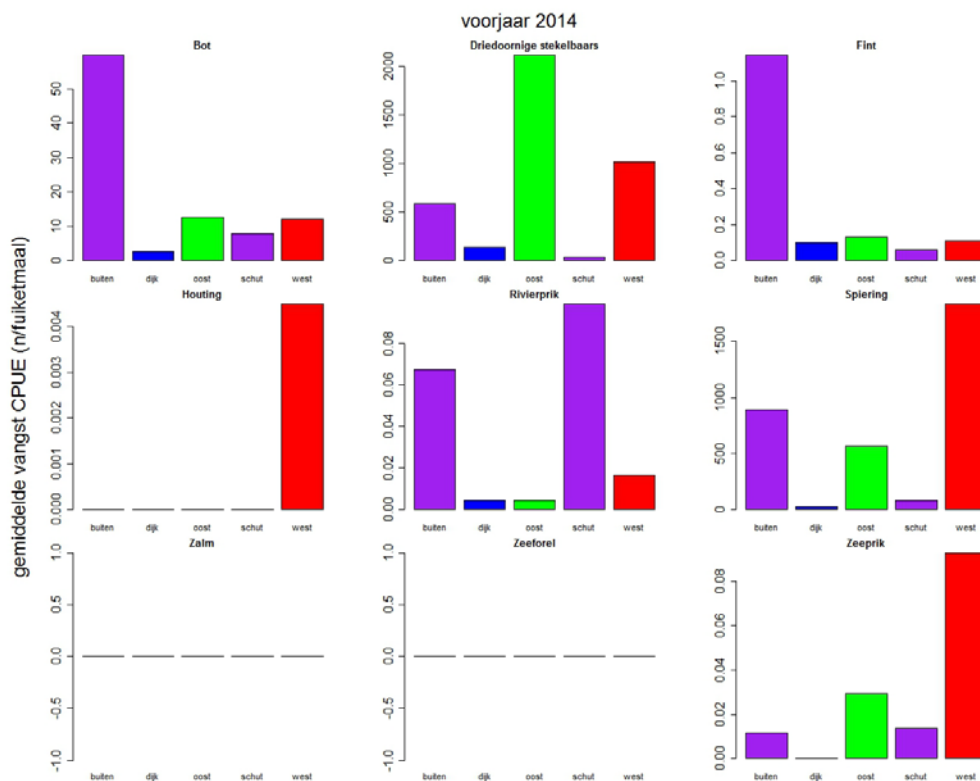
Figuur 3-5 De gemiddelde CPUE (n/fuiketmaal) van de fuiken 1t/m10 voor het voorjaar 2014.

Vergelijking oost en west oever, buitendijks, afsluitdijk en schutsluis

Voor een vergelijking tussen oost (1 & 2), west (3, 4 & 5), de extra fuiken 8 en 9 buiten de spuikom en fuiken 6 en 7 langs de Afsluitdijk zijn telkens twee fuiken samen genomen en geplot (Figuur 3-6 en Figuur 3-7) en tevens vergeleken in categorieën (Tabel 4). Bij de vergelijking moet rekening worden gehouden dat de verschillende fuiken op verschillende locaties in de spuikom staan en derhalve niet één op één te vergelijken zijn, door factoren als plaatsing nabij de spuikokers, nabij zand / slib banken langs de Afsluitdijk etc. Deze factoren worden bij deze vergelijking buiten beschouwing gelaten. Zowel in het voorjaar als het najaar worden relatief grote vangsten gedaan buitendijks (fuik 8 en 9). Het verschil tussen oost en west was tijdens de monitoringsperiode wisselend per soort. De soorten bot, houting, rivierprik, spiering en zeeprik zijn gemiddeld gezien het best gevangen aan de westelijke oever, maar ook aan de oost oever. De soorten driedoornige stekelbaars en fint zijn zowel oost als west gevangen, maar gemiddeld meer aan de oostelijke oever. Over het algemeen is er over alle soorten gezien geen duidelijke voorkeur voor oost en of west (Tabel 4). Gemiddeld leverde de schutsluizen lage vangsten op, behalve voor rivierprik zowel in het voorjaar als het najaar. De fuiken langs de afsluitdijk leveren gemiddeld de laagste vangsten op, behalve voor driedoornige stekelbaars in het najaar 2013.



Figuur 3-6 De gemiddelde CPUE (n/fuikemaal) van de cluster van de fuiken per locatie voor het najaar 2013. Fuik 1 en 2: "oost", fuik 3-5: "west", fuik 6 en 7 "afsluitdijk", fuik 8 en 9 "buiten" en fuik 10 "schutsluis".



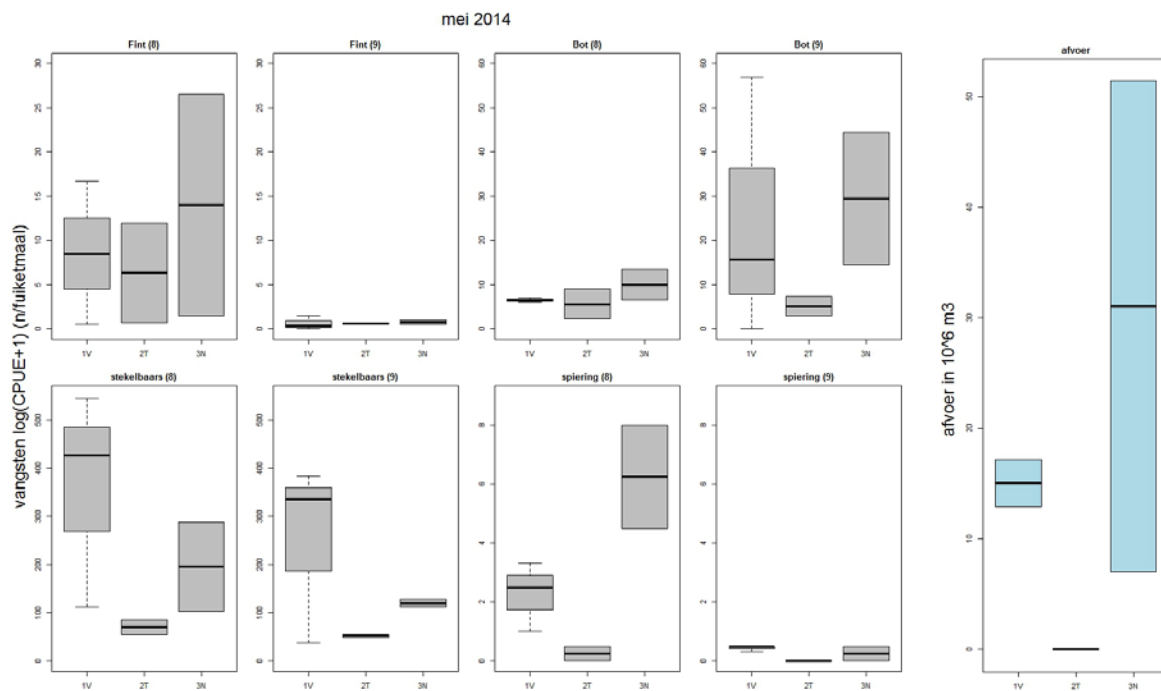
Figuur 3-7 De gemiddelde CPUE (n/fuiketmaal) van de cluster van de fuiken per locatie voor het voorjaar 2014. Fuik 1 en 2: "oost", fuik 3-5: "west", fuik 6 en 7 "afsluitdijk", fuik 8 en 9 "buiten" en fuik 10 "schutsluis".

Tabel 4 Vangsten gecategoriseerd naar gemiddeld grootste vangst per locatie op basis van Figuur 3-6 en Figuur 3-7. Hoe donkerder de cel hoe groter de gemiddelde vangst is geweest ten opzichte van de andere locaties.

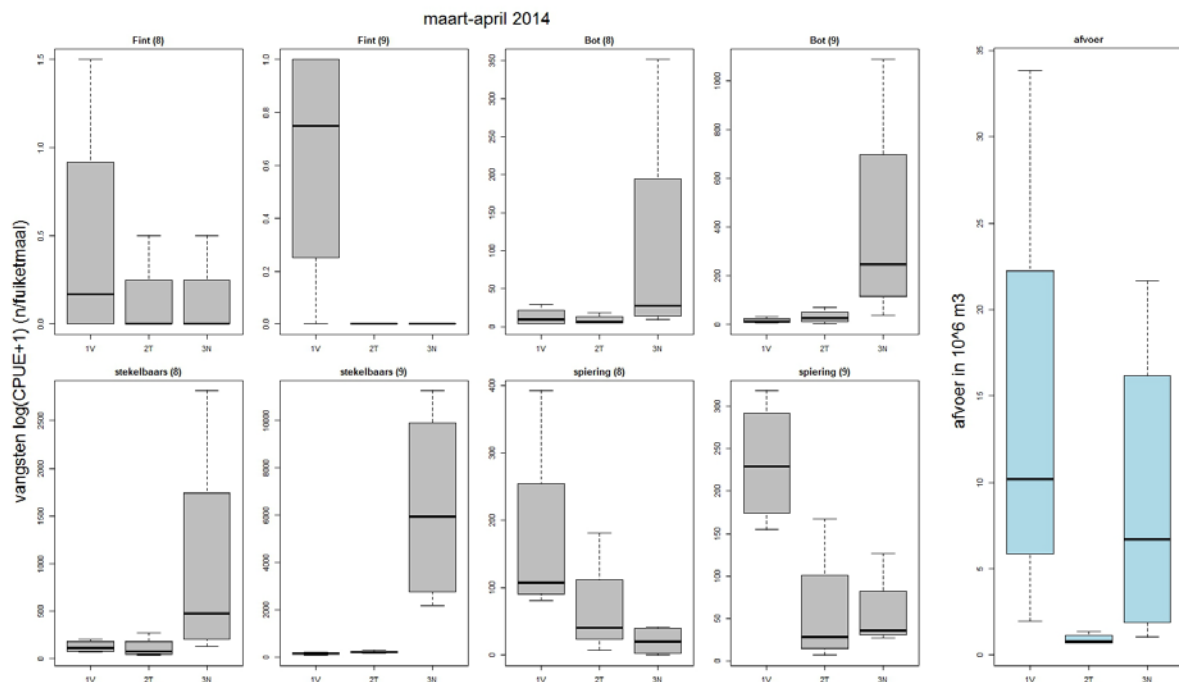
		Buitendijks fuik 8&9	Afsluitdijk fuik 6&7	Oost fuik 1&2	West fuik 3,4&5	Schutsluis fuik 10
Bot	najaar					
Driedoornige stekelbaars	najaar					
Fint	najaar					
Houting	najaar					
Rivierprik	najaar					
Spiering	najaar					
Bot	voorjaar					
Driedoornige stekelbaars	voorjaar					
Fint	voorjaar					
Houting	voorjaar					
Rivierprik	voorjaar					
Spiering	voorjaar					

Droge periode en fuikvangsten buiten de spuiikom

Om te exploreren of er een zogenaamd uitspoeleffect is, zijn de vangsten van vier relatief talrijk gevangen vissoorten afgezet tegen de spuiafvoer. Hiertoe zijn twee droge perioden geselecteerd: 16 – 30 mei 2014 en 21 maart – 16 april 2014. De perioden zijn opgedeeld in drie perioden van min of meer een gelijk aantal dagen. Een periode met zoet water afvoer, een tussenperiode zonder of beperkte afvoer en een periode met afvoer na de droge periode (*Figuur 3-8* en *Figuur 3-9* rechter boxplot). Vervolgens zijn de vangsten buiten de spuiikom tijdens deze perioden uiteengezet. Voor de soorten bot, stekelbaars en spiering in de periode 16 – 30 mei wordt er minder gevangen in de droge perioden dan in de perioden ervoor en erna (*Figuur 3-8*). Voor fint is dit minder duidelijk. In de andere droge periode (21 – 16 april) waar er beperkt werd gespuid is deze relatie alleen voor spiering sterk. Echter in alle gevallen geldt dat de relatief droge periode nooit substantieel hogere vangsten opleverde voor alle soorten dan de perioden waar er wel werd gespuid.



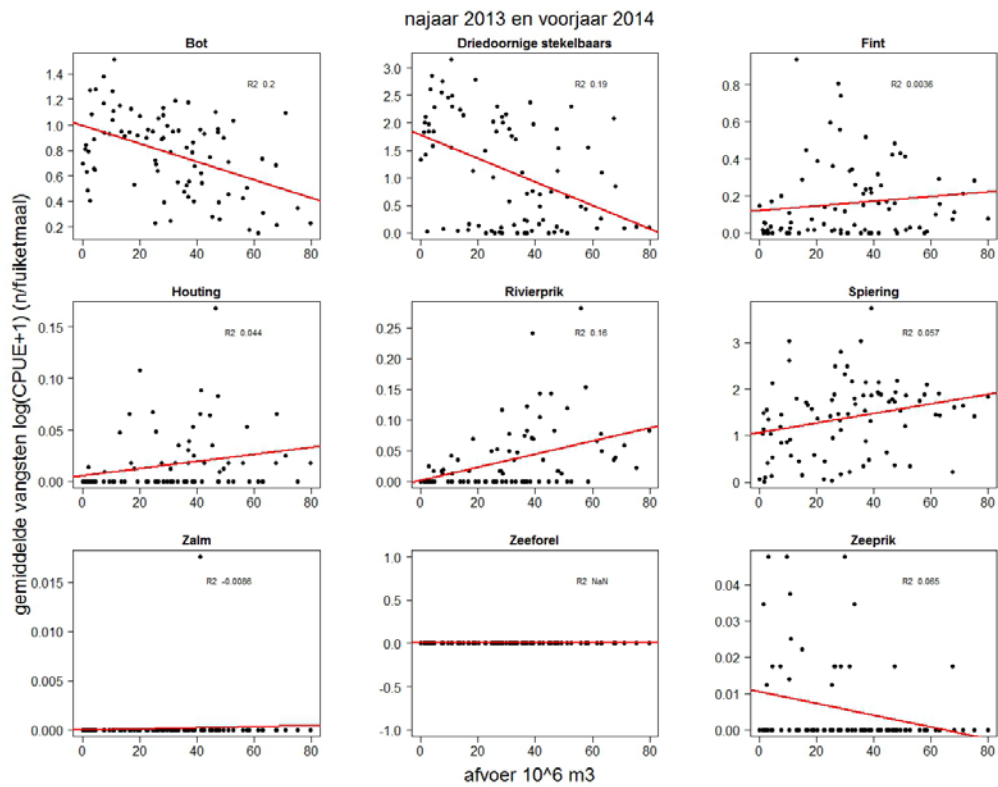
Figuur 3-8 Boxplots met vangsten van fint, bot, stekelbaars en spiering in fuik 8 en 9 ten tijde van een periode van spui (1V = "voor"), geen spui (2T = "tussen") en na deze periode (3N = "na"). De periode "voor" bevat 3 lichten op 16, 19 en 21 mei, "tijdens" bevat 2 lichten op 23 en 26 mei en "na" bevat twee lichten op 28 en 30 mei 2014. Rechts de bijbehorende afvoer in 10^6 m^3 .



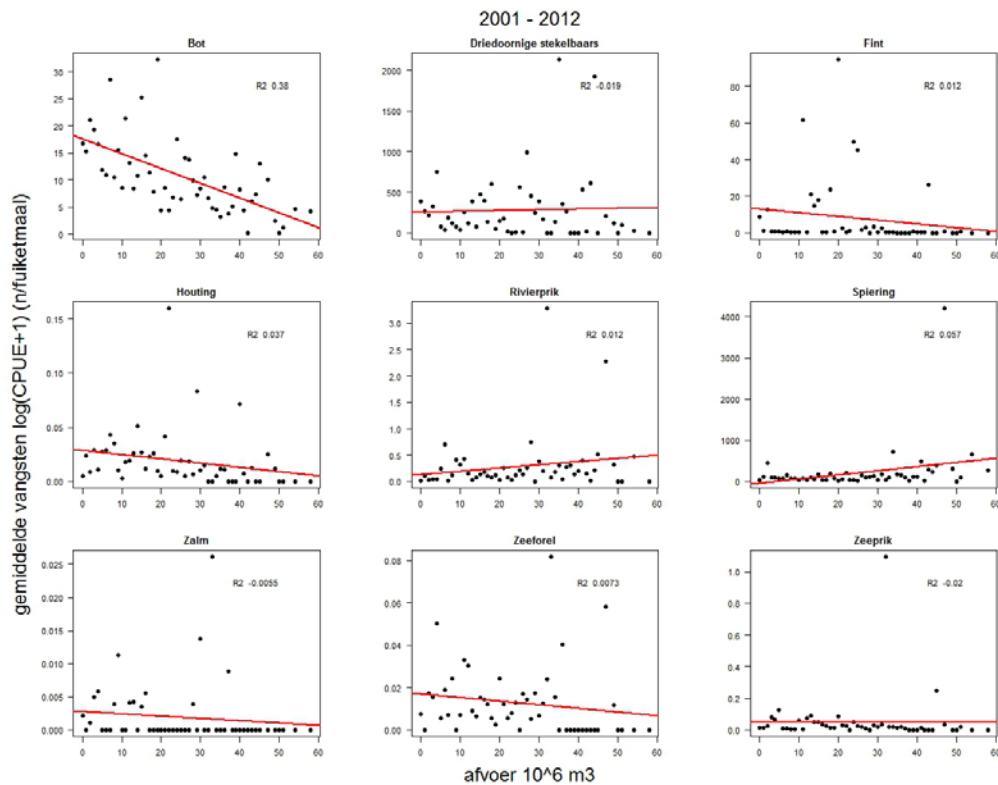
Figuur 3-9 Boxplots met vangsten van fint, bot, stekelbaars en spiering in fuik 8 en 9 ten tijde van een periode van spui (1V = "voor"), nauwelijks spui (2T = "tussen") en na deze periode (3N = "na"). De periode "voor" bevat vier lichtingen op 21, 24, 26 en 28 maart, "tijdens" bevat vier lichtingen op 31 maart, 2, 4 en 7 april en "na" bevat vier lichtingen op 9, 11, 14 en 16 april 2014. Rechts de bijbehorende afvoer in 10⁶ m³.

Relatie vangsten en spuidebieten

Omdat de frequentie van lichtingen in de monitoringsperiode is verhoogd kon er een nauwkeurigere relatie van de fuikvangsten en de spuiafvoer worden gemaakt. De periode tussen de lichtingen betrof over het algemeen twee tot drie dagen. Hier is naar voorbeeld van Griffioen en Winter (2014b) het gemiddelde debiet berekend over de dagen dat de fuiken in het water hebben gestaan. Echter met dit verschil dat de spuidebieten (dagtotalen in 10⁶m³) op de dagen van lichtingen zijn gehalveerd. Er wordt immers normaal gesproken tweemaal daags gespuid en de lichting valt meestal tussen twee spuievents in. Omdat de fuikvangsten sterk afhankelijk zijn van migratie periode en al dan niet foerageergedrag moet er voorzichtig om worden gegaan met de interpretatie van de grafieken zoals gepresenteerd in *Figuur 3-10* en zal altijd moeten worden vergeleken met de grotere dataset beschreven in Griffioen en Winter (2014b). Bot en driedoornige stekelbaars laten een negatieve trend zien met een kleine R^2 (0.20/0.19). Rivierprik laat juist een positieve trend zien ($R^2 = 0.16$). Alle andere soorten laten geen duidelijke positieve of negatieve relatie zien tussen de spuiafvoer en de fuikvangsten. Over het algemeen worden alle soorten gevangen (afgezien van zalm, 1 exemplaar en zeeforel waarvan geen exemplaren zijn gevangen) bij alle spuidebieten. Ter vergelijking is in *figuur 3-11* de zelfde relatie over de periode 2001 – 2012 gezet. Opvallend is dat over de periode 2001 – 2012 geen negatieve trend is waar te nemen voor driedoornige stekelbaars en dat de relatie voor bot sterker is $R^2 = 0.38$.



Figuur 3-10 Gemiddelde CPUE (log+1) en gemiddelde afvoer ten tijde dat de fuik in het water heeft gestaan. Periode najaar 2013 en voorjaar 2014 zijn samengenomen.



Figuur 3-11 Gemiddelde CPUE (log+1) en gemiddelde afvoer ten tijde dat de fuik in het water heeft gestaan. Periode 2001 – 2012 (Griffioen en Winter 2014b).

3.1.4 Discussie en conclusie fuikonderzoek

Ten opzichte van de reguliere (WOT) monitoring zijn er drie extra fuiken geplaatst, is de lichtingsfrequentie verhoogd naar drie maal lichten in de week en zijn de maanden december en maart meegenomen om de migratie van voornamelijk rivierprik (december) en spiering (maart) te monitoren. Hoewel de resultaten van deze aanvullende monitoring op zich zelf staan, moeten ze in het licht worden gezet tegen de data-analyse welke eerder is uitgevoerd over de jaren 2001 – 2012 (Griffioen en Winter 2014b).

Wat is de relatie tussen fuikvangsten (drie keer lichten) en spui-tijdreeksen in de tijd?

Net als in Griffioen en Winter (2014b) zijn er diadrome vissen bij het spuicomplex te vinden wat waarschijnlijk veroorzaakt wordt door de hoge mate van zoet water afvoer die hen richting de spuikom trekt. Voor het spuien wordt bijna altijd het gehele spuicomplex gebruikt, dus alle tien de deuren óf alleen de buitenste vieren deuren tijdens het 'vis-spuien' (zie. Winter et al. 2014). De vis is ongeacht de grootte van het debiet in de spuikom aanwezig.

Voor de soorten bot en stekelbaars werd een lichte negatieve trend gevonden naarmate er meer gespuid werd. Dit betekent dat de vangsten in minder grote aantallen waren bij grotere spuiafvoeren. Dit is in overeenstemming met de resultaten voor bot van 2001 - 2012, maar in tegenstelling tot wat er gevonden is voor stekelbaars in Winter en Griffioen (2014b), waar er geen positieve of negatieve relatie was gevonden voor stekelbaars. Mogelijk heeft dit te maken met de extra monitoring in december 2013 en een 'najaarstrek' en foerageer gedrag (Griffioen 2014), welke in december is waargenomen voor stekelbaarzen. De vangsten in december zouden normaliter zijn gemist in de reguliere monitoring. Dat bot minder goed wordt gevangen bij hoge debieten ligt mogelijk aan het wegspoelen van deze vissen bij hogere debieten. Een andere mogelijkheid is dat zij actief wegzwemmen wanneer er veel zoet water aanwezig is.

Voor rivierprik gold in 2013 / 2014 dat er relatief meer exemplaren werden gevangen bij hogere debieten. Dit was nauwelijks tot in veel mindere mate zichtbaar in Griffioen en Winter (2014b). Ook hier geldt dat dit te verklaren is doordat rivierprikken voornamelijk in de maand december migreren welke niet is meegenomen in de jaren 2001-2012. Tijdens twee perioden waar er niet of nauwelijks werd gespuid zijn er aan de buitenkant van de spuikom (fuiken 8 en 9) over het algemeen minder vissen van de soorten driedoornige stekelbaars, spiering en bot gevangen. Hoewel het slechts twee perioden zijn kunnen hier meerdere onderliggende verklaringen voor zijn, waarvan het zeer waarschijnlijk is dat een combinatie van de verklaring ook tot de mogelijkheden behoort.

- De vissen in de spuikom worden tijdens het spuien voor een deel de spuikom uitgespoeld en hebben daardoor bij een herhaalde poging het IJsselmeer te bereiken een grotere kans om gevangen te worden buiten de spuikom in de fuiken 8 en 9.
- De vissen worden juist aangetrokken door de zoete lokstroom en zwemmen langs de geulen en de strekdammen in de fuiken. De attractie om richting de spuikom te zwemmen is minder groot als er niet of nauwelijks gespuid wordt.
- De droge periode viel exact samen met een variatie in het aanbod van vissen. De resultaten worden beïnvloed door het samenvallen van een dal in de aanwezigheid van vis en de beperkte spuiperiode.

Conclusie: het zoete water heeft voldoende en een regelmatige aantrekkingskracht op diadrome vis. Toch kunnen hoge spuidebieten voor de soorten bot en mogelijk ook voor stekelbaars zorgen voor verminderde vangsten. De fuikvangsten aan de buitenzijde van de spuikom geven indicaties dat soorten als stekelbaars, spiering en bot voor een deel uitgespoeld worden, echter er zijn meerdere onderliggende verklaringen mogelijk.

Wat is de verspreiding van diadrome vis aan de hand van de fuikvangsten?

Behalve voor driedoornige stekelbaars en spiering (alleen najaar) leverden twee van de drie westelijke fuiken in de spuikom (3 en 5) gemiddeld gezien de grootste vangsten op. Een grove vergelijking tussen de oost- en westoever van de spuikom (*Tabel 4, Figuur 3-6 en Figuur 3-7*) laat zien dat de vangsten tussen oost en west per soort verschillen tussen voor- en najaar. Hierbij moet worden opgemerkt dat de fuiken niet direct te vergelijken zijn doordat zij anders gepositioneerd staan ten opzichte van de spuisluzen en dat het slechts twee 'halve' monitoringsjaren betreft.

In Winter en Griffioen (2014b), waarin de data van 2001 – 2012 werd geanalyseerd, liet zien dat de westelijke oever over het algemeen de grootste vangsten opleverden. Toch bleek uit de data analyse van 2001 - 2012 voor de kleinere vis dat er, weliswaar minder, ook veel exemplaren aan de oostelijke oever gevangen werden en ook op basis van de nieuwe resultaten van 2013 / 2014 lijkt de vis in de spuikom zowel oost als west te zwemmen, hoewel de vangsten aan de westzijde over het algemeen groter zijn.

Van de soorten bot (voorjaar), fint (11 van de 14 grote exemplaren en 196 van de 256 kleine exemplaren), rivierprik, driedoornige stekelbaars en spiering zijn er gemiddeld en relatief ook veel vissen buitendijks gevangen in de fuiken 8 & 9 (*Tabel 4*). De meeste zeeprikken zijn in fuik 5 gevangen. Van de soorten zalm (n=1), zeeforel (n=0) kunnen er geen conclusies worden getrokken, behalve dat de zalm in het najaar voor de schutsluzen zijn gevangen en in de reguliere monitoring gemist zou zijn.

Conclusie: Vissen worden zowel oost als west gevangen, maar worden over het algemeen in grotere hoeveelheden gevangen aan de westzijde. De westelijke fuiken 3 en 5 leverden gemiddeld gezien hoge vangsten op voor veel soorten (dit werd ook al aangetoond in Griffioen en Winter 2014b). Echter gold dit in deze monitoringsperiode niet voor driedoornige stekelbaars, bot en spiering (najaar 2013). Ook buitendijks zijn er relatief veel vissen gevangen waarbij fint, rivierprik en bot (voorjaar) opvallend groter zijn dan in de spuikom.

Dienen vis zich aan bij de schutsluzen? En hoe verschilt dit met de vangsten in de spuikom?

Alle gevangen soorten zijn ook gevangen in de fuik voor de schutsluzen. Over het algemeen zijn de gemiddelde vangsten hier wel lager ten opzichte van de andere fuiken, terwijl wordt aangenomen dat de vangkans in deze fuik wel groter is dan de andere fuiken door de beperkte dimensies.

Conclusie: Alle waargenomen soorten dienen zich ook aan voor de schutsluzen, maar in gemiddelde lagere hoeveelheden dan in de spuikom.

Hoe verhouden de vangsten direct aan de buitenzijde van de spuikom t.o.v. locaties in de spuikom?

De fuikvangsten aan de buitenzijde van de spuikom leveren over het algemeen vergelijkbare vangsten op als in de spuikom en in sommige gevallen (bot en fint in het voorjaar en rivierprik in voor en najaar) zelfs grotere vangsten. In de reguliere fuiken 1 tot en met 7 wordt nauwelijks grote fint gevangen, maar in de extra fuiken (fuiken 8 en 9) zijn er 11 van de 14 grote finten gevangen. Ook rivierprik werd opvallend goed gevangen in die fuiken. Dit zijn wellicht aanwijzingen dat deze vissen voor een deel langs de strekdammen de spuikom bereiken, maar eenmaal in de spuikom een kleinere vangkans hebben. Dat vissen hier in de fuiken 8 en 9 worden gevangen kan verschillende onderliggende verklaringen hebben.

- De vissen gebruiken de strekdammen als oriëntatie tijdens de migratie vanuit de Waddenzee richting de spuideuren en worden gevangen in de fuik 8 en 9.
- De vissen foerageren langs de strekdammen en worden gevangen in de fuiken. Dit wordt mogelijk waargenomen bij driedoornige stekelbaars in het najaar (december), toen er relatief veel stekelbaarzen zijn gevangen langs de afsluitdijk waar over het algemeen gezien niet tot nauwelijks stekelbaars worden gevangen (Griffioen en Winter 2014b). Foeragerende houting wordt echter niet

of nauwelijks gevangen in de fuiken 8 en 9 terwijl deze wel in relatief grote aantallen zijn aangetroffen in de zegenvisserij welke tegelijkertijd is uitgevoerd in het voorjaar van 2014 (Griffioen et al. 2014).

- De vissen worden bij een spui-event de spuikom uitgespoeld en proberen hun weg in de spuikom weer terug te vinden, waardoor er mogelijk een herhaalde kans bestaat op vangsten in de deze fuiken.
- De locaties van fuiken 8 & 9 worden blootgesteld aan een grotere getijdestroming dan de andere fuiken, waardoor vissen makkelijker in de fuiken terecht kunnen komen afhankelijk van de stroming ten opzichte van de andere fuiken.

Conclusie: De fuikvangsten aan de buitenzijde van de spuikom leveren over het algemeen vergelijkbare vangsten op als in de spuikom en in sommige gevallen (bot en fint in het voorjaar) zelfs grotere vangsten. Dat vissen hier in vergelijkbare aantallen worden gevangen kan worden verklaard door verschillende onderliggende verklaringen.

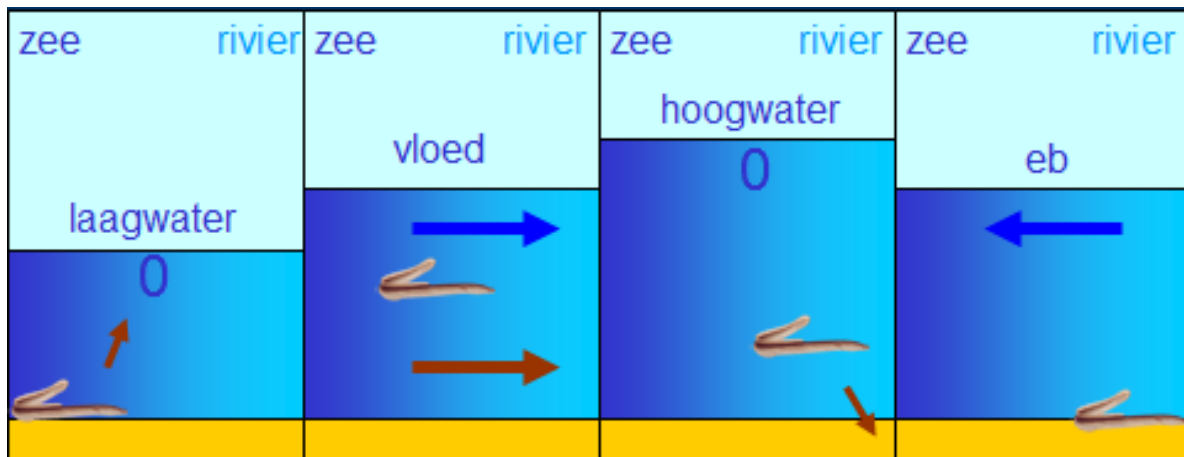


Foto impressie van de kruisnetten bemonstering bij Kornwerderzand. Foto's IMARES (Ben Griffioen).

3.2 Verspreidingsdynamiek van kleine trekvis bij spui-complex (kruisnet & DIDSON)

3.2.1 Inleiding

In de fuikenmonitoring worden door de relatief grote maaswijdtes (20mm) de kleine soorten gemist. Juist voor deze kleinere soorten heeft de VismigratieRivier mogelijk grotere meerwaarde. Hoewel de vismigratie rivier kan worden gebruikt door alle diadrome vissen van alle lengtes (Winter et al. 2014) zal de VMR voor de kleinere soorten grote meerwaarde hebben omdat zij voor een groot deel afhankelijk zijn van selectief getijdentransport (Figuur 3-12). Selectief getijdentransport houdt in dat vissen slim gebruiken maken van de getijde stroming van het water. Dat de vismigratierivier ook een zout water stroom richting het IJsselmeer toelaat faciliteert dit principe. Om te onderzoeken hoe de kleine vis zoals glasaal en botlarven, maar ook driedoornige stekelbaars en spiering zich gedragen in het getij met opkomend water, is er onderzoek verricht met kruisnetten in de spuikom. Tevens kan er op deze manier ook in kaart worden gebracht of er eventuele grotere concentraties kleine vis in de spuikom aanwezig zijn. Daarnaast zijn er met een DIDSON opnames gemaakt op dezelfde locaties als de kruisnetten om een kwalitatieve indruk te krijgen van de verspreiding en verticale oriëntatie van de vis in de spuikom.



Figuur 3-12 Een grafische voorstelling van selectief getijdetransport. Tijdens afgaand tij drukt vis zich tegen de bodem om positie te houden en tijdens opkomend tij wordt de waterkolom opgezocht om energetisch efficiënt gebruik te maken van de waterstroom (uit: Winter et al. 2014).

Selectief getijdetransport

Een getijdencyclus kent een afgaand tij (eb) en een opkomend tij (vloed). Wanneer je als vis je richting het zoete water wilt verplaatsen is het zeer efficiënt om gebruik te maken van het opkomende tij. Dit zijn de perioden waar de waterstroom richting het zoete water is gericht. Tijdens afgaand tij (eb) is het zaak om de positie vast te houden. Het gebruik van selectief getijdetransport uit zich in de verticale verplaatsing van vis tijdens de getijdencyclus. Bij eb zullen de vissen laag in de waterkolom zijn of zelfs ingegraven in de bodem en bij vloed zullen vissen juist de stroming van het water hoger in de waterkolom opzoeken.

Met name juveniele katadrome soorten (botlarve en glasaal) en kleinere anadrome soorten (spiering en stekelbaars) kunnen hun voordeel doen met selectief getijdentransport om energie te besparen wanneer zij tegen de stroom in het zoete water moeten bereiken om op te groeien (Creutzberg 1961, Bos 1999, Jager 1999, Bult en Dekker 2007, Trancart et al. 2012). Maar ook grotere, relatief sterkere zwemmers zoals zalm en fintachtigen, maken hiervan gebruik door met het getij in een estuarium stroomopwaarts te bewegen (Dodson et al. 1972, Stasko 1975, Potter 1988, Moser & Ross 1994). Echter bij deze laatste groep zijn de onderliggende redenen vaak onbekend en zullen zij niet afhankelijk zijn van selectief getijdentransport, zoals de kleinere soorten dit grotendeels wel zijn (review in Winter et al. 2014).

Voorafgaand aan het onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen vastgesteld:

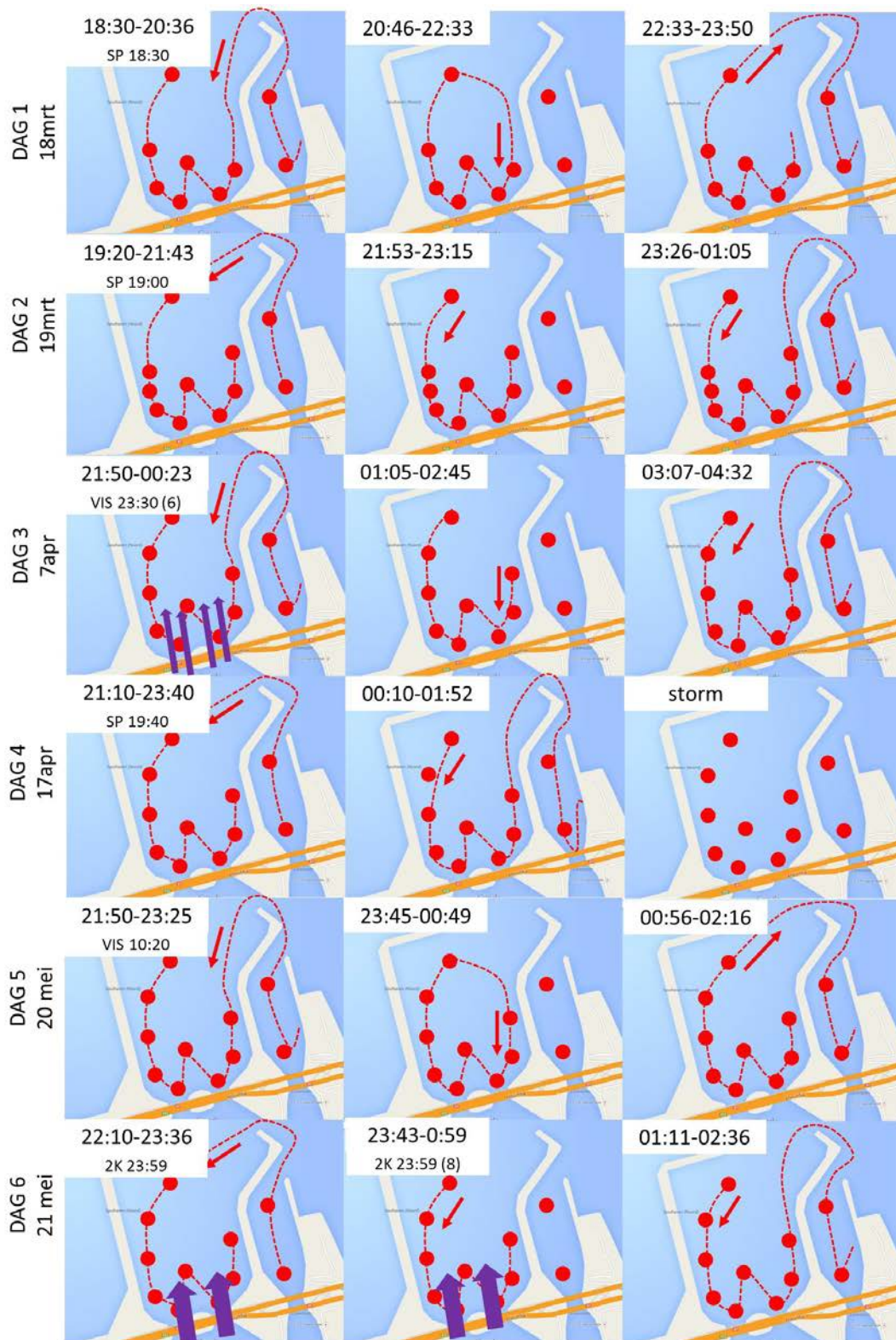
- *Kruisnetten: Wat is de spatiale verdeling van driedoornige stekelbaars, glasaal, spiering en botlarven in de spuikom?*
- *Kruisnetten: Hoe verschillen de vangsten van de doelsoorten in het getij?*
- *DIDSON: Wat is de verticale distributie van vissen in de spuikom?*
- *DIDSON: Zijn er verschillen in aantallen vis per locatie?*

3.2.2 Methode kruisnetten

Het ruimtelijk bemonsteren van de spuikom met een kruisnet geeft inzicht in de verspreiding van met name kleine vis (glasaal, driedoornige stekelbaars, botlarven en spiering) gedurende verschillende getijfasen. Met een 3x3m kruisnet en twee 1x1m kruisnetten wordt de spuikom afgevaaren en op een 9-tal locaties in de spuikom en op twee locaties in de 'haven' gevist. De vis wordt ter plekke verwerkt en geteld al dan niet middels sub sampling bij grote hoeveelheden vis. In totaal zijn er zes dagen gevist, evenredig verdeeld over de maanden maart (18 en 19), april (7 en 17) en mei 2014 (20 en 21). Er is gevist met opkomend en rond hoog tij tijdens het donker. Per meetdag worden er drie rondes (runs) gedaan, waarbij er gestart wordt met twee punten in de 'haven' en daarna drie volledige rondes in de spuikom. Een meetdag wordt geëindigd met de twee locaties in de 'haven' (Figuur 3-14). De focus van dit onderzoek ligt in de spuikom.



Figuur 3-13 De locaties waar met kruisnetten is gevist in de maanden maart, april en mei 2014. Op 18 maart zijn de locaties 1 – 9 bemonsterd. Op 19 maart zijn hier locatie 10 en 11 bijgevoegd. In de maanden april en mei is locatie 11 verplaatst naar locatie 12 en zijn de locatie 1 t/m 10 en locatie 12 bemonsterd. Feitelijk verschillen de exacte beviste locaties per meting door stroming en omstandigheden. De aangegeven locaties zijn derhalve bij benadering.



Figuur 3-14 Een grafische voorstelling van de locaties per meetdag en per 'run' met tevens de spuiomstandigheden tijdens de run (paarse pijlen). Per meetdag worden alle locaties in de spui kom drie keer bemonsterd. De ronden zijn omgedraaid afgelegd binnen dezelfde maand. SP = spuien met de tijd wanneer deuren dicht zijn gegaan, #K=aantal kokers open (max 10), VIS=visspuien: zie Winter et al (2014). Op dag 3 is er om 23:30 bij het bereiken van locatie nr. 6 gestopt met visspuien (aangegeven met een (6)). Op dag 6 zijn bij het bereiken van locatie nr. 8 de twee spui kokers om 23:59 dichtgedaan.

Data verwerking en normalisering gegevens

De dynamiek in het studie gebied is enorm. Niet alleen speelt het migratieseizoen een rol, ook de dagelijkse spuigegevens, het getij, de diepte per locatie, temperatuur, wind en andere weersomstandigheden en dergelijke spelen een rol. Omdat de dataset zich er niet voor leent om alle variabelen mee te nemen in de analyses is ervoor gekozen om de analyses te beperken tot 1) verschillen tussen locaties en 2) vangsten in het getij. De interactie tussen deze twee factoren wordt buiten beschouwing gelaten in de analyses, maar is in de praktijk wellicht wel een factor die van invloed is op de resultaten. De datapunten in het getij zijn per locatie en per dag genormaliseerd evenals de vangsten over de diverse meetdagen. Op deze manier kunnen de verschillende meetdagen met elkaar worden vergeleken onafhankelijk van migratiepieken.

Normalisering vangsten per locatie

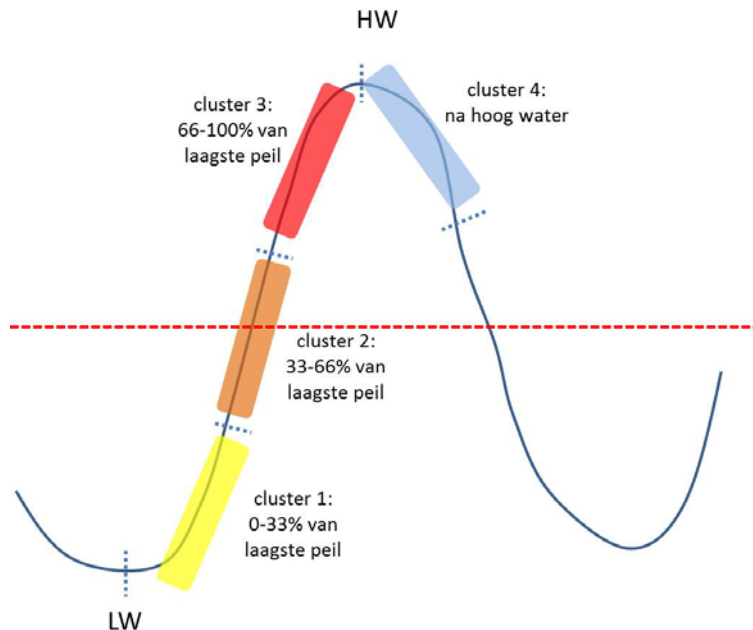
Voor een vergelijking van de vangsten per locatie zijn de vangsten per run per dag opgeteld. Vervolgens is de fractie van het totaal bepaald. Dit houdt in dat het totale aantal vissen van alle locaties gelijk gesteld is aan 1 per run per dag onafhankelijk wat er totaal aan vissen is gevangen. Er is voor de analyse gestreefd naar een zo groot mogelijke dataset per soort, waarbij zoveel mogelijk locaties met elkaar vergeleken worden. Dit betekent dat dag 1 en locatie 12 buiten beschouwing zijn gelaten, omdat locatie 12 pas vanaf dag 3 is meegenomen in de bemonsteringen en dag 1 geen locatie 10 bevat. Dit houdt in dat de locaties 3 t/m 10 met elkaar zijn vergeleken op de dagen 2 t/m 6. In de nul hypothese wordt aangenomen dat de vangsten gelijk verdeeld zijn over de acht locaties in de spuikom (1/8 van de totale vangst per locatie per run, wanneer de vangsten gelijk zijn per locatie). Omdat dag 1 voor glasaal en in mindere mate ook voor spiering een belangrijke dag is, is er ook een analyse gedraaid met de locatie 3 t/m 9 over alle zes de dagen. Deze resultaten staan in bijlage D.

Normalisering getij per meetdag

Om het eventuele getijde gedrag inzichtelijk te maken zijn de runs per meetdag opnieuw gecategoriseerd. Hiertoe is per meting de relatieve positie in het getij ten opzichte van laagwater uitgerekend, waarbij het absolute laagste punt op 0 is gesteld en het hoogste punt op 100. Metingen na hoogwater zijn verschillend doordat het afgaand tij is, terwijl het waterpeil gelijk kan zijn als voor hoogwater. De metingen zijn derhalve vastgesteld met een waarde boven de 100. Vervolgens zijn er drie fases in de getijcyclus vastgesteld. Fase 1: laagwater - 33% van het laagste punt, fase 2: 33-67% vanaf laagwater, fase 3 67 – 100% van het laagste punt en fase 4: na het hoogste punt (afgaand tij). Deze fase zijn zichtbaar gemaakt in *Figuur 3-15*. Deze zogenoemde clusters hebben een kleur toegekend gekregen van respectievelijk, geel, oranje en rood voor opkomend tij. Blauw representeert afgaand tij. Deze kleuren worden in latere figuren gebruikt om de verschillende fases inzichtelijk te maken.

Normalisering vangsten in het getij

De vangsten in het getij zijn per dag per locatie over de drie runs opgeteld. De drie runs zijn per dag op een verschillende punt in het getij genomen en gekoppeld aan de codering 1 t/m 4 (*Figuur 3-15*). De totale vangst per locatie (per dag) is gelijk gesteld aan 1 (of 100%), de fractie van de totale vangst (die dag) is vervolgens berekend. In de nul hypothese gaan we er dus vanuit dat wanneer er geen effect is van het getij op de vangsten dat de vier clusters een gelijke vangst laten zien, namelijk 1/3 van de vangst van die dag op die locatie. Wanneer er op een dag over alle drie de runs bij één locatie geen vis is gevangen, is die locatie buiten beschouwing gelaten, omdat er geen fractie van de vangst te bepalen is. Op de vierde meetdag zijn er slechts twee runs afgewerkt en daarom is deze dag buiten beschouwing gelaten in de analyse.



Figuur 3-15 Een grafische voorstelling van een genormaliseerde getijcyclus, waarbij er drie fases met opkomend tij zijn geclusterd (geel – rood) en één fase met afgaand tij (blauw).

Analyse genormaliseerde gegevens

Nadat de vangsten zijn genormaliseerd, zijn er vervolgens twee modellen gedraaid om de nul hypothesen, (1) geen verschil tussen vangsten per locatie en (2) geen verschil tussen vangsten in het getij, te testen. Om de verschillende locaties te vergelijken op vangsten en de vangsten in het getij van de doelsoorten zijn statistische analyses uitgevoerd. Hierbij is er onderscheid gemaakt tussen twee vragen:

- 1) Hebben locaties significant hogere of lagere vangsten?
- 2) Verschillen de vangsten in het getij significant van elkaar?

De interactie tussen deze twee aspecten is gezien de beperkte dataset buiten beschouwing gelaten, hoewel we aannemen dat de interactie wel waarschijnlijk kan zijn. In de analyses nemen we echter aan dat er geen interactie is tussen deze twee factoren.

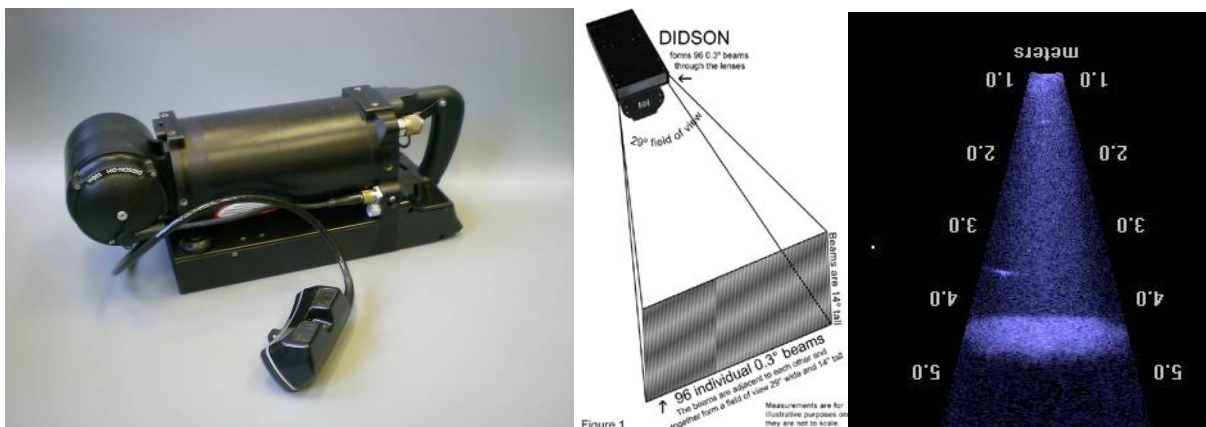
Een eventueel significant verschil in vangsten per locatie en in het getijd is getest met een ratio waarschijnlijkheid test (LR – *likelihood ratio test*). Wanneer er een significant verschil is gevonden ($p < 0.05$), is er een post hoc analyse uitgevoerd (paarsgewijze t-test, gecorrigeerd voor meerdere testen). De analyse is uitgevoerd in R met het 'nlme' package. Voor een uitgebreide beschrijving van de statistiek wordt verwezen naar bijlage D.

3.2.3 Methode DIDSON

Op elke locatie waar met een kruisnet is gevist is ook met de DIDSON gemeten. Metingen hebben plaatsgevonden met een DIDSON apparaat (Figuur 3-16). DIDSON staat voor "Dual frequency IDentification SONar" en is een hoge resolutie sonar welke akoestiek (geluid) gebruikt om akoestische beelden mee te maken met veel meer detail dan de conventionele sonars. Met de DIDSON bestaat de mogelijkheid beelden te maken van visgedrag nabij bijvoorbeeld sluizen, turbines of visnetten in troebel water of zelf 's nachts. Mogelijkheden bestaan om individuele lengtes van de vissen te meten en vissen,

mits deze groot genoeg (>25 cm) zijn, op soort te brengen. In veel gevallen zitten aan het op soort brengen van vissen wel beperkingen. Zo kunnen alleen vissen met karakteristieke kenmerken, zoals paling, meerval, snoek en brasem goed herkend worden in de beelden. De DIDSON werkt op twee frequenties en kan beelden maken van objecten tussen 1 m en 30 m afstand van de DIDSON.

Bij deze studie werd de DIDSON met een kabel aangesloten op een computer. Beide apparaten werden aangesloten op een accu op de boot (WON1), zodat gedurende de drie runs opnames gemaakt konden worden. Met de computer kunnen instellingen van de DIDSON zoals bereik, aan en uitzetten van opnames etc. gestuurd worden. Analyse van de beelden wordt gedaan met speciaal voor de DIDSON ontwikkelde software ('DIDSON control and display' V5.25.06).



Figuur 3-16 Links: De DIDSON (L 43 cm x B 20 cm x H 17 cm). Midden: Beeldhoek van de DIDSON. Rechts: een DIDSON opname waarbij een grotere vis (30-40cm) in het noorden van de spuikom is gezien op 7 april (locatie 12).

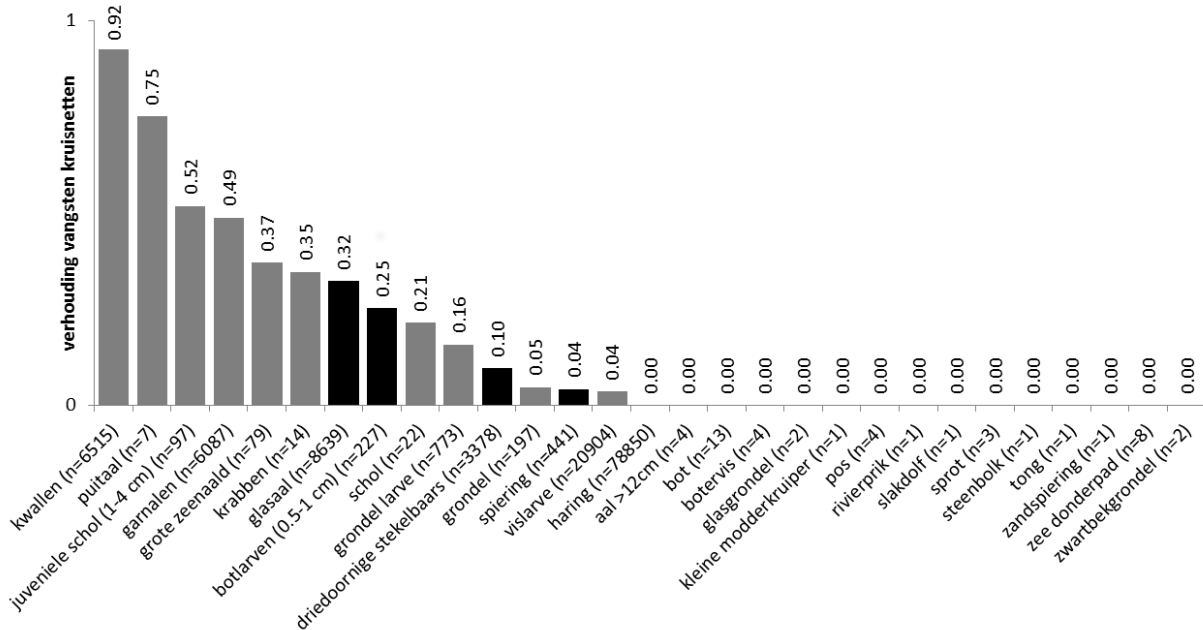
De DIDSON heeft een kegelvormige beeldprojectie (Figuur 3-16 midden) onder een beeldhoek van 29 graden breed en 14 graden hoog. De DIDSON heeft bij deze meetlocatie gemeten met 96 en 48 geluidsbundels op 1.6 en 1.1 MHz en gemiddeld 7-10 uitzend-ontvangst cycli per frame. Omdat de beeldprojectie kegelvormig is, wordt het volume water dat in beeld komt groter met de beeldafstand.

De DIDSON beelden worden kwalitatief ingezet. Hiertoe worden van de beelden een inschatting gemaakt hoeveel vis er zichtbaar is: 0-10, 10-100, 100-1000, 1000-10000 en >10000. Daarnaast wordt er over de hele film een inschatting gegeven van de verticale oriëntatie van de vis in de waterkolom: bodem, pelagisch, aan de oppervlakte en gelijk verdeeld. De gegevens worden per dag en per locatie vastgelegd. In de uiteindelijke analyse is besloten dat de dagen 3, 5 en 6 worden gebruikt aangezien gedurende deze dagen op vrijwel alle locaties en runs is gefilmd met de DIDSON. De gemiddelde tijd per film is 1-2 minuten.

3.2.4 Resultaten kruisnetten

Een vergelijking tussen het grote kruisnet en de twee kleine kruisnetten geeft aan dat het verschil in vangsten sterk per soort verschilt tussen de verschillende netten (Figuur 3-17). Zo worden kwalen, naar verhouding, in vrijwel gelijke aantallen gevangen tussen de verschillende netten. De doelsoorten van deze studie, glasaal, botlarven, driedoornige stekelbaars en spiering, worden in, naar verhouding, veel lagere hoeveelheden gevangen in de kleinere netten. Actievere zwemmers hebben een grotere ontsnappingskans bij het kleinere net. De vangsten van het grote net zijn daarnaast op een sorteertafel met lamp uitgezocht, terwijl de kleine netten niet gelijktijdig op de sorteertafel uitgezocht konden worden, maar in het net onder een lamp. De miskans van botlarven was hierdoor in de kleine netten

waarschijnlijk hoger. Voor de verdere analyses is derhalve besloten alleen gebruik te maken van het grote 3x3 kruisnet. Hier zijn ten eerste grotere aantallen vis gevangen van de doelsoorten en ten tweede is de vangkans voor relatief sterkere zwemmers (driedoornige stekelbaars en spiering) vele male groter in het grote kruisnet, maar ook voor de relatief zwakke zwemmer glasaal is de vangkans veel groter bij het grote net. Als laatste zijn de botlarven welke gevangen zijn met het grote net beter geobserveerd vanwege praktische redenen.



Figuur 3-17 Verhouding van vangsten tussen het grote 3x3 net en de kleine 1x1 kruisnetten. Een 1:1 (ratio = 1.0) verhouding geeft een gelijke vangkans weer tussen het grote en de kleine netten. Vislarve = een mix van voornamelijk spiering, sprot en haring in onbekende verhouding. De werkelijke vangsten (n) per net zijn opgenomen in bijlage C.

Vangsten van de doelsoorten

Van de doelsoorten: glasaal, driedoornige stekelbaars, botlarven en spiering is glasaal het meest gevangen met 7724 exemplaren in het grote kruisnet (Tabel 5), voornamelijk in de maand maart, maar ook in de maand mei zijn glasalen gevangen. Hierbij was het opvallend dat de glasalen in mei vrijwel allemaal – op het oog – smaller en kleiner leken, wat mogelijk duidt op een slechtere conditie. Driedoornige stekelbaars komt daarna met 3175 exemplaren voornamelijk in de maand mei. Spiering en botlarven zijn in minder grote aantallen gevangen, respectievelijk 402 en 205 exemplaren. Opvallend was dat de botlarven alleen in de maand april zijn waargenomen. Spiering is voornamelijk in de maand maart gevangen, dit betroffen allemaal exemplaren onder de 13 cm. In de maand mei zijn, naast de doelsoorten glasaal, stekelbaars en spiering, grote hoeveelheden jonge haring (5-10cm) gevangen die zich voornamelijk ophielden bij locatie 4, 5 en 7 (vlakbij de deuren). Ook bevonden zich hier in deze grote scholen, weliswaar in minder grote aantallen dan de haring, driedoornige stekelbaarzen.

Er zijn voornamelijk in de maand april grote hoeveelheden langwerpige vislarven gevangen van 2-5 cm. Deze kleine larven waren in het veld moeilijk op soort te brengen. Een deel van de larven is voor nader onderzoek meegenomen en gedetermineerd tot spiering, haring en sprot. De verhouding tussen deze soorten is niet bekend evenals of er nog meer soorten tussen deze larven zitten. Grondellarven zijn wel apart geteld en voornamelijk gevangen in de maand mei.

De vangsten per trek verschillen per beviste dag (Figuur 3-18). Botlarven zijn alleen op dag drie en vier gevangen met gemiddeld 4 larven per trek. Driedoornige stekelbaars is gedurende alle dagen gevangen met een piek in mei met meer dan gemiddeld 30 vissen per trek. Glasaal is in grote aantallen gevangen op dag één en twee met gemiddeld >90 glasalen per trek. De vangsten per trek waren aanzienlijk lager in april en nog lager in mei. Spiering is met name in maart gevangen met gemiddeld 8 spieringen per trek.

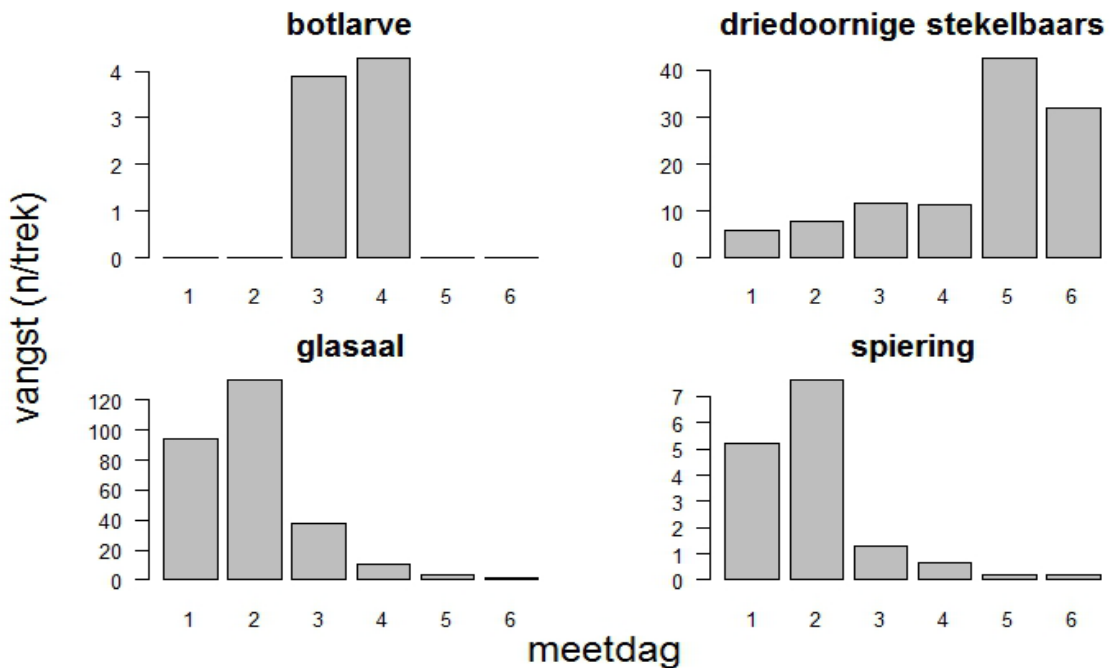


Foto van de glasaal vangst in het 3x3 kruisnet en het uitzoeken van glasalen op de WON1 in maart 2014. Foto IMARES (Betty van Os).

Tabel 5 Tabel van vangstgegevens per dag en totale vangstgegevens van de twee 'haven' locaties (twee locaties met nummers 1 en 2) en de locaties in de spuikom (zeven tot negen locaties met nummers 3 t/m 12). De gegevens geven werkelijk aantallen gevangen vissen weer en daarnaast het aantal per trek over alle dagen. De vangsten zijn alleen van het grote 3x3 kruisnet.

dag	haven locaties						tot	n/trek	spuikom locaties						tot	n/trek
	18-mrt	19-mrt	7-apr	17-apr	20-mei	21-mei			18-mrt	19-mrt	7-apr	17-apr	20-mei	21-mei		
n samples	4	4	4	4	4	4	24		21	27	27	18	27	27	147	
botlarven (5-7mm)				10			10	0.4	0	0	121	84	0	0	205	1.4
glasaal	80	167	76	12	1	1	337	14.0	2273	3964	1103	212	116	56	7724	52.5
spiering	13	11	3	7			35	1.5	118	225	38	8	7	6	402	2.7
driedoornige stekelbaars	26	44	13	44	4	2	133	5.5	124	196	345	205	1314	991	3175	21.6
aal (geen glasaal)													1	3	4	0.0
bot (5-12cm)													9	4	13	0.1
botervis										3		1			4	0.0
garnalen	8	14	54	123	630	322	1151	48.0	123	717	1668	301	929	603	4341	29.5
glasgrondel										1		1			2	0.0
grondel	4	21		16	1		42	1.8	15	66	22	25	21	4	153	1.0
grondel larve					56	28	84	3.5					370	293	663	4.5
grote zeenaald			2	1			3	0.1	1	1	27	3	36	2	70	0.5
haring					132	407	539	22.5			1	1	22858	55445	78305	532.7
juvenile schol (2-4cm)	12			6			18	0.8	18	29	16	2	4	0	69	0.5
kleine modderkruiper															1	0.0
krabben					5		5	0.2			4		3	1	8	0.1
kwallen		3	226	158	70	29	486	20.3	8	18	3458	263	674	498	4919	33.5
pos									3	1					4	0.0
puitaal									1	2	3				6	0.0
rivierprik											1				1	0.0
schol				3			3	0.1					11	7	18	0.1
slakdolf														1	1	0.0
sprot										1	2				3	0.0
steenbolk					1		1	0.0								
tong														1	1	0.0
vislarven*		2	228	723			953	39.7	5	3	19165	488	121	5	19787	134.6
zandspiering											1				1	0.0
zee donderpad			2				2	0.1			6				6	0.0
zwartbekgrondel				2			2	0.1								

*een mix van voornamelijk larven van spiering, sprot, haring en mogelijk andere soorten. De verhouding tussen de soorten is niet bekend.



Figuur 3-18 Gemiddelde vangsten in aantallen per trek van het grote kruisnet (9m²) per meetdag (1-6). Meetdag 1 en 2 vallen in maart, 3 en 4 in april en 5 en 6 in mei 2014. De vangsten zijn over alle locaties genomen (1-12, zie Figuur 3-13).

Vangsten per locatie

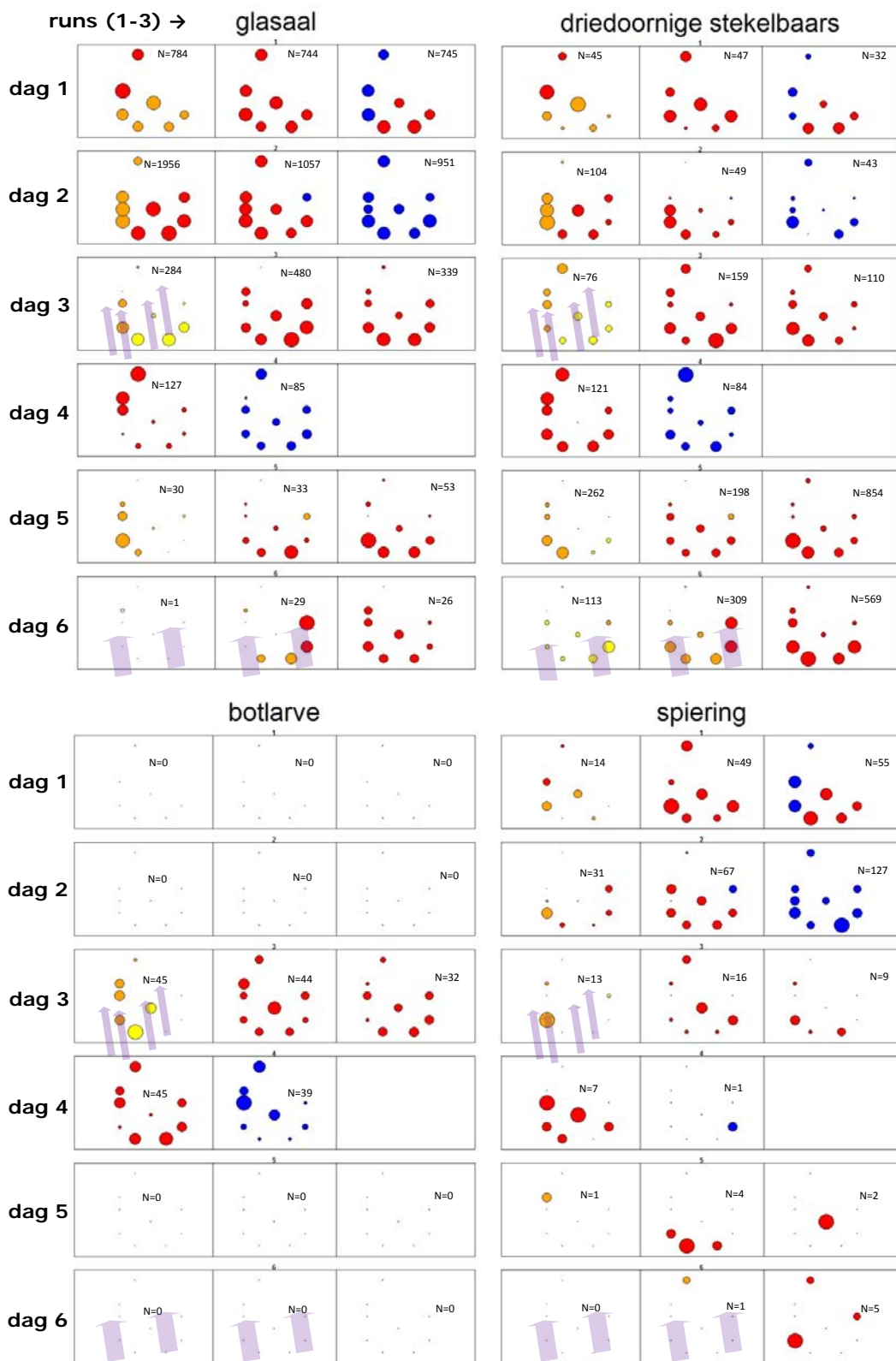
De vangsten voor de doelsoorten verschillen per locatie in absolute aantallen (Tabel 6). Omdat de aanname is dat de vangsten beïnvloed kunnen worden door het getij is er ook een verspreidingsplot gemaakt per run voor de verschillende meetdagen (Figuur 3-19), waarbij de kleuren overeenkomen met Figuur 3-15. Locaties 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 en 10 in de spuikom zijn gedurende vijf dagen bemonsterd tijdens alle runs en deze vangsten zijn gebruikt voor de statistische analyse, welke is uitgewerkt in de komende paragrafen. De uitgebreide resultaten van de statistische analyse voor de locaties 3 – 9 die gedurende alle zes de dagen zijn bemonsterd en de analyse voor locaties 3 – 10 die gedurende vijf dagen zijn bemonsterd, staan in de bijlagen.

De invloed van spuien op het voorkomen van vis.

De bemonsterde dagen hebben verschillende omgevingsomstandigheden gehad wat betreft spuien, wind en tijd in het jaar. Al deze factoren zullen ongetwijfeld veel invloed hebben op het voorkomen van de doelsoorten van de VMR. Op dag 3 is er 'visvriendelijk' gespuid ten tijde van de meting: VIS-spuien (vier buitenste kokers op een kier, zie Winter et al. 2014 en Inleiding op blz. 11) en op dag 6 (twee kokers van de tien kokers vol open) is er met spuiactiviteit ook bemonsterd (Figuur 3-14). Op dag 1 en dag 2 is er vlak voor het starten van de bemonstering gestopt met spuien. Wanneer we de vangsten van glasalen tijdens de eerste run vergelijken met run 2 en 3 op dag 1, dan zien we dat glasaal op de locaties nabij de deuren in toenemende mate, maar dus ook al tijdens run 1, worden gevangen. Op dag 2 is er zelfs een afname in aantallen glasalen voor de deuren gedurende de runs. Opvallend is dat op dag 1 en dag 2 de aantallen op locatie 5 gedurende de runs afnemen. Vergelijkbare resultaten worden gezien voor stekelbaars, waar de vangsten op locatie 5 ook afnemen gedurende de runs, maar toenemen of min of meer gelijk blijven bij de deuren (op dag 2 zijn de vangsten tijdens run 3 op locatie 6, westelijke deur, zelfs het laagst). Voor spiering nemen de locaties voor de deuren en locatie 5 toe gedurende de runs op deze dagen en worden minder gevangen op de eerste run.

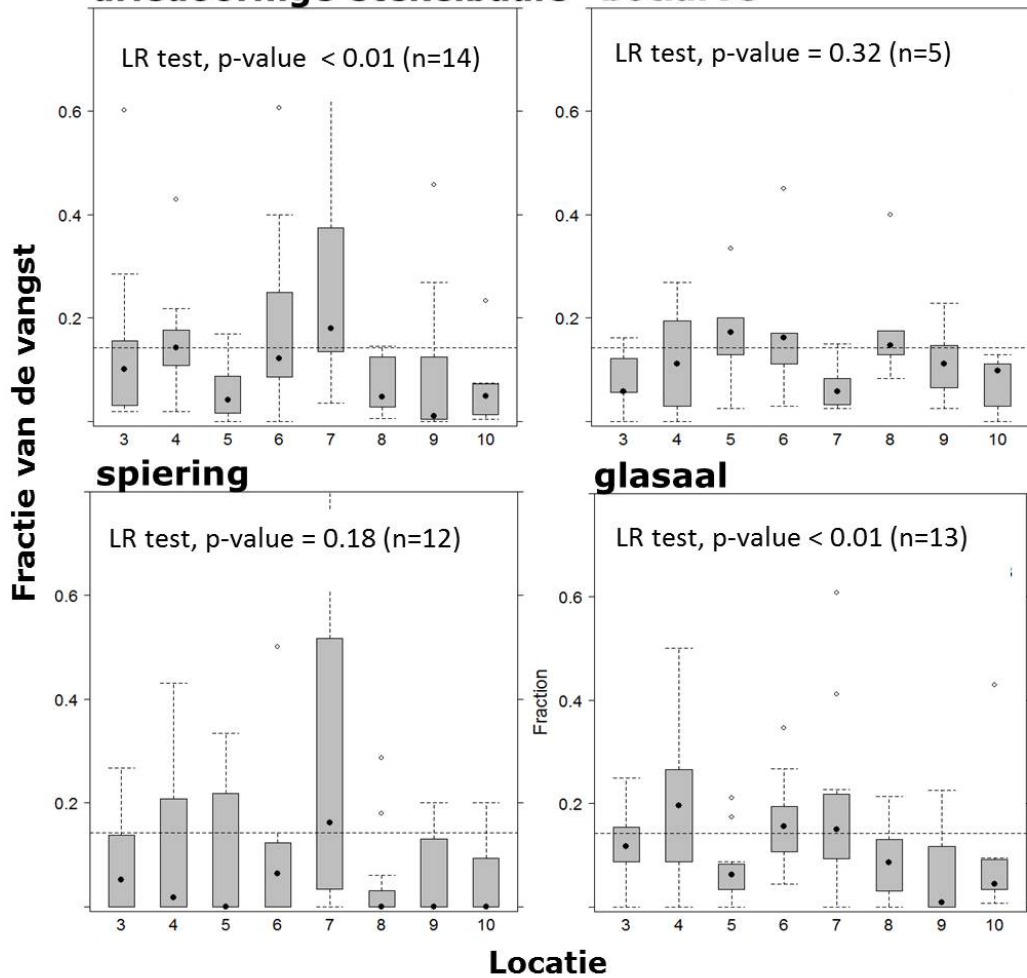
Tabel 6 De absolute aantallen vis (3x3 net) per locatie per run 1-3 (links naar recht), per dag 1-6 voor de vier doelsoorten. De kleuren geven per dag aan waar de meeste vissen zijn gevangen (donker groen) en of de minste (wit). De oriëntatie in de spuiikom zijn in de kolom geordend van noord (boven) naar zuid (beneden).

dag	plaats	locaties	stekelbaars			glasaal			botlarve			spiering		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	haven	1	11		1	18	0	18	0		0	11		1
1	haven	2	11		3	18	0	26	0		0	1		0
1	noord	9	4	7	2	86	92	51	0	0	0	1	7	2
1	midden west	8	15	5	5	307	106	129	0	0	0	3	2	10
1	midden	5	16	11	3	195	148	44	0	0	0	4	7	9
1	hoek oost	3	1	10	4	26	65	54	0	0	0	0	9	5
1	hoek west	7	5	10	3	74	193	148	0	0	0	5	16	10
1	deur oost	4	3	3	8	43	90	183	0	0	0	1	3	6
1	deur west	6	1	1	7	53	50	136	0	0	0	0	5	13
2	haven	1	29		0	21		21	0		0	1		0
2	haven	2	11		4	64		61	0		0	2		8
2	noord	9	1	0	5	24	126	106	0	0	0	0	1	7
2	midden west	8	11	1	2	149	123	78	0	0	0	0	12	7
2	midden oost	10	6	1	1	84	31	30	0	0	0	6	7	7
2	midden	11	21	13	3	252	139	41	0	0	0	1	0	11
2	midden	5	14	4	1	360	71	60	0	0	0	0	10	6
2	hoek oost	3	3	3	6	198	116	216	0	0	0	4	8	12
2	hoek west	7	31	16	17	254	208	165	0	0	0	16	10	20
2	deur oost	4	9	4	8	389	65	79	0	0	0	1	11	50
2	deur west	6	8	9	0	246	178	176	0	0	0	3	8	7
3	haven	1	0		12	27		21	0		0	3		0
3	haven	2	0		1	12		16	0		0	0		0
3	noord	9	18	14	7	2	0	3	1	4	2	0	3	0
3	midden west	8	10	4	9	18	8	11	7	3	4	0	0	0
3	midden oost	10	5	2	5	2	42	20	0	4	4	1	0	0
3	noord	12	7	10	3	0	20	7	5	8	1	1	1	1
3	midden	5	9	13	9	4	40	11	8	12	4	0	5	0
3	hoek oost	3	6	21	2	36	106	39	0	2	5	0	4	0
3	hoek west	7	6	23	39	62	30	45	6	3	1	11	1	4
3	deur oost	4	9	64	8	84	182	88	0	4	6	0	1	3
3	deur west	6	6	8	28	76	52	115	18	4	5	0	1	1
4	haven	1	11			2			0			0		
4	haven	2	18			4			4			6		
4	noord	9	26	37		58	19		6	8		0	0	
4	midden west	8	12	3		18	9		6	14		2	0	
4	midden oost	10	5	6		3	8		4	1		0	0	
4	noord	12	24	3		35	1		4	4		0	0	
4	midden	5	0	3		2	7		1	6		2	0	
4	hoek oost	3	11	2		2	13		5	2		1	1	
4	hoek west	7	15	10		1	9		1	2		1	0	
4	deur oost	4	15	13		4	11		11	1		0	0	
4	deur west	6	13	7		4	8		7	1		1	0	
5	haven	1	0		0	1		0	0		0	0		0
5	haven	2	0		4	0		0	0		0	0		0
5	noord	9	1	0	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5	midden west	8	10	24	4	6	1	0	0	0	0	0	0	0
5	midden oost	10	1	14	7	1	3	1	0	0	0	0	0	0
5	noord	12	6	5	5	2	1	2	0	0	0	1	0	0
5	midden	5	1	30	14	1	2	3	0	0	0	0	0	2
5	hoek oost	3	8	30	19	0	2	5	0	0	0	0	0	0
5	hoek west	7	75	26	544	17	3	21	0	0	0	0	1	0
5	deur oost	4	5	42	46	0	16	10	0	0	0	0	1	0
5	deur west	6	155	27	208	3	5	10	0	0	0	0	2	0
6	haven	1	0		0	0		0	0		0	1		0
6	haven	2	0			1			0		0	0		0
6	noord	9	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1
6	midden west	8	5	6	30	0	0	3	0	0	0	0	0	0
6	midden oost	10	6	72	4	0	12	1	0	0	0	0	0	1
6	noord	12	0	0	8	1	1	3	0	0	0	0	0	0
6	midden	5	5	8	6	0	0	4	0	0	0	0	0	0
6	hoek oost	3	68	88	116	0	7	2	0	0	0	0	0	0
6	hoek west	7	4	48	114	0	0	5	0	0	0	0	0	3
6	deur oost	4	20	52	64	0	6	4	0	0	0	0	0	0
6	deur west	6	4	34	224	0	3	4	0	0	0	0	0	0



Figuur 3-19 Ruimtelijke verdeling van de doelsoorten (glasaal, driedoornige stekelbaars, botlarve en spiering). De cirkels stellen de vangsten per locatie voor uitgedrukt $\log(n+1)$. horizontaal: run 1, 2 en 3, verticaal: dag 1 t/m 6. NB de grootte van de cirkels is de relatieve verdeling per dag. De pijlen in de runs per dag geven aan dat er wel of niet is gespuid tijdens de bemonstering (zie Figuur 3-14). Kleuren corresponderen met het getij (zie Figuur 3-15).

driedoornige stekelbaars botlarve



Figuur 3-20 De fractie van de vangst van de vier doelsoorten verdeeld over de acht locaties (3-10). De stippellijn in elke grafiek geeft de 13% (of 1/8) weer. Wanneer er geen significant verschil in de vangsten zou zijn geweest is de vangst gelijk verdeeld over de locaties, ofwel 1/8 van de vangst per locatie. Per doelsoort zijn de statistische resultaten weergegeven.

Tabel 7 Test resultaten van post hoc test (paarsgewijze t-test: Benjamini & Hochberg methode) voor glasaal en driedoornige stekelbaars, waarbij de cellen met een significant verschil rood zijn gekleurd.

		3	4	5	6	7	8	9	3	4	5	6	7	8	9
	loc ↓	zuid oost hoek	nabij deur oost	midden "put"	nabij deur west	zuid west hoek	westelijk oever midden	noord	zuid oost hoek	nabij deur oost	midden "put"	nabij deur west	zuid west hoek	westelijk oever midden	noord
nabij deur oost	4	0.26							0.81						
midden "put"	5	0.18	0.11						0.18	0.04					
nabij deur west	6	0.37	0.65	0.08					0.63	0.67	0.06				
zuid west hoek	7	0.38	0.9	0.13	0.86				0.15	0.15	0.01	0.36			
westelijk oever midden	8	0.34	0.12	0.81	0.11	0.18			0.19	0.04	0.81	0.07	0.01		
noord	9	0.72	0.24	0.89	0.34	0.34	0.93		0.56	0.36	0.56	0.26	0.04	0.61	
oostelijke oever midden	10	0.37	0.13	0.9	0.18	0.18	0.9	0.9	0.15	0.03	0.81	0.06	0.01	0.67	0.51

Driedoornige stekelbaars

De vangsten genormaliseerd naar fracties waren significant verschillend ($p < 0.01$) (*Figuur 3-20*). Bij locatie 4 (nabij oostelijke deur) zijn significant meer stekelbaarzen gevangen in vergelijking met locaties 5 (midden, diepe put), 8 (midden, west) en 10 (midden, oost) (*Tabel 7*). Locatie 5 is significant minder gevangen dan bij locaties 4 (deur, west), 6 (deur, oost) en 7 (hoek, zuid west). Locatie 6 (deur, west) is significant hoger dan locatie 8 en 10. Locatie 7 is significant hoger dan locatie 5, 8, 9 en 10 ($p < 0.05$). Voor stekelbaars geldt dat deze over het algemeen meer gevangen is bij locatie 7, waarbij deze locatie niet significant verschilde met locatie 3 (hoek, zuid oost), 4 en 6 (deuren). Er zijn geen significante verschillen gevonden tussen de locaties bij de deuren en locatie 9 (noordelijkste punt).

Botlarven

Voor botlarven zijn slechts 5 samples per locatie beschikbaar voor de statistische analyse. Dit is te wijten aan het feit dat botlarven alleen tijdens dag 3 en 4 zijn gevangen. De vangsten voor de verschillende locaties, genormaliseerd naar fracties, waren niet significant verschillend ($p = 0.32$). Hoewel er geen significant verschil is bevat locatie nummer 7 minder botlarven dan de andere locaties (10-12% minder dan de andere locaties). Het aantal waarneming is echter te beperkt om hier betrouwbare uitspraken over te doen.

Glasaal

De vangsten genormaliseerd naar fracties waren significant verschillend ($p < 0.01$). Echter in de post hoc zijn geen significante verschillen gevonden tussen de locaties (*Tabel 7*). Dat betekent waarschijnlijk dat de verschillen tussen de vangsten waarschijnlijk te beperkt waren om in post hoc analyse verschillen te vinden. Wanneer we afgaan op de grafiek zoals *Figuur 3-19*, dan vinden we hogere vangsten (in fracties) in de locatie 4, 6, 7 en in mindere mate locatie 3, ofwel de locaties in de zuidelijke helft van de spuikom. Opvallend is dat de vangst in de zuidelijke locaties naarmate de tijd vordert groter wordt, en dat de dag met sterke noordelijke wind (dag 4), juist de noordelijke locaties meer vangsten laten zien (*Figuur 3-20*).

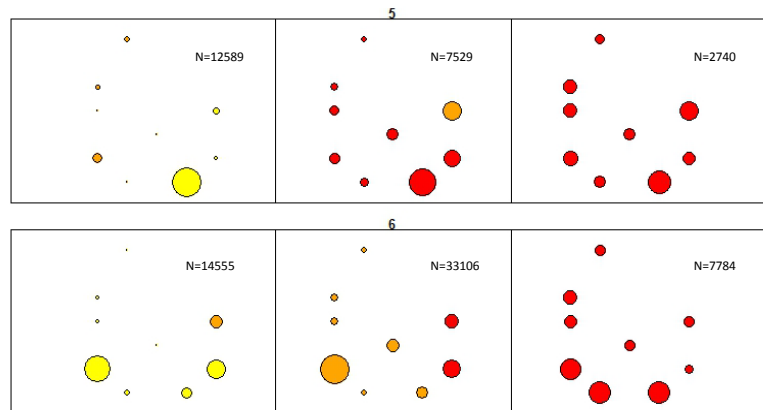
Spiering

De vangsten genormaliseerd naar fracties waren niet significant verschillend ($p = 0.18$) tussen de locaties. Hoewel er geen significant verschil is op locatie nummer 7 (hoek, zuid west) meer spiering gevangen dan op de andere locaties.

Spiering is in de fuikenvisserij voornamelijk in week 11 (maart) gevangen (*Figuur 3-3*). In week 12 namen de vangsten al behoorlijk af. Het is zeer aannemelijk dat de kruisnetten visserij de piek van spiering heeft gemist. De gebr. van Malsen geven aan dat spiering zich normaal gesproken gedraagt zoals we dit hebben waargenomen bij haring op de dagen 5 en 6. Dat betekent dat zich veel spiering zich zou ophouden nabij de deuren.

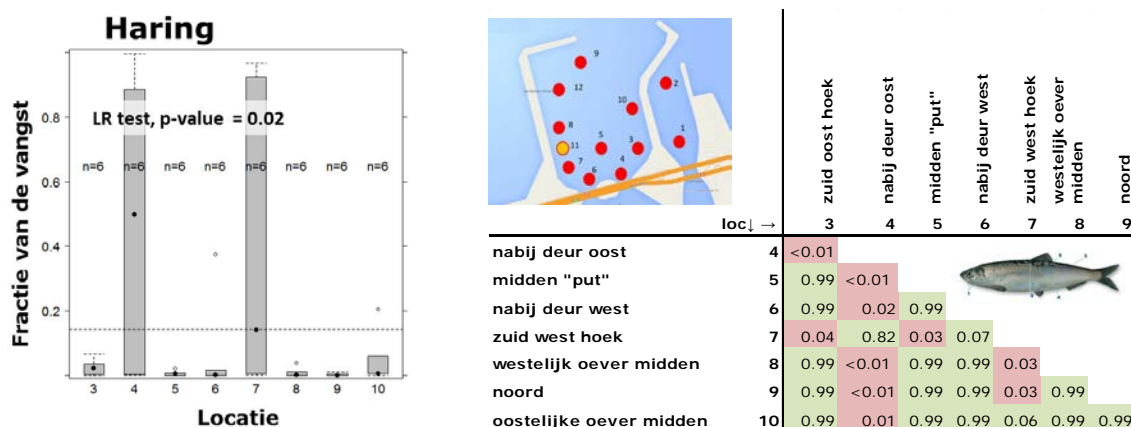
Haring

Hoewel haring geen doelsoort is voor de VMR, zal het wel een gebruiker van de VMR worden. Haring werd op dag 5 en 6 in grote aantallen gevangen ten zuiden van de spuikom (Figuur 3-21) op de locaties 4 en 7. De beroepsvissers gaven aan dat een soort als spiering zich op een zelfde manier gedragen als haring dat deed op deze twee dagen. Om deze reden hebben we eenzelfde analyse uitgevoerd voor haring.



Figuur 3-21 Ruimtelijke verdeling van haring. De cirkels stellen de vangsten per locatie voor uitgedrukt $\log(n+1)$. Links naar rechts: run 1, 2 en 3, boven naar beneden: dag 5 en 6. NB de grootte van de cirkels is de relatieve verdeling per dag.

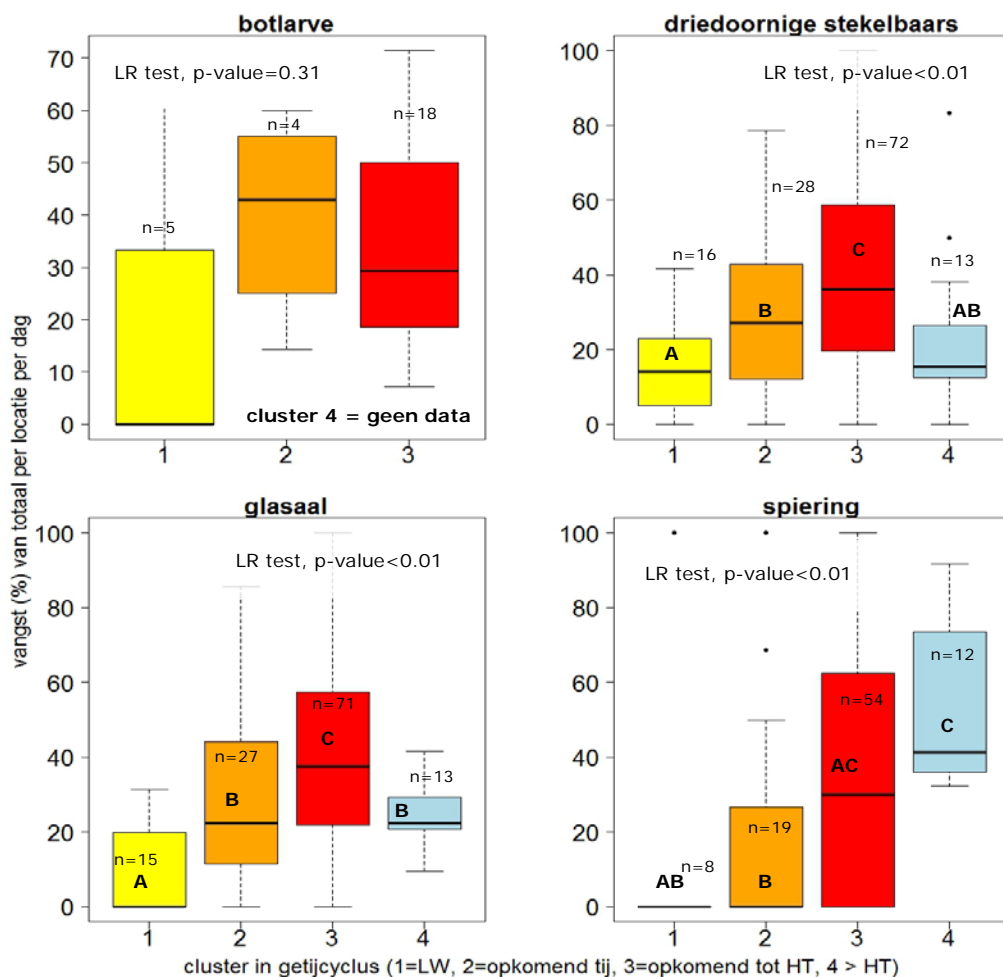
De vangsten genormaliseerd naar fracties zijn significant verschillend ($p=0.02$) tussen de locaties. Hierbij is locatie 4 significant verschillend van alle andere locaties en locatie 7 verschilt niet van locaties 4 (oost deur), 6 (west deur) en 10 (westelijke oever) (Figuur 3-22). Dit betekent dat de gevangen haring zich meer ophield nabij de zuid westelijke hoek van de spuikom en de oostelijke deur. Echter de sample size is dusdanig klein dat er voorzichtig moet worden omgesprongen met deze uitkomst. Duidelijk mag zijn dat de locaties 4 en 7 eruit springen in aantallen (Tabel 6). De verspreidingsdynamiek voor haring lijkt zeer groot in de zuidelijke helft van de spuikom, gezien de wisselende vangsten tussen de locaties op de verschillende dagen.



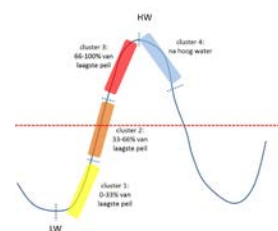
Figuur 3-22 De fractie van de vangst van haring verdeeld over de acht locaties (3-10). De stippelijntje in elke grafiek geeft de 13% (of 1/8) weer. Wanneer er geen significant verschil in de vangsten zou zijn geweest is de vangst gelijk verdeeld over de locaties, ofwel 1/8 van de vangst per locatie. In de rechter tabel zijn de post hoc testen weergegeven (paarsgewijze t test: Benjamini & Hochberg methode), waarbij de cellen met een significant verschil rood zijn gekleurd.

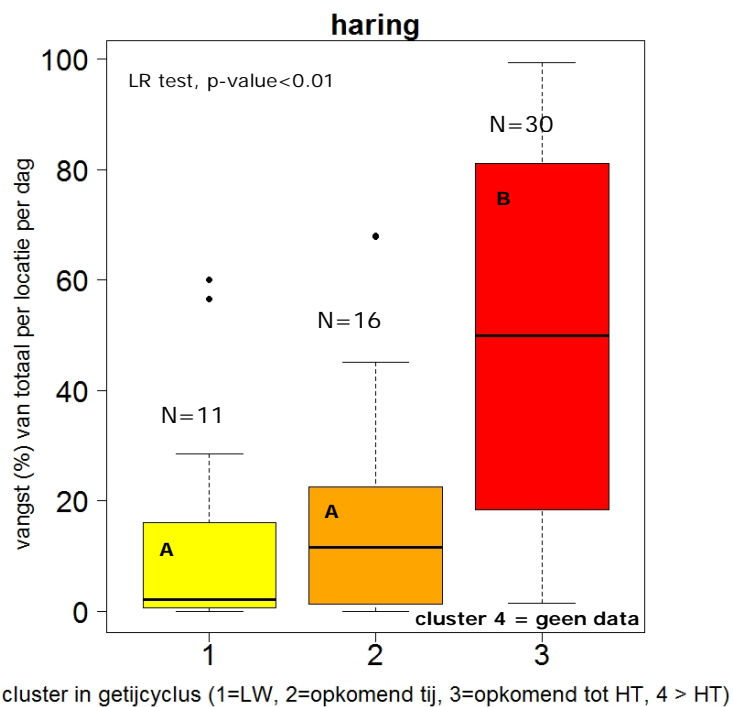
Vangsten in het getij

Voor de soorten driedoornige stekelbaars, glasaal en spiering zijn er significante verschillen gevonden in de vangsten en de fase in het getij (Figuur 3-23). Dag 4 is in de analyse (Figuur 3-23) buiten beschouwing gelaten, omdat er in tegenstelling tot de andere dagen, slechts twee runs afgewerkt konden worden. Botlarven worden gedurende het getij in gelijke fracties gevangen ($p=0.31$). Voor *driedoornige stekelbaars* geldt dat er naarmate het getij richting hoog water gaat, er ook meer vissen zijn gevangen. Hierbij zijn de fases 1 – 3 allen verschillend van elkaar ($p<0.01$). Na hoog water (fase 4), zijn de vangsten zijn de vangsten significant lager dan de fase 3, vlak voor hoog water. Fase 4 is gelijk aan de vangsten van fase 2 en 3. Voor glasaal geldt eveneens significant meer vangsten naarmate het getij vordert ($p<0.05$). De vangsten na hoogwater (fase 4) zijn gelijk aan fase 2, maar verschillend aan fase 1 en 3 ($p<0.01$). Spiering is anders dan driedoornige stekelbaars en glasaal. Spiering wordt ook na hoogwater (fase 4) in gelijke hoeveelheden als in fase 3 ($p=0.12$) gevangen. Daarnaast worden er meer spieringen gevangen in fase 3 vergeleken met fase 2 ($p=0.02$).



Figuur 3-23 vangsten voor botlarven, driedoornige stekelbaars, glasaal en spiering in het getij, waarbij het getij is opgedeeld in vier clusters (cluster 1= laagwater tot 33% van laagwater, 2 = 33-66% vanaf het laagste waterpeil, 3=66-100% vanaf het laagste waterpeil en 4= na hoog water). De vangsten zijn in percentages uitgedrukt, waar bij voor elke meetdag, per locatie en per run de procentuele verdeling van de vangsten is uitgerekend ten opzichte van het maximaal. De figuren geven alleen van de locaties 3 t/m 12 weer (spuikom). NB Dag 4 is buiten beschouwing gelaten doordat run 3 mist. Wanneer er geen doelsoort in alle drie de runs is gevangen is de data ook buiten beschouwing gelaten. De letters behorend bij de boxen geven een eventueel significant verschil weer.





Figuur 3-24 vangsten voor haring in het getij, waarbij het getij is opgedeeld in vier clusters (cluster 1= laagwater tot 33% van laagwater, 2 = 33-66% vanaf het laagste waterpeil, 3=66-100% vanaf het laagste waterpeil en 4= na hoog water). De vangsten zijn in percentages uitgedrukt, waar bij voor elke meetdag, per locatie en per run de procentuele verdeling van de vangsten is uitgerekend ten opzichte van het maximaal. De figuren geven alleen van de locaties 3 t/m 12 weer (spuikom). De data is geput uit dag 5 en 6 waar bijna alle haring is gevangen. De letters in de boxen geven een eventueel significant verschil weer.

Voor haring geldt dat er significant meer is gevangen (fase 3) vlak voor hoog water dan tijdens lager water (fase 1 en 2). Er zijn op dag 5 en 6 geen metingen gedaan na hoogwater (*Figuur 3-21*). Bij alle interpretatie van de vangsten in het getij moet rekening worden gehouden dat de dataset beperkt is en er bij de verschillende dagen diverse factoren meespelen die van invloed zouden kunnen zijn op de resultaten.



Foto's van haringen gevangen op dag 6 op locatie 7 (run 2). Totaal zijn er middels subsampling ruim 30.000 exemplaren geteld in één trek van het grote kruisnet. De deuren van de twee open spuikokers waren hier net een paar minuten dicht. Foto's IMARES (Betty van Os-Koomen).

3.2.5 Resultaten DIDSON

De resultaten van de DIDSON observaties geven geen verschil op te leveren in aantallen vis tussen de oostelijke en westelijke locaties (Tabel 8). De aantallen vis bij de oostelijke en de westelijke locaties verschillen echter wel per dag, waarbij er soms meer oostelijk en soms meer westelijk werd gezien. Over het algemeen zijn er veel minder vissen waargenomen op locaties 9 (noordelijkste punt) en locatie 12 (één na noordelijkste punt aan de west oever ten opzichte alle andere locaties in de spuikom. Daarnaast is het opvallende dat de opbouw in de tijd op de locatie 4 (nabij oostelijke deur) en locatie 6 (nabij westelijk deur) erg kan verschillen en lijkt op te lopen in de tijd. Zo werden er tijdens run 1 op dag 6 bij locatie 4 nauwelijks vissen waargenomen, terwijl bij run 2 en 3 er 100en tot 10000en zijn gezien. Dit is te verklaren dat ten tijde van run 1 er op die dag één koker open stond en spuide en bij de andere runs de kokers dichtwaren. Op diezelfde dag zijn namelijk op locatie 7 nabij locatie 6 wel enorme aantallen vis gezien tijdens run 1 (Figuur 3-25).

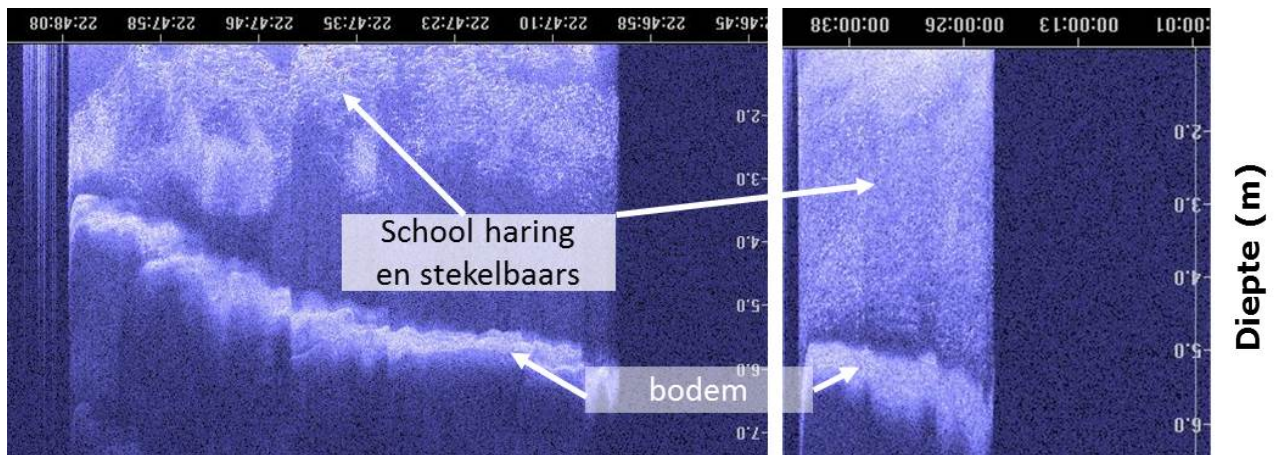
Tabel 8 Tabel met DIDSON observaties op dag 3, 5 en 6 per locatie en run. De laatste kolom geeft de eventuele verschillen weer tussen locaties die met elkaar zijn vergeleken (oost en west).

			Run1	Run2	Run3	Impressie
oost (3) - west (7) "hoek"	dag 3	loc 3	>10000	>10000	1000-10000	loc 3 meer
		loc 7	10-100	1000-10000	100-1000	
	dag 5	loc 3	100-1000	100-1000	10-100	loc 3 lichtelijk meer
		loc 7	10-100	10-100	1000-10000	
	dag 6	loc 3	10-100	1000-10000	10-100	loc 7 meer
		loc 7	>10000	>10000	>10000	
oost (10) - west (8) "midden"	dag 3	loc 8	1000-10000	1000-10000	1000-10000	loc 8 lichtelijk meer
		loc 10	>10000	1000-10000	>10000	
	dag 5	loc 8	1000-10000	100-1000	1000-10000	vergelijkbaar
		loc 10	100-1000	1000-10000	NA	
	dag 6	loc 8	100-1000	1000-10000	1000-10000	loc 10 lichtelijk meer (run 1 & 2)
		loc 10	>10000	1000-10000	100-1000	
oost (4) - west (6) "deur"	dag 3	loc 4	1000-10000	100-1000	1000-10000	loc 6 lichtelijk meer
		loc 6	100-1000	>10000	1000-10000	
	dag 5	loc 4	>10000	>10000	100-1000	loc 4 meer
		loc 6	100-1000	100-1000	100-1000	
	dag 6	loc 4	NA	10-100	10-100	loc 6 meer
		loc 6	10-100	100-1000	>10000	
noord (9&12) - midden (5)	dag 3	loc 5	>10000	1000-10000	1000-10000	loc 5 meer
		loc 9	100-1000	100-1000	100-1000	
		loc 12	10-100	100-1000	100-1000	
	dag 5	loc 5	100-1000	1000-10000	1000-10000	loc 5 meer
		loc 9	1-10	NA	10-100	
		loc 12	10-100	10-100	10-100	
	dag 6	loc 5	NA	1000-10000	1000-10000	loc 5 meer
		loc 9	1-10	10-100	10-100	
		loc 12	10-100	10-100	1000-10000	
		loc 12	10-100	10-100	1000-10000	

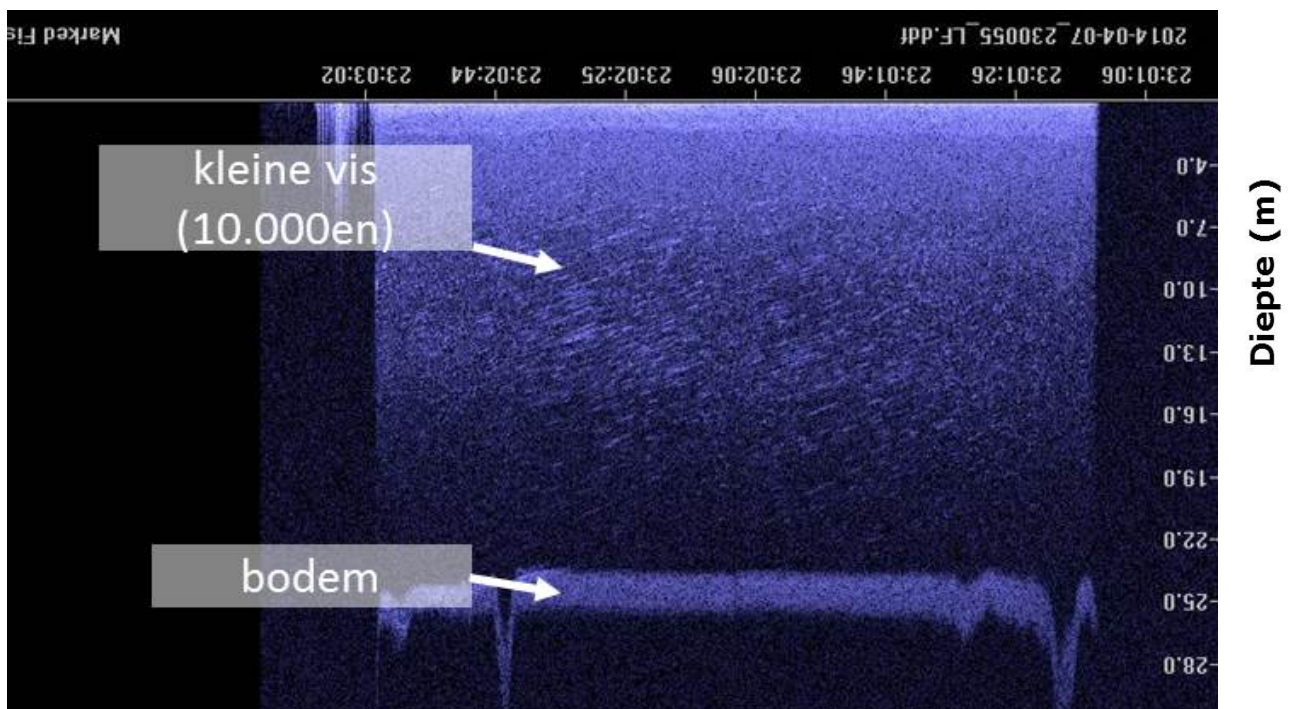
Op basis van de DIDSON observaties lijken er geen duidelijke patronen in de verticale distributie zichtbaar in de waarnemingen van vissen in de tijd (Tabel 9). Het meest is waargenomen dat de vissen gelijk verdeeld waren over de waterkolom waarbij ze soms lichtelijk op de bodem, pelagisch of op de oppervlakte waren georiënteerd (Figuur 3-25 t/m Figuur 3-28).

Tabel 9 DIDSON observaties op dag 3, 5 en 6 per run met de verticale distributie van de vissen. De getallen geven het aantal observaties weer over de geobserveerde locaties.

Orientatie	Dag 3			Dag 5			Dag 6		
	run 1	run 2	run 3	run 1	run 2	run 3	run 1	run 2	run 3
bodem	3	4	2				1	2	2
pelagisch	1	1	2	2		2		2	2
gelijk verdeeld	5	4	5	6	7	6	5	5	3
oppervlakte				1	1		1		2



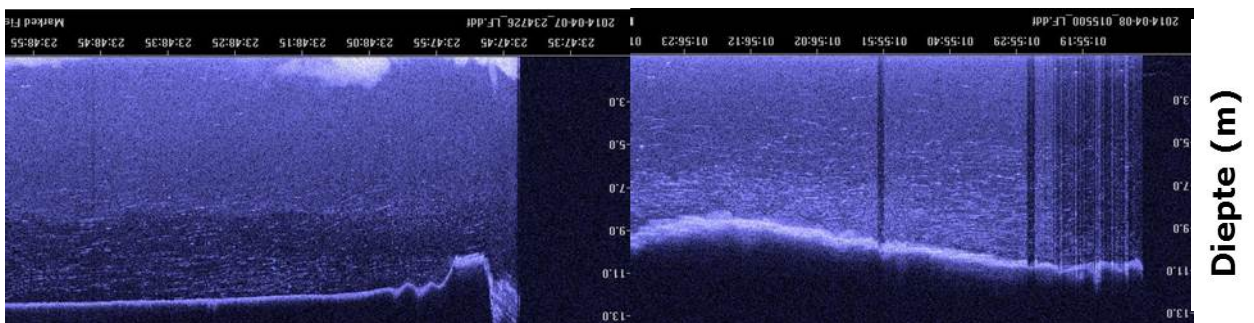
Figuur 3-25 Stills van DIDSON films (echogram) waar grote scholen haring en in mindere mate driedoornige stekelbaars (kruisnetten informatie) zichtbaars is. Links run 1 op 21 mei (dag 6) en rechts run 2. Beide stills zijn gemaakt van locatie 7.



Figuur 3-26 Stills van DIDSON films (echogram) waar er veel vis (10.000en) zichtbaar zijn van bodem tot oppervlakte op 7 april (dag 3) tijdens run 1. De opname is gemaakt bij locatie 5 (diepe "put").



Figuur 3-27 Stills van DIDSON films (echogram) op 7 april (dag 3) waar er veel vis zichtbaar is die op de bodem is georiënteerd gedurende run 1 en 2 (links en midden) en gedurende run 3 (rechts) waarbij bij run 3 de vissen ook lichtelijk pelagisch zijn. De opname is gemaakt bij locatie 10 (oostelijke oever).



Figuur 3-28 Stills van DIDSON films (echogram) op 7 april (dag 3) waar er veel vis zichtbaar is die lichtelijk pelagisch (run 1) en de bodem is georiënteerd (rechts, run 2). De opname is gemaakt bij locatie 6 (nabij westelijke deur).

3.2.6 Discussie en conclusies verspreidingsdynamiek van kleine trekvis bij spui-complex

Kruisnetten: Wat is de ruimtelijke verdeling van driedoornige stekelbaars, glasaal, spiering en botlarven in de spui-kom?

Oost en west

Er is op basis van de resultaten voor alle doelsoorten geen verschil tussen oost en west gevonden. Hierbij zijn de vergelijkbare oostelijke en westelijke locaties met elkaar vergeleken en bepaald of er een significant verschil ($p < 0.05$) is gevonden in de vangsten tussen de locaties. Het gaat om de locaties 3 en 7 (zuidelijke oost en west hoek), 4 en 6 (nabij oost en west deur) en 8 en 10 (midden van de strekdam oost en west). Alleen voor haring (geen doelsoort, maar mogelijk representatief voor spiering en potentieel gebruiker van de VMR), zijn er significant meer haringen voor de oostelijke deur gezien vergeleken met de westelijke deur. Echter het aantal waarnemingen is laag en daarnaast is er bij locatie 7 aan de westelijke oever wel veel haring waargenomen. In absolute termen is het opvallend dat er bij locatie nummer 7 (zuidwestelijke hoek) veel driedoornige stekelbaars, spiering en glasaal is gevangen.

Conclusie: Er is geen significant verschil tussen de oostelijke en de westelijke locaties gevonden. Wel is opvallend dat de zuidwestelijke hoek vaak grote vangsten opleverde in aantallen, maar veelal niet significant meer dan bijvoorbeeld de zuidoostelijke hoek.

Noord en zuid

Voor stekelbaars zijn meer exemplaren gevangen in het zuidelijke deel van de spui-kom vergeleken met de noordelijke locaties, waarbij de zuid-westelijke hoek de hoogste vangsten liet zien. Het voorkomen van de hoogste dichtheden ('hot spots') voor stekelbaars varieert voor de verschillende meetdagen, maar deze komen vaker voor in het zuidelijke deel en met name het zuid-westelijke deel. Er zijn relatief weinig spieringen gevangen. De lokale beroepsvissers geven aan dat een soort als spiering zich hetzelfde zou gedragen als dat wij dit zien bij haring. Voor haring (geen directe doelsoort, maar wellicht representatief voor spiering en potentiële gebruiker van de VMR), is een enorm verschil gevonden tussen de zuidelijke locaties (nabij oostelijke deur en zuidwestelijke hoek) waar veel exemplaren zijn gevangen, en alle noordelijke locaties, waar nauwelijks haring is gevangen. Opvallend is de waarneming tijdens run 1 op dag 4 waarbij relatief veel glasalen in de noordelijke hoek gevangen is, evenals driedoornige stekelbaars (Figuur 3-19). Mogelijk heeft dit te maken met het feit dat dit de enige meetdag was waarbij er een sterke noordelijke wind en golfslag aanwezig was en vis zich leek te concentreren in de luwere noordwesthoek achter de noordelijke strekdam van de spui-kom.

Conclusie: Voor driedoornige stekelbaars is er significant meer gevangen op de zuidelijke locaties dan op de noordelijke locaties. Ook haring (geen doelsoort) laat een nog groter verschil zien (zuidelijk meer exemplaren). Van de andere soorten (glasaal en spiering) zijn er, weliswaar niet significant, indicaties dat de zuidelijke locaties meer vissen bevatten. Effecten van wind en golfslag kunnen van invloed zijn op de verspreiding van vis in de spui-kom.

Het effect van spuien op het voorkomen van vis in de spui-kom

Ook relatief snel na een spui-event (dag 1 en dag 2, Figuur 3-14) worden zwakke zwemmers als glasaal en de iets minder zwakke zwemmers als driedoornige stekelbaars en spiering gevangen midden in de spui-kom (botlarven zijn gedurende deze dagen niet waargenomen). Er lijkt nabij de deuren een opbouw in aantallen plaats te vinden, maar ook op deze locaties waren de vissen al relatief snel aanwezig na het spuien. Stekelbaars (dag 1, 2 en 6) en spiering (dag 1 en 2) lijken zich naarmate de tijd na het sluiten van de spuideuren vordert wel meer richting de deuren te begeven (Figuur 3-19). Op basis van deze resultaten blijkt dat er geen volledige reset (Winter et al. 2014 laat hypothetische scenario's zien)

plaatsvindt, maar een deel van de aanwezige vissen zullen zich tijdens het spuien elders in de spuikom (zijanten of op de bodem) ophouden. Een ander scenario is dat vissen volledig weggespoeld worden, maar na het spuien relatief snel ook weer de weg terug vinden in de spuikom. Dit is denkbaar voor een soort als (grotere) spiering, maar voor driedoornige stekelbaars, glasaal en botlarven lijkt het onwaarschijnlijk dat zij binnen een 1-2 uur heel gericht een afstand van minimaal 600-700m afleggen (afstand buiten de spuikom en deuren). Dat de waarheid ergens in het midden ligt blijkt uit het feit dat er in run 1 op dag 1 en 2 vissen (glasaal en stekelbaars) zijn gevangen op de locaties nabij de deuren en op locatie 5, midden in de spuikom. Op deze locatie 5 lijkt zelfs een afname in absolute aantallen in glasalen en driedoornige stekelbaars plaats te vinden gedurende de tijd vordert na het sluiten van de deuren.

De waarnemingen van grote aantallen kleine haring duiden erop dat relatief zwakke zwemmers worden aangetrokken door het spuien van zoet water en hun doorgang richting het IJsselmeer proberen te vinden. Zij hielden zich voornamelijk op naast de stroming ten tijde van het spuien (dag 6). Op dit moment waren niet of nauwelijks haringen zichtbaar op de noordelijkere locaties (*Figuur 3-19*, dag 6). Op dag 5 waren zij ook aanwezig in grote aantallen, maar werd er niet gespuid.

Conclusie: Het feit dat glasalen in toenemende mate zijn gevangen nabij de deuren en in afnemende aantallen in het midden van de spuikom, relatief vlak na een spui-event, geeft aan dat er geen volledige reset plaatsvindt. Spiering en stekelbaars zijn aanwezig, ook vlak na het spuien, maar begeven zich wel meer richting de deuren naarmate de tijd na sluiting vordert. In hoeverre en welk aandeel van de aanwezige vissen door het spuien wel de spuikom uitspoelt is onbekend.

Kruisnetten: Hoe verschillen de vangsten van de doelsoorten in het getij?

Over het algemeen zijn de meeste vissen zijn gevangen gedurende de periode vlak voor hoog water. Hierbij moet wel vermeldt worden dat de periode vlak voor hoogwater (fase 3) ook de meeste metingen bevat en daarnaast is deze periode ook minder blootgesteld aan spui-events ten tijde van de monitoring, dan de fase 1 en fase 2. Beide zijn van invloed op het resultaat. Echter, de afnemende vangsten na hoog water laten zien dat de theorie rondom selectief getijdentransport voor soorten als glasaal en driedoornige stekelbaars ook in de spuikom lijkt op te gaan. Dit houdt in dat vissen gedurende het getij zich meer in de waterkolom begeven. De soorten spiering en haring worden ook met hoog water en zelfs ook na hoog water (spiering) in relatief grotere aantallen gevangen. Het lijkt erop dat deze vissen ook gebruik maken van selectief getijdentransport, maar ook na hoog water zich goed kunnen handhaven in de spuikom. De resultaten op dag 4 wijzen erop dat voor glasaal, stekelbaars en botlarve de periode na hoogwater (fase 4) de vangsten gelijk kunnen zijn aan de periode voor hoogwater (fase 3). Mogelijk speelt wind en bijbehorende golfslag hier ook een rol in.

Conclusie: Het principe van selectief getijdentransport vindt ook plaats in de spuikom. Dit was zichtbaar in grotere vangsten naarmate het tij vorderde. De grootste vangsten van glasalen en driedoornige stekelbaars zijn gedaan in de periode voor hoog water. Na hoog water namen de vangsten voor deze soorten over het algemeen af. Soorten als spiering en haring werden ook meer gevangen naarmate het waterpeil steeg, met dit verschil dat spiering ook na hoog water in gelijke aantallen is gevangen als de periode voor hoogwater. Op de dagen dat haring is gevangen is er niet na hoog water bemonsterd.

DIDSON: Wat is de verticale distributie van vissen in de spuikom?

De DIDSON waarnemingen op dag 3, 5 en 6 laten geen duidelijk patroon zien in de verticale distributie van vissen in de waterkolom. Over het algemeen waren gedurende de runs veel vis te zien verspreid over de hele waterkolom. Op sommige locaties waren vissen relatief meer op de bodem georiënteerd

gedurende alle drie de runs (Figuur 3-27). Op DIDSON zijn alleen vissen zichtbaar van rond de 10 cm, waarbij glasalen niet kunnen worden gezien. De waargenomen soorten zullen voornamelijk driedoornige stekelbaars, haring en spiering zijn geweest. Er zijn geen waarnemingen op deze dagen na hoog water gedaan. De vissen zijn met opkomend water over het algemeen pelagisch georiënteerd of gelijk verdeeld over de gehele waterkolom.

Conclusie: De DIDSON waarnemingen geven aan dat vissen (+/- 10 cm) over het algemeen gelijk verdeeld zijn over de gehele waterkolom. In sommige gevallen is er een lichtelijk pelagische, bodem of oppervlakte oriëntatie.

DIDSON: Zijn er verschillen in aantallen vis per locatie?

De DIDSON waarnemingen laten zien dat er geen duidelijk verschil is tussen de oostelijke en de westelijke locaties. De aantallen vis tussen oost en west kan wel per dag verschillen, maar over het algemeen komen ze zowel oost als west voor. Wel werden er opvallend minder vissen gezien op de twee noordelijke locaties ten opzichte van alle andere negen zuidelijke locaties.

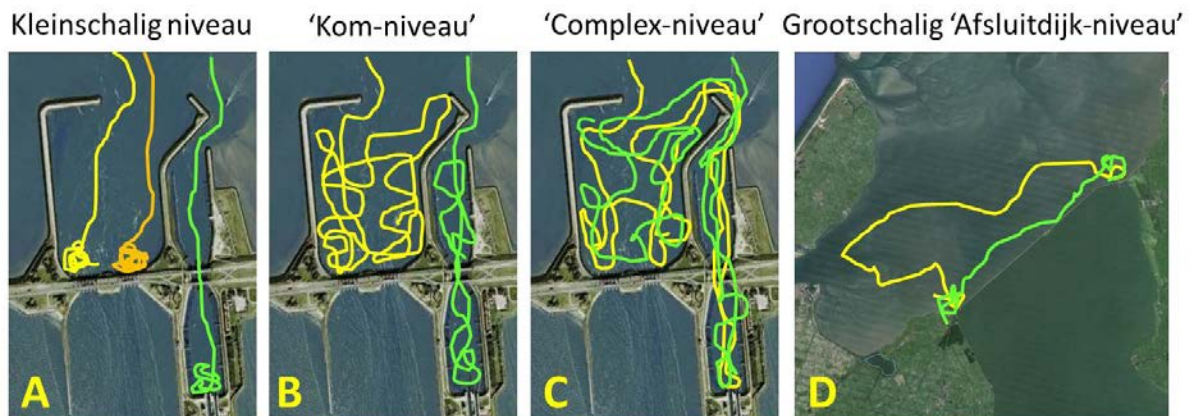
Conclusie: Er is geen verschil waargenomen tussen de oostelijke en de westelijke locaties. Wel zijn er meer vissen waargenomen in de zuidelijke locaties (negen locaties) (vanaf het midden van de strekdammen gezien) ten opzichte van de noordelijke locaties (twee locaties).

3.3 Gedrag en intrek succes van zeeprrik, houting en zeeforel (zender-onderzoek)

3.3.1 Inleiding

Over het gedrag van individuen vis bij zoet-zout barrières is nog weinig bekend (Winter et al. 2014). Op welk schaalniveau vis zoekt, hoe lang en welke factoren het gedrag beïnvloedt is van belang voor het vinden van de ingang van de VMR of andere potentiële intrek routes. In het bronnenonderzoek hebben we hypothetisch verschillende schaalniveaus van actief zoekgedrag weergegeven (Figuur 3-29):

- A) Op het kleinste schaalniveau kan men denken aan vissen die zich ophopen bij de deur en zeer lokaal ter plekke zoeken/wachten. Deze ophoping van vis kan plaatsvinden voor deuren of voor de schutsluizen. Wanneer er bijvoorbeeld zowel bij de westelijke als de oostelijke kant concentraties plaatsvinden en de VMR ingang is aan de westelijke kant gepositioneerd, is het niet ondenkbaar dat de concentratie vis aan de oostelijke oever niet wordt bediend door de VMR.
- B) Het tweede schaalniveau van zoekgedrag is het zoeken van migratie mogelijkheden in de spuikom of nabij de scheepvaartsluis. Dit gedrag is eigenlijk een 'random' zoekgedrag waarbij de kans op het vinden van de ingang van de VMR afhankelijk zal zijn van het oppikken van de zoete lokstroom tijdens het zoeken in de spuikom. Dit kan zowel voor, tijdens, als na het spuien.
- C) Het derde schaalniveau van zoekgedrag is het zoeken van migratie mogelijkheden binnen het spuicomplex, maar tussen de spuikom en de 'haven' voor de schutsluizen. Vissen kunnen bij gebrek aan migratie mogelijkheden zoeken tussen deze twee mogelijkheden waarbij de kans op het vinden van de ingang van de VMR afhankelijk zal zijn van het oppikken van de zoete lokstroom tijdens het zoeken in de spuikom. Dit geldt bijvoorbeeld voor rivierprrik die via merk-terugvangst registratie van de 'haven' terug is gezwommen naar de spuikom.
- D) Het laatste niveau van zoekgedrag kan zijn dat vissen bij weinig succes van migratiemogelijkheden van het ene naar het andere spuicomplex zwemmen.



Figuur 3-29 Hypothese vorming van zoekgedrag door vis die actief zoekt naar migratiemogelijkheden van kleinschalig niveau (A) tot aan grootschalig Afsluitdijk niveau (D) uit Winter et al. 2014.

Naast het gedrag van trekvis in en nabij het spuicomplex, waarvan het belangrijk is om inzicht in te krijgen om een zo groot mogelijke 'aantrekkings-efficiëntie' van de VMR te creëren, is de ook de huidige intrekefficiëntie van veel trekvissoorten bij de Afsluitdijk nog onbekend (Winter et al. 2014). Onderzoek met zenders (telemetrie) biedt de mogelijkheid om gericht onderzoek te doen aan zowel het gedrag aan de Waddenzee-zijde als het bepalen welke deel succesvol het IJsselmeer in trekt. Zenderonderzoek kan alleen worden uitgevoerd bij vissen die voldoende groot zijn om een zender mee te dragen zonder dat dit hun gedrag beïnvloedt. In het voorjaar van 2014 is een zenderstudie uitgevoerd met een netwerk aan

detectiestations aan zowel de IJsselmeerzijde als de Waddenzee-zijde van de spuilsuizen en de scheepvaartsluis bij Kornwerderzand. Hierbij is akoestische telemetrie gebruikt. De lokale omstandigheden in met name de spuikom met periodiek zeer sterke stroming en turbulentie zijn uitdagend, en dit onderzoek zal ook uitwijzen in hoeverre deze zender-techniek gebruikt kan worden in en rond het spui-complex van Kornwerderzand. De hoofddoelsoort is zeeprk, omdat het voorjaar voor deze soort een belangrijke intrekperiode is, maar ook andere trekvissoorten die in deze periode binnen andere programma-onderdelen van het VMR onderzoek werden gevangen zijn gebruikt voor dit zenderonderzoek.

3.3.2 Methode telemetrie

Voor het uitvoeren van dit zenderonderzoek is gekozen voor akoestische telemetrie met VEMCO VR2W receivers (ontvangers). Deze zijn eenvoudig te plaatsen, werken goed in zowel zoet als zout water, en in diep water. Deze ontvangers registreren het ID nummer van de gezenderde vissen met de bijbehorende tijd wanneer deze binnen de detectie range van de receiver zwemmen. Een VR2W receiver bestaat uit een hydrofoon/ receiver, ID detector, data logger en geheugen. Dit is alles zit in een behuizing die onderwater kan worden geplaatst (zie foto).



Foto: VEMCO VR2W receiver (links) en de in deze studie gebruikte zender V7 (rechts, rood omcirkeld).

Om het gedrag van gezenderde vissen in en rond het spuicomplex van Kornwerderzand (inclusief scheepvaartsluis) te kunnen volgen en het intreksucces te kunnen meten is een netwerk van 19 VEMCO VR2W receivers geplaatst: zes in het IJsselmeer waarvan één bij de schutsluizen en 13 aan de Waddenzee-zijde waarvan twee voor de schutsluizen. De receivers zijn aan een fuikpaal of een vaste opstelling in het water bevestigd met een tie-wrap met laag water om te voorkomen dat de receivers niet droog komen te staan tijdens laagwater. De receivers zijn geplaatst op 26 maart aan de Waddenzee-zijde en op 10 april IJsselmeer-zijde. De receivers zijn op 12 juni aan de Waddenzee-zijde en 16 juni aan de IJsselmeer-zijde weer opgehaald en uitgelezen.

De gebruikte zenders zijn VEMCO V7 zenders, die geprogrammeerd zijn met een 30-50 seconden random interval tussen het uitzenden van het gecodeerde akoestische signaal dat uniek is voor elke individuele zender. De levensduur van de batterijen is voor deze zenders met deze programmering minimaal 147 dagen. Verder zijn er twee zenders geplaatst op twee vaste locaties in de spuikom (zie *Figuur 3-30*).

Deze twee zenders waren geprogrammeerd met een random interval tussen de 460 en 500 seconden om inzicht te krijgen in variatie in detectieafstand van de zenders door de receivers in de tijd. Bijvoorbeeld turbulentie kan de detectie afstand van een zender door een receiver verkleinen en deze afstand zal tijdens het spuien veel kleiner zijn dan buiten het spuien.

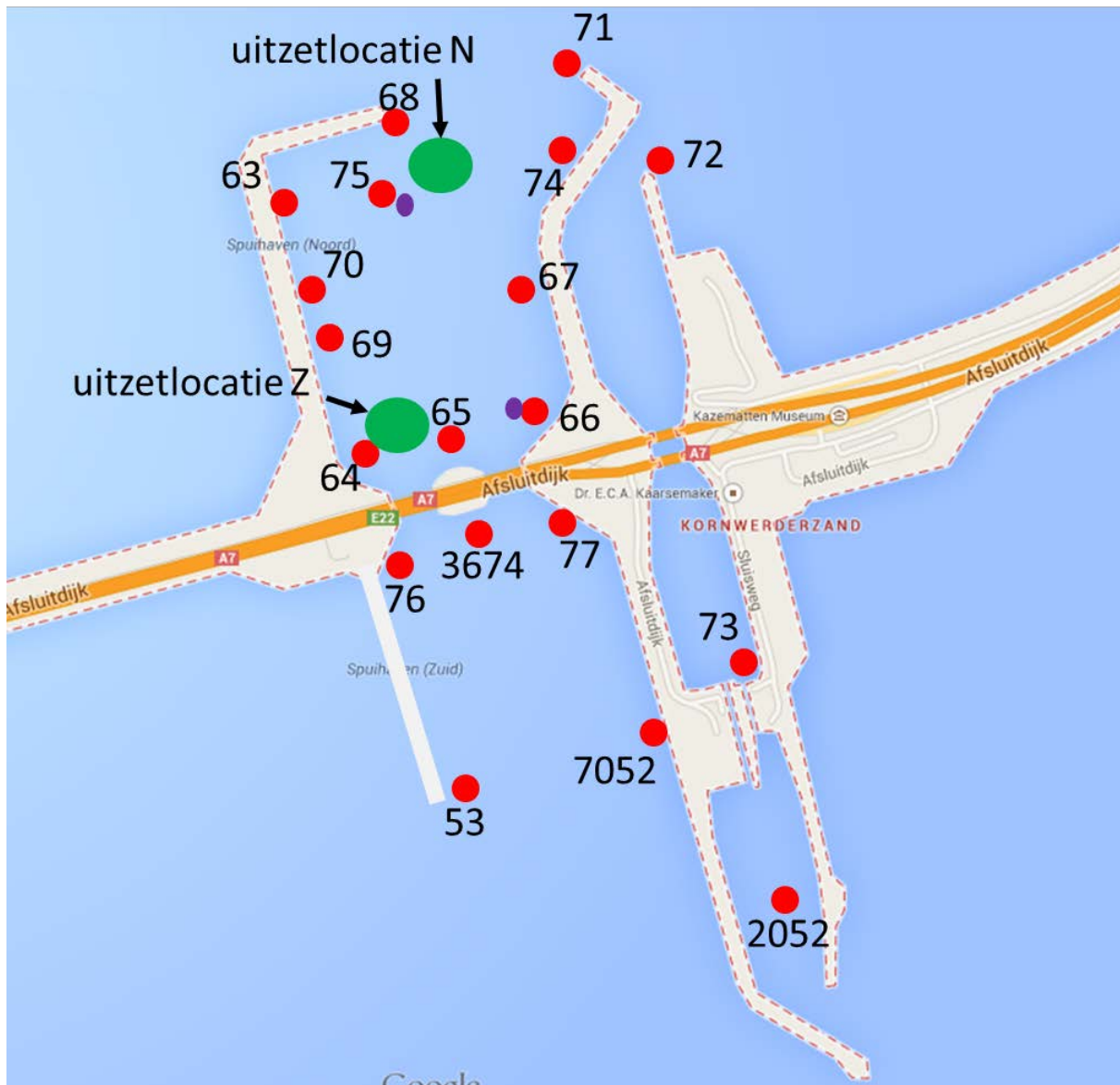


Foto Links: de fuikpalen worden gezet om de receivers te bevestigen (VEMCO receiver is nog zichtbaar). Rechts: alle palen worden voorzien van een duidelijk kenmerk dat ze ingezet zijn voor onderzoek. Foto IMARES (Olvin van Keeken).

De vis is gevangen binnen het fuikenprogramma (alle zeeprík) of met de zegenvisserij (houting en zeeforel) en tijdelijk in opslag gezet in een doorstroomde tank of bun bij Kornwerderzand. Vervolgens is de vis verdoofd met 0.5 mg/l 2-Phenoxy-ethanol en is de zender ingebracht volgens operatie-protocol zoals beschreven in Winter et al. (2008) en conform proefplan dat door de Dier Ethische Commissie is goedgekeurd. De vissen zijn vervolgens uitgezet tussen fuik 5 en paal met receiver 75 (zie *Figuur 3-30*, uitzetlocatie N), met uitzondering van twee zeepríkken op 7 mei die zijn uitgezet bij fuik 3. In totaal zijn 25 volwassen zeepríkken, 5 houtingen en 1 zeeforel gezenderd gedurende de voorjaarsperiode (*Tabel 9*).



Foto: Zeepríkken waren één van de doelsoorten voor de telemetrie studie. Foto's IMARES (Ben Griffioen)



Figuur 3-30 De verdeling van de VEMCO receivers (rode cirkels) die zowel aan de buitenzijde (Waddenzee) als de binnenzijde (IJsselmeerzijde) zijn geplaatst. De figuur geeft ook aan waar de vissen zijn vrijgelaten (groene cirkels). De twee paarse cirkels zijn twee vaste V7 zenders voor het meten van de detectie afstand. Deze twee zenders gaven elke 460 – 500 sec een ping om te bepalen wat het bereik is van de testzenders gedurende verschillende omstandigheden in de spui. Merk op dat detectiestation 73 nog aan de Waddenzeezijde van de scheepvaartsluis ligt.

3.3.3 Resultaten zenderonderzoek

Na afloop van het zender-experiment zijn alle 19 receivers in goed werkende staat weer boven water gekomen en de gegevens zijn succesvol uitgelezen. Er was geen verlies van receivers en geen uitval of niet-functioneren van de receivers ondanks de extreme omstandigheden in dit gebied. Alle gezenderde vissen zijn waargenomen bij tenminste één of meerdere receivers na uitzetting (Tabel 10 en Tabel 12). Er is veel variatie in gedrag tussen de verschillende vissoorten zee-prik, houting en de enkele zeeforel, maar ook binnen dezelfde vissoort waargenomen. Een overzicht van de individuele karakteristieken, telemetriegegevens, het gedrag en intrek succes van elk van de gezenderde vissen is weergegeven in Tabel 10, Tabel 11 en Tabel 12.

Tabel 10 Overzicht van de gezenderde vissoorten, lengte, zendernummer (tag ID), sekse (o: onbekend, m:man, v:vrouw) waar deze is uitgezet, wat de eerste en laatste detectie was, en hoelang de periode tussen eerste en laatste detectie was (duur in uur), het totaal aantal keer dat een zender gedurende die periode is gedetecteerd en of er succesvolle intrek naar het IJsselmeer heeft plaatsgevonden.

Vissoort	Lengte (cm)	Tag ID	Sekse	Uitzet	Eerste detectie (uitzet)	Laatste detectie	Duur (uur)	Aantal detecties IJsselmeer	Intrek
Houting	42	15099	o	fuiK5	17-apr 20:05	7-mei 19:41	479	7297	ja
Houting	39	15100	o	fuiK5	17-apr 20:05	28-apr 1:13	245	10929	ja
Houting	41	15101	o	fuiK5	17-apr 20:14	7-mei 9:31	469	5154	ja
Houting	40	15103	o	fuiK5	17-apr 20:04	11-jun 16:05	1316	17850	nee
Houting	40	15114	o	fuiK5	17-apr 20:05	6-jun 3:14	1183	902	nee
Zeeforel	50	15113	o	fuiK5	17-apr 20:07	2-mei 18:48	358	383	ja
Zeeprík	81	15112	o	fuiK5	10-apr 11:16	19-apr 7:20	212	517	ja
Zeeprík	76	15108	o	fuiK5	10-apr 11:17	11-apr 15:59	28	476	nee
Zeeprík	72	15111	o	fuiK5	10-apr 11:17	16-apr 0:41	133	1201	ja
Zeeprík	74	15109	o	fuiK5	10-apr 11:18	11-apr 21:56	34	167	nee
Zeeprík	83	15107	o	fuiK5	10-apr 11:20	11-apr 22:59	35	1133	ja
Zeeprík	79	15110	o	fuiK5	10-apr 11:23	1-mei 13:07	505	1733	nee
Zeeprík	78	15102	m	fuiK5	17-apr 20:28	25-mei 2:00	893	74	nee
Zeeprík	66	15104	v	fuiK5	28-apr 5:31	12-jun 10:39	1085	3558	nee
Zeeprík	75	15105	m	fuiK5	28-apr 5:36	28-apr 6:49	1	78	nee
Zeeprík	78	15106	m	fuiK5	28-apr 5:37	29-apr 10:40	29	96	nee
Zeeprík	83	15091	v	fuiK5	28-apr 6:04	28-apr 8:19	2	102	nee
Zeeprík	91	15092	v	fuiK5	28-apr 6:10	28-apr 6:48	0	28	nee
Zeeprík	85	15095	m	fuiK5	28-apr 6:32	29-apr 21:06	38	1225	ja
Zeeprík	80	15093	m	fuiK5	28-apr 6:33	28-apr 7:01	0	14	nee
Zeeprík	86	15096	m	fuiK5	28-apr 6:35	28-apr 8:24	1	126	nee
Zeeprík	80	15094	v	fuiK5	28-apr 6:43	28-apr 17:07	10	96	nee
Zeeprík	83	15083	m	fuiK3	7-mei 8:36	7-mei 9:59	1	100	nee
Zeeprík	77	15084	m	fuiK3	7-mei 8:37	16-mei 0:54	208	1556	nee
Zeeprík	71	15085	v	fuiK5	16-mei 8:25	16-mei 9:37	1	70	nee
Zeeprík	78	15086	v	fuiK5	16-mei 8:27	16-mei 13:55	5	356	nee
Zeeprík	74	15089	v	fuiK5	21-mei 19:51	22-mei 14:03	18	203	nee
Zeeprík	86	15088	v	fuiK5	21-mei 20:12	21-mei 20:15	0	4	nee
Zeeprík	81	15090	m	fuiK5	21-mei 21:19	21-mei 23:20	2	66	nee
Zeeprík	77	15097	m	fuiK5	2-jun 6:45	2-jun 8:32	1	24	nee
Zeeprík	86	15087	v	fuiK5	2-jun 6:47	2-jun 7:33	0	6	nee

Tabel 11 Voor elk van gezenderde vissen die succesvol naar het IJsselmeer zijn getrokken is weergegeven door welke receiver zij voor passage als laatste zijn gedetecteerd, door welke receiver als eerste aan de IJsselmeerszijde, op welke tijdstippen dit plaatsvond en welk tijdsinterval tussen beide detecties in lag, waarbinnen passage van Waddenzee-zijde naar IJsselmeer heeft plaatsgevonden.

Vissoort	Tag ID	Laatste station Waddenzijde	Eerste station IJsselmeerszijde	Laatste detectie Waddenzijde	Eerste detectie IJsselmeerszijde	Tijdsinterval passage (min)
Houting	15099	65	77	7-mei 18:34	7-mei 19:02	28
Houting	15100	64	77	27-apr 14:55	27-apr 15:01	6
Houting	15101	65	77	7-mei 8:02	7-mei 8:09	7
Zeeforel	15113	64	76	2-mei 15:07	2-mei 18:18	191
Zeeprík	15095	64	76	29-apr 12:45	29-apr 12:52	7
Zeeprík	15107	64/69	76	10-apr 20:21	10-apr 20:21	1
Zeeprík	15111	64	76	13-apr 2:30	13-apr 2:34	4
Zeeprík	15112	65	77	19-apr 6:35	19-apr 6:47	12

Tabel 12 Overzicht waarbij per gezenderde vis is aangeven bij welke receiver deze is waargenomen gedurende de periode tussen eerste en laatste detectie. De receivers zijn gegroepeerd in deelgebieden.

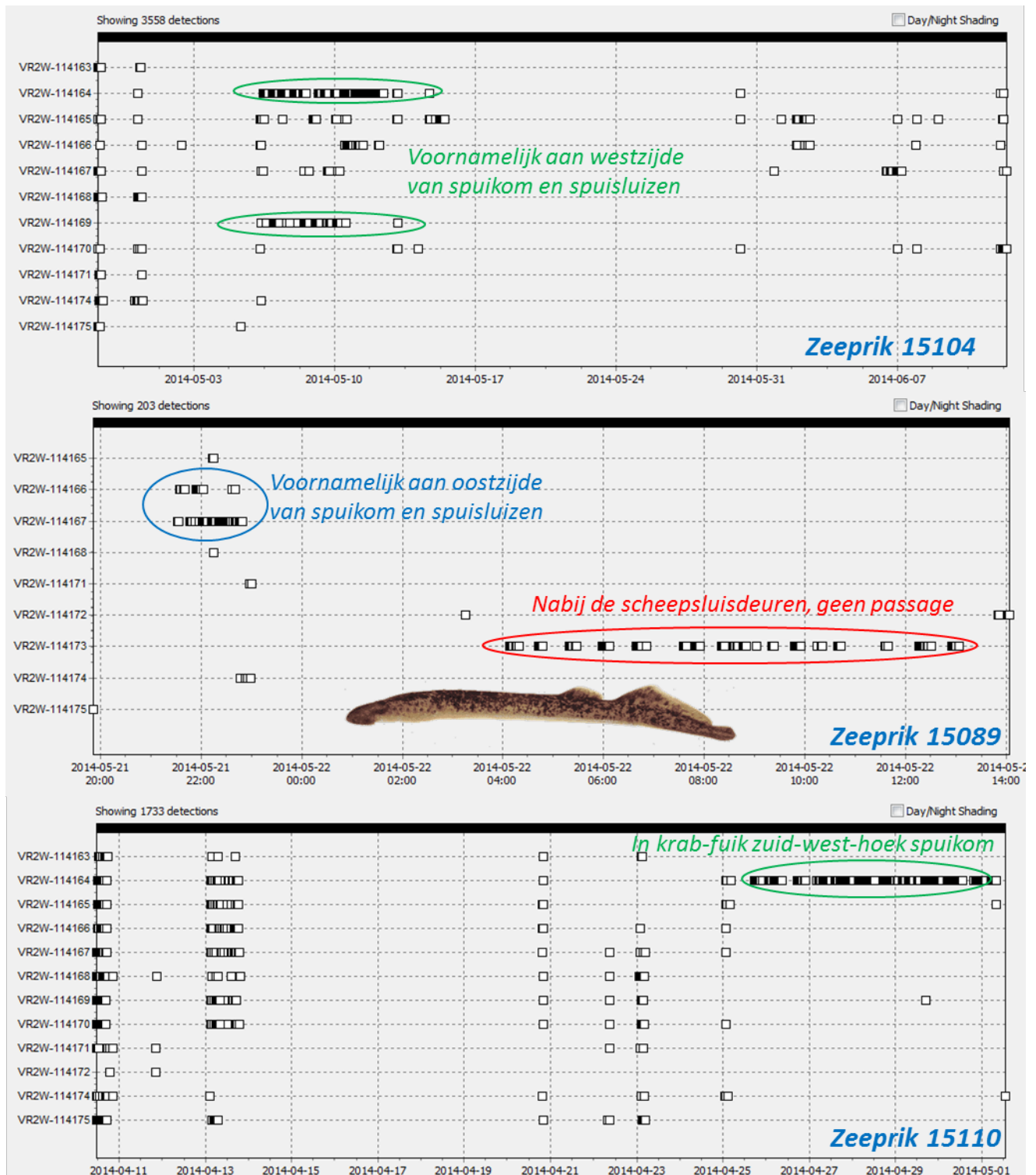
Vissoort	Tag ID	Uitzet (uur)	duur	Aantal maal gezien	Aantal Stations gezien	Spuiikom Noord			Spuiikom West			Spuiikom Oost			Spuiikom Zuid (bij kokers)			IJsselmeer Noord (kokers)			IJsselmeer Zuid		Scheepsluis Wadden		Scheepsluis IJsselmeer
						68	71	75	63	70	69	74	67	64	65	66	76	3674	77	53	7052	72	73	2052	
Houting	15099	17 apr	479	7297	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	
Houting	15100	17 apr	245	10929	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
Houting	15101	17 apr	469	5154	15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	
Houting	15103	17 apr	1316	17850	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
Houting	15114	17 apr	1183	902	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
Zeeforel	15113	17 apr	358	383	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
Zeeprik	15112	10 apr	212	517	15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	
Zeeprik	15108	10 apr	28	476	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zeeprik	15111	10 apr	133	1201	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
Zeeprik	15109	10 apr	34	167	11	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
Zeeprik	15107	10 apr	35	1133	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
Zeeprik	15110	10 apr	505	1733	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
Zeeprik	15102	17 apr	893	74	7	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zeeprik	15104	28 apr	1085	3558	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zeeprik	15105	28 apr	1	78	7	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zeeprik	15106	28 apr	29	96	5	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zeeprik	15091	28 apr	2	102	9	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zeeprik	15092	28 apr	0	28	9	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zeeprik	15095	28 apr	38	1225	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
Zeeprik	15093	28 apr	0	14	3	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zeeprik	15096	28 apr	1	126	9	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zeeprik	15094	28 apr	10	96	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zeeprik	15083	7 mei	1	100	6	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zeeprik	15084	7 mei	208	1556	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zeeprik	15085	16 mei	1	70	10	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zeeprik	15086	16 mei	5	356	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zeeprik	15089	21 mei	18	203	9	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	
Zeeprik	15088	21 mei	0	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zeeprik	15090	21 mei	2	66	10	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zeeprik	15097	2 jun	1	24	6	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zeeprik	15087	2 jun	0	6	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Hieronder worden de resultaten per vissoort verder gepresenteerd en besproken.

Zeeprik

Er zijn in totaal 25 zeeprikken voorzien van een zender verdeeld in verschillende batches gedurende 10 April tot 2 Juni. Van deze 25 zeeprikken zijn er vier succesvol naar het IJsselmeer getrokken, waarvan drie van de negen uit de op 10 April uitgezette groep, één van de negen op 28 April uitgezette groep en geen van de dieren uitgezet op 17 April (totaal 1 ex.), 7 mei (2 ex.), 16 mei (2 ex.), 21 mei (3 ex.) en 2 juni (2 ex.). De periode tussen eerste en laatste detectie (duur dat de vissen gezien zijn, Tabel 10) varieert van minder dan een uur tot 45 dagen. Dertien prikken zijn gedurende enkele uren waargenomen (binnen één getijdencyclus van 12 uur), waarvan er geen succesvol is ingetrokken. Zes zeeprikken zijn gedurende enkele getijdencycli gezien (tot 2 dagen), waarvan er twee succesvol zijn ingetrokken. De overige zes zijn gedurende een langere periode (5 tot 45 dagen) waargenomen, waarvan er twee succesvol zijn binnengetrokken.

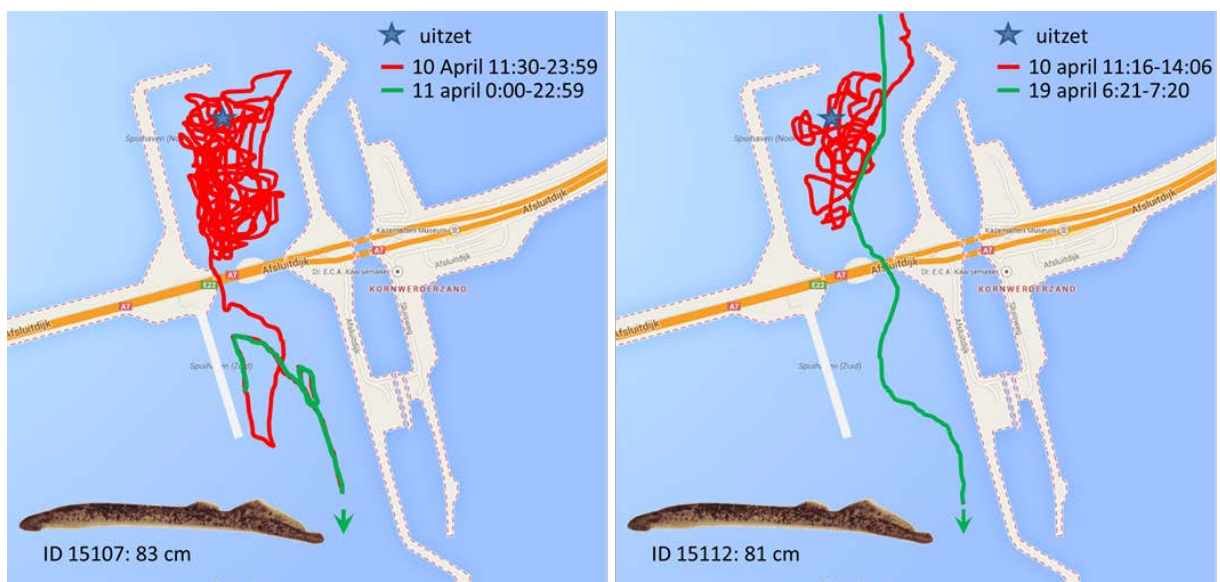
Slechts drie zeeprikken zijn opgedoken bij de ingang van de Waddenzee-zijde van de scheepvaartsluis, waarvan er maar één is doorgezwommen naar de deuren van de scheepvaartsluis en daarna weer is terug gezwommen (Figuur 3-31). De zeeprikken vertoonden in de spuiikom zeer variabel zoekgedrag waarbij sommige individuen maar een deel van de spuiikom bezochten en anderen bij alle detectiestations in de spuiikom zijn gezien, ook als deze voor langere tijd in de spuiikom zijn waargenomen. Als illustratie van ruimtelijke patronen van gedrag in de tijd en de spreiding in individueel gedrag is voor een drietal zeeprikken die gedurende langere periode zijn waargenomen de patronen weergegeven van detecties in tijd (Figuur 3-31).



Figuur 3-31 Overzicht van detecties per station in de tijd (merk op dat datum op x-as verschilt per paneel) voor drie zeeprikken.

De detectiepatronen in de tijd laten zien dat zeeprik typisch perioden van intensief aanwezig zijn in de spuirom afwisselt met perioden van afwezigheid. Aangezien deze aan het eind van een aanwezigheidsperiode en aan het begin van een aanwezigheidsperiode vaak door de noordelijke receivers in spuirom worden gezien, lijkt het waarschijnlijk dat ze de Waddenzee zijn opgezwoomen. De meeste zeeprikken worden in de gehele spuirom aangetroffen en enkele vooral aan oostelijke of westelijke zijde. Er is vrijwel geen zoekgedrag bij de scheepssluis waargenomen. Slechts één zeeprik heeft een ochtend voor de schutsluisdeuren gezocht (Tabel 12, Figuur 3-31). Een andere prik is teruggevangen in een commerciële krabfuik tussen fuiklocatie 3 en de spuiokers en heeft hier gezien de detecties meerdere dagen in gezeten voordat deze fuik is gelicht (Figuur 3-31).

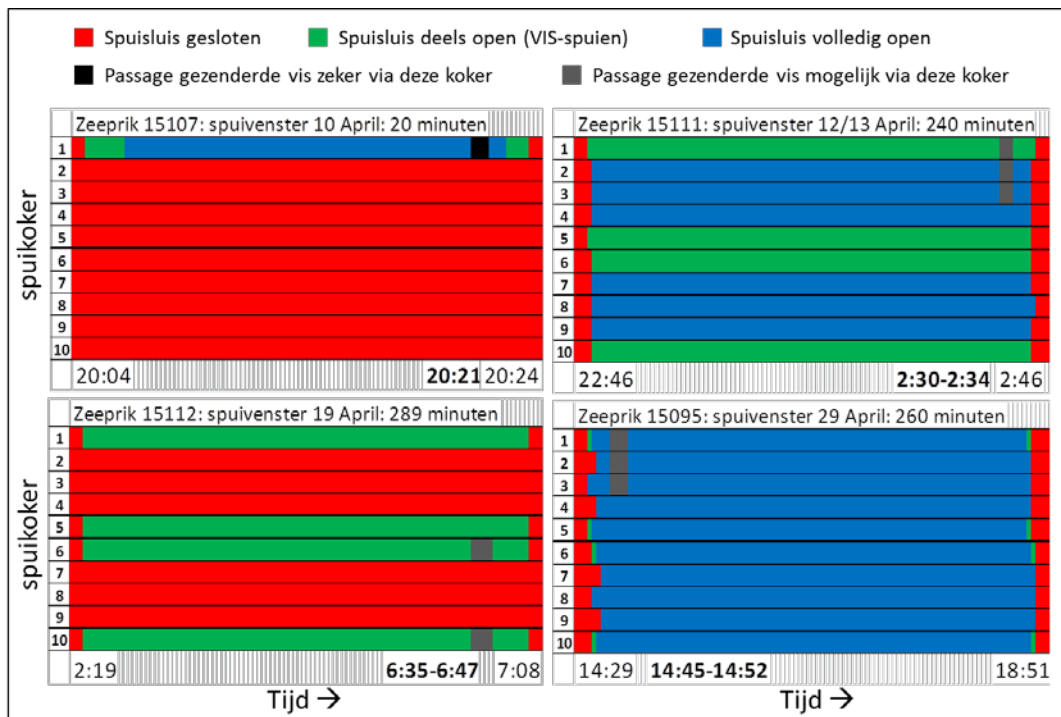
Zeeprikken werden in de spuirom vaak door twee of meer receivers tegelijkertijd waargenomen. De gebruikte opstelling en proefopzet was geen 3D-telemetrie opzet die het mogelijk maakt om een gedetailleerd traject per vis te kunnen vaststellen (zoals bijvoorbeeld voor schieraal is gedaan in het Eemskanaal, Winter et al. 2012), maar de intensiviteit van het netwerk en de simultane detecties door meerdere receivers maakt het wel mogelijk om per minuut een inschatting te maken van de positie van de vis met een nauwkeurigheid grofweg 50-100 m. Hiervan is in Figuur 3-32 voor twee zeeprikken die succesvol zijn binnengehaald een uitgewerkt voorbeeld gegeven. Zeeprik 15107 (Figuur 3—32, rechts) heeft op 10 april ruim 9 uur intensief in de spuirom rondgezwommen en is daarbij bij alle receivers gedetecteerd. Is vervolgens via de spuiokers naar het IJsselmeer gezwommen waar deze nog ruim een dag tussen de strekdammen met receivers in het IJsselmeer aanwezig was voordat deze naar het IJsselmeer zwom. Het tweede voorbeeld (Figuur 3—32, links) laat een zeeprik zien die op 10 april drie uur met name in noordelijke en westelijke deel van de spuirom aanwezig was en toen naar de Waddenzee vertrok om negen dagen later de spuirom weer in te zwemmen en in een tijdsbestek van een uur de spuirom, spuisluizen en instroomgebied van het IJsselmeer door te zwemmen (Figuur 3-32).



Figuur 3-32 Individuele zwempatronen voor twee succesvol ingetrokken zeeprikken. De tracks (posities per minuut) zijn geschat op basis van simultane detecties bij meerdere receivers, waarbij minimaal een onzekerheidsmarge van 50 m moet worden aangehouden, dus de oevers kunnen ook bezocht zijn.

In totaal zijn vier gezenderde zeeprikken succesvol naar binnen getrokken (Tabel 10). Alle vier succesvolle intrekkers zijn via de kokers binnengezwommen en trokken via de kokers naar binnen in korte tijdsintervallen die variëren van binnen een minuut tot maximaal 12 minuten (Tabel 11). We hebben de timing van deze passage tijdsintervallen gecombineerd met de gedetailleerde spuigegevens van Kornwerderzand die ons door Rijkswaterstaat zijn aangeleverd. Voor de gehele periode is

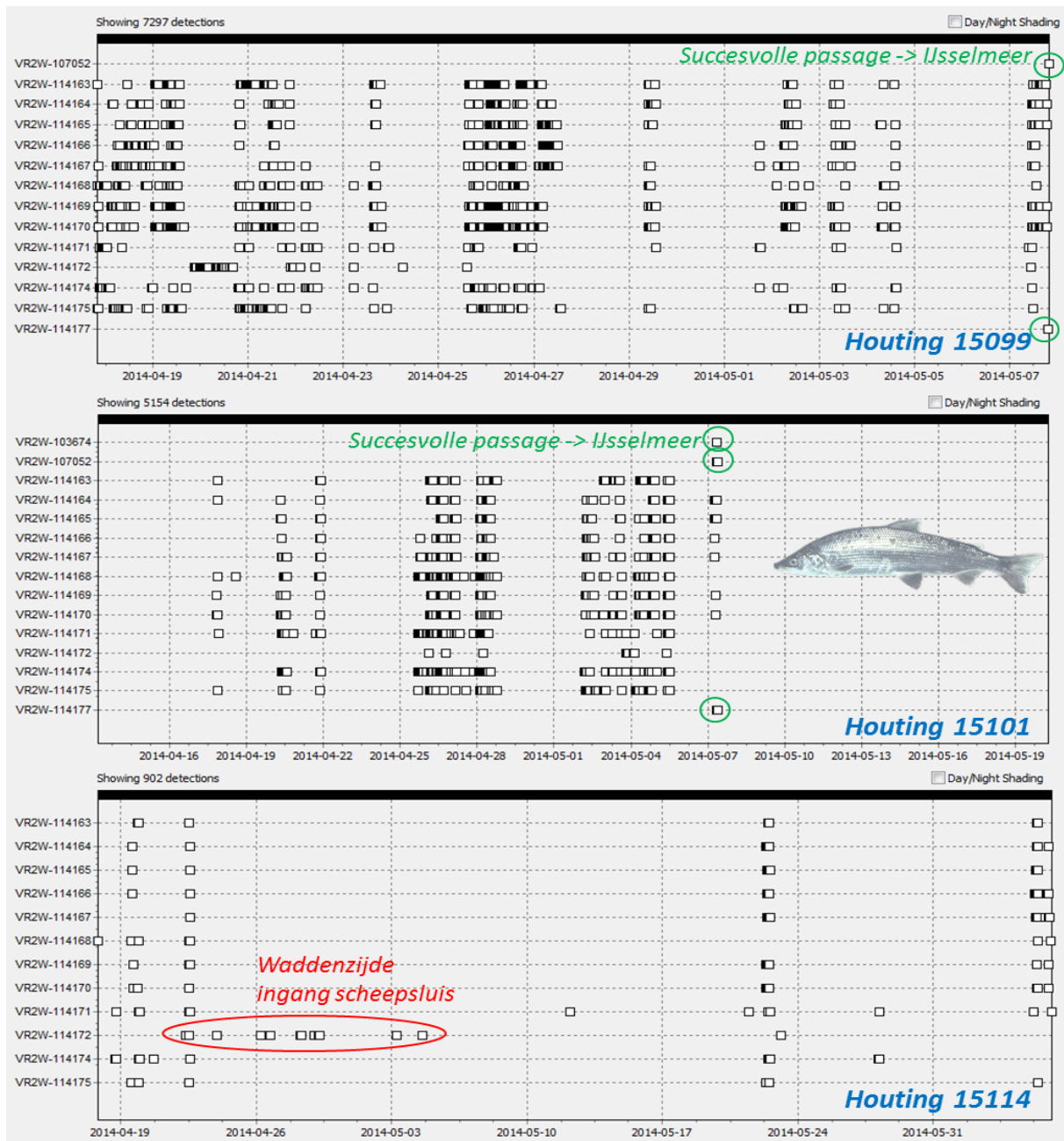
aangegeven wanneer elke spuikoker (genummerd 1 t/m 10 van meest westelijke spuikoker tot meest oostelijke) gesloten was, wanneer deze op een kier van circa 50 cm zoetwater spuide (als onderdeel van het reguliere 'VIS-spuien' dat Rijkswaterstaat hanteert, waarbij intrekende vis meer kans heeft actief in te zwemmen, zie Inleiding op blz. 11) en wanneer deze volledig geopend was. Voor elk van de succesvol ingetrokken zeeprikken hebben we de spuiperiode waarbinnen de zeeprrik passeerde weergegeven in *Figuur 3-33*. Het is opvallend dat de spuisituaties die deze zeeprikken benutten om naar binnen te trekken voor deze vier zeeprikken sterk verschilden. Zeeprrik 15107 is succesvol binnengetrokken terwijl maar één spuikoker was geopend en alle andere waren gesloten; zeeprrik 15112 is succesvol binnengetrokken tijdens een spuiperiode waarin vier spuikokers op VIS-spuien stonden en de andere waren gesloten; zeeprrik 15111 is binnengetrokken terwijl vier spuikokers op een kier stonden (VIS-spuien) en zes kokers volledig geopend spuiden; zeeprrik 15095 is binnengetrokken terwijl via alle spuikokers vol werd gespuid. Drie van de vier zeeprikken trokken binnen in het laatste deel van de spuiperiode en één aan het begin, maar geen van de zeeprikken helemaal aan het begin of einde van een spuiperiode wanneer de stroomsnelheden het kleinst zijn. Drie van de vier zeeprikken zijn via de westelijke spuikokers binnengetrokken; zeeprrik 51107 is met zekerheid door spuikoker 1 en zeeprrik 15111 en 15095 waarschijnlijk door spuikoker 1, 2 of 3. Zeeprrik 15112 is door de oostelijke spuikokers 6 of 10 getrokken. Op 10 April (ochtend) en 29 April is een test uitgevoerd met Visvriendelijk Sluisbeheer (zie Hoofdstuk 3.4 en Inleiding op blz 11), waarbij water van de Waddenzee via de koker naar het IJsselmeer wordt ingelaten. Deze vensters zijn niet door gezenderde zeeprikken gebruikt.



Figuur 3-33 Voor de vier succesvol ingetrokken zeeprikken is het tijdsinterval waarbinnen passage van de spuisluizen plaats moeten hebben gehad, gecombineerd met de actuele spuivensters in elk van de 10 spuikokers. De klepstand van elk van de sluisluizen is in kleur weergegeven: gesloten (rood) waarbij geen zoetwater wordt gespuid; op een 'kier' als onderdeel van VIS-spuien (groen) waarbij alleen onder de deur de stroomsnelheden van gespuid zoetwater hoog zijn maar in de koker zelf relatief gering; en volledig open (blauw) waarbij de stroomsnelheden in de gehele koker hoog zijn. Het tijdsinterval waarbinnen de zeeprrik een koker moet zijn gepasseerd is aangegeven op basis van de laatste en eerste waarneming van receivers aan weerszijden van de sluisluis (zwart als de koker die gepasseerd bepaald kon worden, grijs wanneer meerdere kokers in aanmerking komen waarlangs passage heeft plaats gevonden).

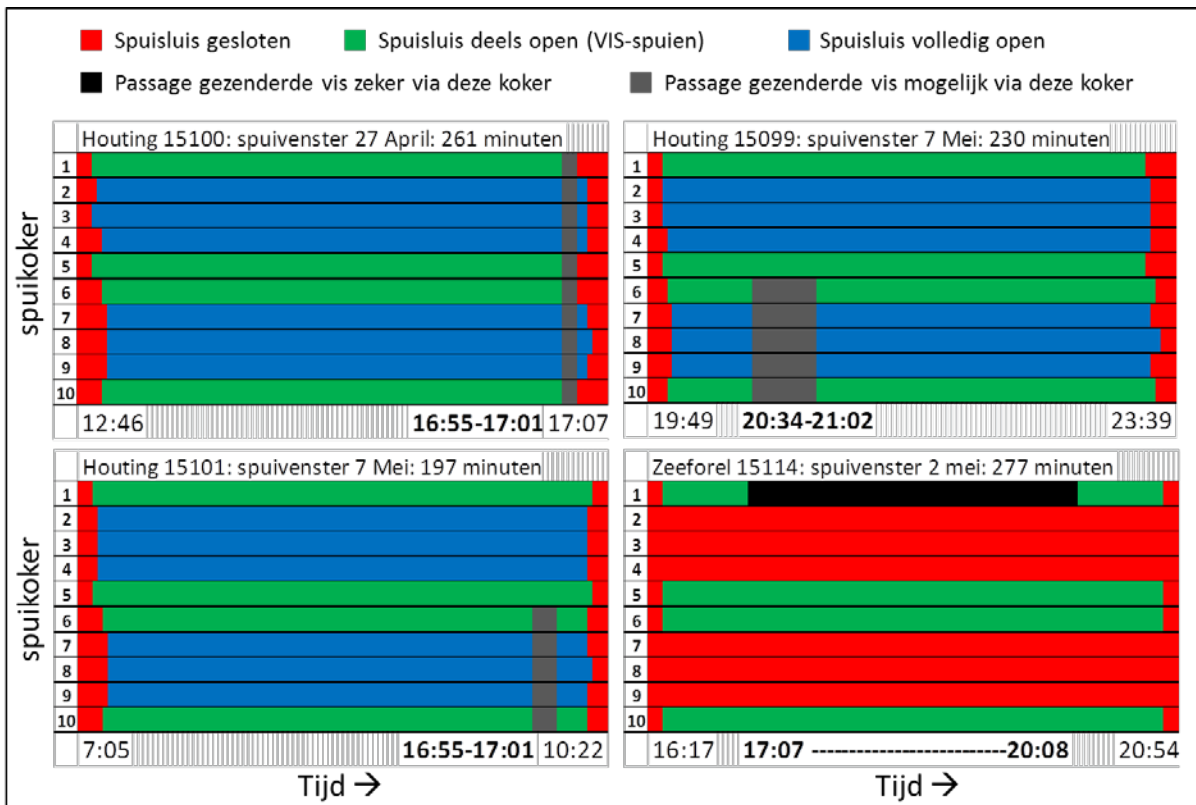
Houting

Alle vijf houtingen zijn gedurende lange tijd aan de Waddenzee-zijde waargenomen (10 tot 54 dagen). Hierbij werd elk van de houtingen bij alle stations in de spuikom gezien en bij de ingang van de Waddenzee-zijde van de scheepvaartsluis, maar geen enkele zwom door naar de scheepvaartsluisdeuren. Van de vijf zijn er drie succesvol naar het IJsselmeer gezwommen en twee zijn tot in juni aan de buitenzijde waargenomen tot dichtbij het tijdstip waarop de receivers zijn opgehaald en uitgelezen. De tijdsintervallen waarbinnen deze drie houtingen via de kokers zijn gepasseerd varieerde van maximaal 6 tot 28 minuten. Het aantal detecties per vis is zeer hoog en dagen met veel detecties werden afgewisseld met perioden van afwezigheid bij de receivers (Figuur 3-34).



Figuur 3-34 Overzicht van detecties per receiver in de tijd (merk op dat datum op x-as verschilt per paneel) voor drie houtingen.

Voor de houting is minder variatie in individueel gedrag en patronen te zien dan voor zeeprrik. De paaimigratie voor houting vindt pas in het late najaar plaats (oktober- december). Omdat houting zowel in zoet als zoutwater kan foerageren is het onduidelijk of het waargenomen gedrag foeragegedrag of zoekgedrag reflecteert, of een combinatie van beide. Het feit dat drie van de vijf houtingen naar binnen zijn getrokken waarvan er geen één weer is teruggekeerd naar de Waddenzee, suggereert dat tenminste een deel van de tijd een motivatie om naar zoetwater te trekken aanwezig was bij deze houtingen. Ook voor houting is het korte tijdsinterval waarbinnen deze naar binnen moeten zijn getrokken gerelateerd aan de gedetailleerde spuigegevens (zie beschrijving bij paragraaf over zeeprrik hierboven).



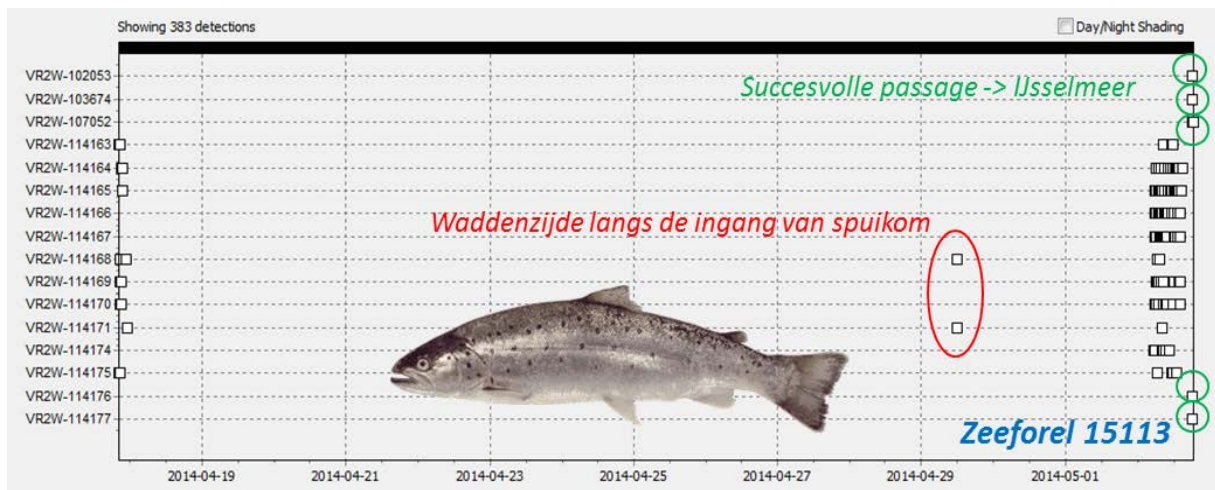
Figuur 3-35 Voor de drie succesvol ingetrokken houtingen en de zeeforel (zie ook desbetreffende paragraaf) is het tijdsinterval waarbinnen passage van de spuisluizen plaats moeten hebben gehad (in vet aangegeven op x-as), gecombineerd met de actuele spuivensters in elk van de 10 spuikokers. De klepstand van elk van de sluisluizen is in kleur weergegeven: gesloten (rood) waarbij geen zoetwater wordt gespuid; op een 'kier' als onderdeel van VIS-spuien (groen) waarbij alleen onder de deur de stroomsnelheden van gespuid zoetwater hoog zijn maar in de koker zelf relatief gering; en volledig open (blauw) waarbij de stroomsnelheden in de gehele koker hoog zijn. Het tijdsinterval waarbinnen de houting of zeeforel een koker moet zijn gepasseerd is aangegeven op basis van de laatste en eerste waarneming van detectiestations aan weerszijden van de sluisluis (zwart als de koker die gepasseerd bepaald kon worden, grijs wanneer er meerdere kokers in aanmerking komen waarlangs passage heeft plaats gevonden).

In tegenstelling tot de vier zeeprikken, hebben de drie houtingen identieke spuisituaties benut, namelijk 4 spuikokers op een kier (VIS-spuien) en 6 spuikokers die volledig spuiden (Figuur 3-35). Twee houtingen zijn via de oostelijke spuikokers binnen getrokken en één houting is aan de Waddenzee-zijde voor het laatst gezien aan de westelijk kant van de spuikokers en aan de IJsselmeer-zijde voor het eerst aan de oostelijke zijde, zodat in principe alle spuikokers in aanmerking komen als potentiële passageroute. Twee houtingen benutten het laatste deel van de spuiperiode, terwijl houting 15099 in het eerste deel van de spuiperiode binnentrok. Houting 15100 trok binnen vlak voor het einde van de spuiperiode als de stroomsnelheden in de kokers het kleinst zijn. Na de uitzet van houting is op 29 April

een test uitgevoerd met Visvriendelijk Spuibehoor (zie Hoofdstuk 3.4), waarbij water van de Waddenzee via de koker naar het IJsselmeer wordt ingelaten. Dit intrekvenster is niet door gezenderde houtingen gebruikt.

Zeeforel

De enige zeeforel die met een zender is uitgerust is na uitzetting gedurende 15 dagen met twee lange perioden van afwezigheid waargenomen door alle receivers in de Waddenzee-zijde van de spuikom. Direct na uitzetting is de zeeforel in de gehele spuikom waargenomen en aan de oostelijke kant van de ingang van de spuikom (station 71) naar de Waddenzee vertrokken (Figuur 3-36). Na 12 dagen is deze weer bij de ingang van de spuikom waargenomen, maar is de spuikom niet verder ingezwommen. Na weer 4 dagen is de zeeforel teruggekeerd naar de spuikom en na een intensief rondzwemmen in de hele spuikom vervolgens succesvol naar binnen getrokken. De receivers aan weerszijden van de scheepvaartsluis zijn niet bezocht.



Figuur 3-36 Overzicht van detecties per station in de tijd (datum op x-as) voor de gezenderde zeeforel, die via de spuikokers naar het IJsselmeer is getrokken.

Het tijdsinterval waarbinnen succesvolle intrek op 2 mei heeft plaatsgevonden, d.w.z. tussen de laatste detectie aan de Waddenzeezijde en de eerste detectie aan de IJsselmeerzijde is veel groter dan bij de succesvolle zeeprikken en houtingen, namelijk ruim drie uur (tabel 10). De spuikoker die de zeeforel heeft benut om in te trekken was vier spuikokers die op een kier stonden (VIS-spuien) en alle andere kokers gesloten waren (Figuur 3-35). De meest waarschijnlijke verklaring voor het lange tijdsinterval van 3 uur tussen laatste detecties bij receiver 64 (bij meest westelijke spuikoker) en eerste detectie aan de IJsselmeerzijde bij receiver 76 (ook bij meest westelijke receiver), is dat de zeeforel zich lange tijd in spuikoker 1 heeft opgehouden. De stroomsnelheid is daar veel geringer dan direct onder de deur die op een kier staat, alvorens met een korte sprint onder de deur door naar het IJsselmeer te zwemmen. In de koker zal de zeeforel niet door de receivers gedetecteerd worden. Na de uitzet van deze zeeforel is op 29 April een test uitgevoerd met Visvriendelijk Sluisbehoor (zie Hoofdstuk 3.4), waarbij water van de Waddenzee via de koker naar het IJsselmeer wordt ingelaten. Dit intrekvenster is niet door de gezenderde zeeforel gebruikt.

3.3.4 Discussie en conclusies zenderonderzoek

Gebruikte telemetrie-methode en opzet

Ondanks de uitdagende omstandigheden in en rond de spuikom bij Kornwerderzand is er geen enkele receiver verloren gegaan, dan wel defect geraakt. De patronen in opeenvolging van receivers in de tijd of het simultaan worden gedetecteerd door meerdere receivers vertoonden geen 'onlogische' switches tussen verder uit elkaar gelegen receivers zonder bij tussenliggende receivers te worden gedetecteerd. Alle gezenderde vissen die succesvol naar het IJsselmeer zijn binnengetrokken zijn bij meerdere receivers aan de binnenzijde gedetecteerd en vaak ook meerdere detecties per receiver. Dit alles maakt dat de misdetectiekans, zeker aan de IJsselmeerszijde, erg laag lijkt. Het lijkt dus zeer onwaarschijnlijk dat gezenderde vissen ongezien succesvol naar binnen zijn getrokken. Turbulentie is een factor die de detectie afstand van de zenders door de receivers flink kan verminderen. Hierdoor zullen af en toe detecties bij individuele receivers in de spuikom worden gemist, maar door de dichtheid van het netwerk lijkt het erg onwaarschijnlijk dat gezenderde vis ongezien de spuikom heeft rond gezwommen. Wel is het denkbaar dat een vis zich langdurig op dezelfde plaats in de spuikom ophoudt en dan niet gedetecteerd wordt. Bijvoorbeeld in de diepe put tussen de stortsteen. Maar aangezien de meeste vissen die periodiek niet zijn waargenomen voor het laatst bij de noordelijke receivers 68 en 71 zijn waargenomen lijkt dit niet het geval en is het aannemelijker dat deze vissen de spuikom richting Waddenzee hebben verlaten. Concluderend is de gekozen opzet en methode geschikt gebleken om het zoekgedrag en intrek succes van gezenderde vis bij het Kornwerderzand-sluizen complex te kunnen bepalen.

Conclusie: De gebruikte methodiek van akoestische telemetrie, en opzet en inrichting van het netwerk VR2W receivers is bewezen geschikt voor het bepalen van individuele gedragspatronen rondom het Kornwerderzand spui-complex, en voor het bepalen van de intrek-efficiëntie van het gehele spui-complex van grotere trekvis.

Op welk schaalniveau vindt zoekgedrag plaats?

Uit de resultaten is op te maken dat zeeprík in ieder geval zoekgedrag vertoont op spuikomniveau (type B in *Figuur 3-29*) en op spui-complex niveau inclusief scheepvaartsluis (type C *Figuur 3-29*). Aannemelijk is dat ook zoekgedrag plaatsvindt op kleinere schaal, oost/west zijde niveau (type A *Figuur 3-29*) en op grotere schaal (type D *Figuur 3-29*). De langdurig gedetecteerde zeepríkken waren namelijk perioden van enkele tot vele dagen afwezig in de spuikom, waarbij terugkeer naar de Waddenzee het meest waarschijnlijk lijkt. Van de weer naar de Waddenzee teruggekeerde zeepríkken treedt wellicht migratie naar andere zoet-zout intrekpunten plaats (type D *Figuur 3-29*). Voor houting en zeeforel zijn de aantallen gezenderde vissen veel beperkter, maar ook deze worden in de gehele spuikom waargenomen met periodieke afwezigheid, wat meer duidt op type B en D schaalniveaus dan type A.

Of de waargenomen bewegingspatronen daadwerkelijk zoekgedrag reflecteren is moeilijk vast te stellen. Daarvoor moet de motivatie per individuele vis bekend zijn, wat niet te bepalen is. Echter, voor zeeprík die op open zee en oceaan foerageren en waarbij de studieperiode samenviel met de paaitrekperiode en het allen volgroeide volwassen zeepríkken betrof (die niet meer foerageren tijdens de paaitrek en maar eenmalig paaien alvorens te sterven) kan er vanuit worden gegaan dat in deze studie uitsluitend zeepríkken zijn gevolgd die gemotiveerd waren om naar zoetwater te trekken. En dat het waargenomen gedrag daadwerkelijk 'zoekgedrag' weergeeft. Voor houting en zeeforel die zowel in estuaria en langs de kust foerageren is het moeilijker om individuele motivatie en aanwezigheid in de spuikom en waargenomen patronen toe te wijzen aan zoekgedrag. Het feit dat drie van de vijf houtingen en de zeeforel uiteindelijk naar binnen zijn getrokken zonder dat er één is teruggekeerd suggereert dat tenminste een deel van de tijd de vis gemotiveerd was om naar binnen te trekken en dat tenminste een deel van de patronen kan worden toegewezen aan zoekgedrag, maar een deel van de waargenomen bewegingen zou ook foerageergedrag kunnen zijn.

Conclusie: Alle gezenderde vis vertoont gedragspatronen waarbij de gehele spuikom intensief wordt benut, zonder duidelijke voorkeur voor oostelijke of westelijke zijde. De scheepssluis werd slechts door één gezenderde zeeprík bezocht (geen verdere doortrek). De patronen bevestigen dat de spuikom een veel grotere aantrekking heeft op actief zoekende trekvis dan de scheepsluizen, en dat de schaal van zoekgedrag op spui-complex is of groter (veel gezenderde vis verbleef delen van de tijd buiten het spui-complex). Voor zeeprík zullen de patronen zoekgedrag weergeven, voor houting en zeeforel die ook aan de Waddenzee-zijde foerageren is dit minder zeker.

In er verschil in aanwezigheid tussen westelijke en oostelijke zijde binnen de spuikom?

In deze studie benutten de meeste individuen de gehele spuikom en ook binnen korte perioden. Alleen bij zeeprík laat een beperkt aantal individuen een meer oostelijk of westelijk voorkomen zien, maar het uitsluitend voorkomen aan één zijde is eerder uitzondering dan regel. De succesvol ingetrokken vissen maken zowel van de westelijke als de oostelijke spuikokers gebruik.

Conclusie: De gezenderde vis zoekt intensief in de spuikom en is hierbij binnen een getij-cyclus meestal zowel aan westelijke als oostelijke zijde waargenomen.

In hoeverre wordt de scheepvaartsluis bij Kornwerderzand als intrekroute gebruikt?

In deze studie is slechts één zeeprík opgedoken bij de scheepvaartsluisdeuren, die deze vervolgens niet is gepasseerd maar na enkele uren weer terug zwom naar de Waddenzee. Omdat er wel veel meer gezenderde vis bij de Waddenzee ingang van de scheepvaartsluis route is waargenomen, lijkt het hier eerder om aan de noordzijde langszwemmende vissen te gaan, dan dat er een grote aantrekkende werking van de scheepvaartsluis op actief zoekende trekvis zou zijn. De aantrekkende werking van de spuikom lijkt inderdaad veel groter voor zeeprík en houting, en wellicht gaat dit ook voor zalm en zeeforel op.

Conclusie: De telemetrie-studie bevestigt dat de spuikom een veel grotere aantrekking heeft op actief zoekende trekvis dan de scheepsluizen. Er is slechts één van de 25 gezenderde zeepríkken en geen van de 5 houtingen en 1 zeeforel opgedoken bij de scheepvaartsluis. Bij de ingang van het scheepvaartsluiscomplex zijn veel meer gezenderde vissen waargenomen. De vindbaarheid van deze potentiële intrekroute lijkt derhalve relatief groot, maar de aantrekkende werking van de scheepsluizen lijkt gering.

Wat is het intrek succes van grotere trekvis bij Kornwerderzand?

Het intrek succes voor zeeprík lijkt gering met vier op 25 die succesvol intrekken (12%). Als we de zeepríkken die slechts gedurende minder dan een getijcyclus zijn waargenomen niet meenemen, omdat deze wellicht geen natuurlijk gedrag vertonen direct na aanbrenge van de zender en uitzetting, zou het intrek succes vier uit 12 (25%) kunnen bedragen. Ondanks de geringe aantallen lijkt het intrek succes van houting (drie van de vijf) en zeeforel (één van de één) hoger dan voor zeeprík. Zeker als in acht wordt genomen dat aanwezigheid in en om de spuikom ook foerageergedrag zou kunnen zijn. De twee houtingen die niet naar binnen zijn getrokken zijn tot in juni nog waargenomen aan de buitenzijde en het is niet ondenkbaar dat deze na afloop van het zenderexperiment alsnog succesvol naar binnen zijn getrokken. Naast intrek succes is ook vertraging een belangrijke factor in de bepaling van de barrièrewerking van de Afsluitdijk. Zeepríkken ondernemen vaak meerdere pogingen om in te trekken afgewisseld met perioden van afwezigheid en naast een relatief gering intrek succes voor een dergelijke goede zwemmer, lijkt tenminste een deel ook extra vertraging op te lopen bij de Afsluitdijk bij Kornwerderzand.

Conclusie: De intrek van zeeprik lijkt sterk beperkt, waarbij slechts 12-25 % van de gezenderde zeeprik succesvol naar binnen is getrokken en dat er daarnaast een aanzienlijke vertraging kan optreden. Houting en zeeforel lijken een hoger intreksucces te hebben, maar de aantallen waren erg klein.

Vindt er uitspoeling/uittrek plaats nadat vis succesvol is binnengetrokken via de spuikokers?

De aantallen succesvol ingetrokken gezenderde vis is laag (n=8), maar geen van deze is weer naar buiten getrokken of gespoeld (voor dergelijke sterke zwemmers is het moeilijk onderscheid tussen beide te maken). Sommige individuen verbleven langere tijd aan de IJsselmeerszijde van de spuikokers na succesvolle intrek, maar ook deze zijn niet weer naar buiten getrokken/gespoeld.

Conclusie: Binnen deze telemetriestudie is geen van de acht succesvol naar het IJsselmeer getrokken trekvis (vier zeeprikken, drie houtingen en één zeeforel) weer terug gezwommen of teruggespoeld naar de Waddenzee.

3.4 Koppeling gegevens visvriendelijk spui-beheer en vismigratierivier onderzoeken

Dit hoofdstuk is tot stand gekomen met bijdrage van J. Hop (ATKB) en F.T. Vriese (ATKB).

3.4.1 Inleiding

In het kader van het project "Vismigratierivier Afsluitdijk" (VMR) zijn er in het voorjaar van 2014 diverse onderzoeken uitgevoerd naar het gedrag en de aantallen vis die zich aan de buitenzijde van het spui-/sluiscomplex te Kornwerderzand bevindt. Doel van deze onderzoeken was een inschatting te maken van het aanbod van diadrome vis bij Kornwerderzand (Waddenzeezijde). Met het project 'Vismigratierivier Afsluitdijk' is een deel van het project 'Visvriendelijk sluisbeheer Afsluitdijk' (VVS) uitgevoerd (Arcadis/ATKB i.o.v. Rijkswaterstaat IJsselmeergebied). Hierbij is vastgesteld hoeveel vis via de spuisluizen en scheepvaartsluizen vanuit de Waddenzee het IJsselmeer intrekt, onder de voorwaarden van het in 2013 geformuleerde visvriendelijk beheer (Vriese et al. 2014). Dit hoofdstuk legt een eerste koppeling tussen de resultaten van beide projecten, waarin de focus ligt op een vergelijking van waargenomen dichtheden van kleine trekvis in het kruisnetten-onderzoek en het VVS-project.

Het kruisnetten onderzoek van het voorjaar 2014 in de spui- en buitengaatse aanloop naar de scheepsluis bij Kornwerderzand liet zien dat er een grote dynamiek is in het voorkomen van verschillende dichtheden, zowel binnen een getijcyclus als tussen meetdagen en verschillende vissoorten (zie 3.2). We zijn binnen het kruisnetten onderzoek geen vaste 'hot spots' op het spoor gekomen waar zich over langere tijd grote concentraties vis ophopen, maar dit is gebaseerd op een kleine tiental locaties. Wanneer zich op kleinere schaal (< dan enkele tientallen meters) sterke ophopingen van trekvis voordoen zouden deze gemist kunnen worden in het kruisnetten onderzoek. Er wordt vaak aangegeven dat direct aan de zeezijde van de gesloten spuisluisdeuren potentieel hoge concentraties trekvis kunnen opbouwen tussen twee spui-vensters in. Als dit het geval is zouden, hypothetisch gezien, de dichtheden van trekvis per volume ingelaten water zoals gemeten binnen het VVS-project vele ordegrottes hoger moeten zijn dan de gemiddelde dichtheden trekvis per volume in de gehele spui- en buitengaatse aanloop. Om deze hypothese te exploreren, zijn in dit hoofdstuk de gegevens van het aantal intrekende vissen per volume uit het VVS-project gerelateerd aan de dichtheden per volume uit het kruisnetten-onderzoek, zowel voor de spui- en buitengaatse aanloop als bij de scheepsluizen (schutsluizen).

Aangezien het project VVS nog loopt ten tijde van dit schrijven, zijn enkel de resultaten van de weken 11, 13, 15 en 18 meegenomen in de vergelijking. Het betreffen voorlopige resultaten die nog verder uitgewerkt dienen te worden.

NB Het project "Visvriendelijk sluisbeheer Afsluitdijk" wordt uitgevoerd door Arcadis en ATKB, in opdracht van Rijkswaterstaat IJsselmeergebied. Ten tijde van dit schrijven is het onderzoek nog lopende. De gepresenteerde resultaten betreffen daarom voorlopige resultaten welke nog niet gevalideerd zijn. Voor een verdere interpretatie van de resultaten en de conclusies hieruit voortkomend dienen de resultaten van het volledige onderzoek beschikbaar te zijn, evenals de noodzakelijke aanvullende informatie. Hiervoor wordt verwezen naar het nog op te stellen rapport van het project "Visvriendelijk sluisbeheer Afsluitdijk".

Voorafgaand aan het onderzoek is de volgende onderzoeksvraag vastgesteld:

- *Valt het aantal vissen per volume-eenheid in de kruisnetten in een gelijke orde van grootte als wat gevonden is met de voorlopige resultaten van het visvriendelijke sluisbeheer onderzoek? M.a.w. Is er op basis van deze vergelijking een aanwijzing dat er grote hoeveelheden vis zich ophopen bij de deuren van de spuisluizen en de scheepvaartsluizen?*

3.4.2 Methode

Voor de methodische beschrijving van het kruisnettenonderzoek wordt verwezen naar hoofdstuk 3.2. De intrek van vis via de spuisluisen is vastgesteld middels fijnmazige trechtervormige netten welke met de opening in de stroming achter een spuikoker zijn opgesteld. In totaal zijn vijf netten gebruikt, waarvan drie tegen de bodem, één in het midden van de waterkolom en één aan het oppervlak. Elk net heeft een opening met een oppervlak van 0,79 m². In de praktijk blijkt dat, tijdens het inlaten van water via de spuikokers, de meeste vissen via de onderste waterlaag naar binnen trekken. De totale hoeveelheid vis die per meting naar binnen is getrokken is derhalve berekend op basis van 'bevestigd' oppervlak in relatie tot het totale oppervlak van de spuikoker, waarbij er onderscheid is gemaakt tussen de onder-, midden- en bovenlaag van de waterkolom. Middels het berekende debiet dat tijdens de metingen is binnengelaten is het aantal vissen per 1000 m³ ingelaten water bepaald. De intrek van vis via de scheepvaartsluizen is vastgesteld middels een fijnmazige fuik. Deze fuik is over de volle breedte en hoogte in de spuikom geplaatst, met de opening in de richting van de Waddenzee. Elke schutting heeft betrekking op transport van de Waddenzee naar het IJsselmeer. De schuttingen hebben plaatsgevonden bij een Waddenzeepijl dat hoger was dan het IJsselmeerpeil (zout-zoet) en bij een Waddenzeepijl dat lager was dan het IJsselmeerpeil (zoet-zout). Bij de opwerking van de gegevens is aangenomen dat tijdens een schutting er een uitwisseling plaatsvindt van het volledige kolkvolume.

De resultaten van zowel de spuikoker als de schutsluis hebben betrekking op de donkerperiode (nacht), waarbij er gemeten is bij afgaand tij. Het onderzoek met de kruisnetten is ook in de nacht uitgevoerd, maar voornamelijk tijdens opkomend tij en beperkte perioden met afgaand tij. In de berekening van de dichtheden vis is er geen rekening gehouden met een verschillende vangst efficiëntie van de vangtuigen.

3.4.3 Resultaten

Aantal vis per volume eenheid kruisnetten

Omgerekend naar volume dichtheden bevatten de locaties 4 en 6 (nabij de deuren) en locaties 7 in de zuidwestelijke hoek veelal het grootste aantal vissen (driedoornige stekelbaars, glasaal, botlarven en spiering) per volume eenheid (*Tabel 13*). Dit geldt ook wanneer de gemiddelden per locatie worden vergeleken, ook dan zijn de locaties 4, 6 en 7 in termen van gemiddelde aantallen hoger dan de andere locaties. Opvallend is dat dag 4, met sterkere noordelijke wind de situatie lijkt omgedraaid voor stekelbaars en glasaal en er relatief meer vissen zich bevinden op de noordelijkste locatie nummer 9.

Tabel 13 Het gemiddelde, het absolute minimum en het absolute maximum aantal vissen (doelsoorten) per 1000m³ van het kruisnet onderzoek (3x3 m) t.b.v. de VMR. Met tussen haakjes de locaties bij het minimum en het maximum volume aantal in de spuikom. (x) = meerdere locaties bevatten hetzelfde aantal vissen. Het volume is bepaald door de beviste diepte te vermenigvuldigen met de oppervlakte van het net (9 m²).

Spuikom (loc 3-12)		wk 12 dag 1	wk 12 dag 2	wk 15 dag 3	wk 16 dag 4	wk 21 dag 5	wk21 dag 6
stekelbaars	gem	103	128	247	243	1031	1011
	min	22 (3/6)	0 (6/9)	22 (10)	0 (5)	0 (9)	0 (12)
	max	222 (7)	698 (7)	1422 (4)	822 (9)	12089 (7)	8296 (6)
glasaal	gem	1926	2705	834	238	87	44
	min	489 (5)	333 (10)	0 (9/12)	15 (5)	0 (x)	0 (x)
	max	4289 (7)	8644 (7)	4044 (4)	1289 (9)	467 (7)	222 (4)
botlarven	gem	0	0	78	84	0	0
	min	0	0	0 (x)	7 (5)	0	0
	max	0	0	400 (6)	244 (4)	0	0
spiering	gem	107	158	28	7	5	6
	min	0 (3/6)	0 (x)	0 (x)	0 (x)	0 (x)	0 (x)
	max	356 (7)	1111 (4)	244 (7)	22 (x)	44 (6)	83 (7)
'Schutsluis' (loc 1-2)		wk 12 dag 1	wk 12 dag 2	wk 15 dag 3	wk 16 dag 4	wk 21 dag 5	wk21 dag 6
stekelbaars	gem	281	407	120	369	37	19
	min	37	0	0	148	0	0
	max	489	1047	444	571	148	74
glasaal	gem	807	1546	776	103	9	11
	min	667	778	533	0	0	0
	max	963	2370	1200	222	37	44
botlarven	gem	0	0	0	87	0	0
	min	0	0	0	74	0	0
	max	0	0	0	148	0	0
spiering	gem	143	102	33	57	0	11
	min	0	0	0	0	0	0
	max	489	296	133	190	0	44

Aantal vis per volume eenheid onderzoeken visvriendelijk sluisbeheer (VVS)

Tijdens de eerste vier metingen zijn in totaal 16 vissoorten ingelaten via de spuikokers. Dit zijn de vissoorten paling (voornamelijk glasaal), baars, blankvoorn, bot, brakwatergrondel, brasem, driedoornige stekelbaars, glasgrondel, harder, haring, zeenaald, marmmergrondel, pos, rivierprik, spiering en zwartbekgrondel. In de scheepvaartsluizen te Kornwerderzand zijn daarnaast nog de soorten snoekbaars, schol en tiendoornige stekelbaars gevangen. In Tabel 14 zijn de vangsten achter de spuikoker weergegeven in aantal vissen (doelsoorten VMR) per 1000 m³ ingelaten water, ook zijn de vangsten in de scheepvaartsluis gegeven, eveneens als aantal vissen per 1000 m³. Deze waarden betreffen het gemiddelde van zout-zoet schuttingen en zoet-zout schuttingen.

Tabel 14 Voorlopige resultaten van het aantal vissen per 1000 m³ wat is gevangen in de spuikoker van de spuikom en de scheepvaartsluizen bij Kornwerderzand. Een 0 betekent minder dan 0.5 stuks per 1000 m³. Andere gevangen soorten en botlarven zijn buiten beschouwing gelaten.

Spuikom	wk 11	wk 13*	wk 15	wk 18
Glasaal	205	1036	873	237
Stekelbaars	27	70	421	84
Spiering	78	88	18/1197‡	1/21‡
Schutsluis	wk 11	wk 13*	wk 15	wk 18
Glasaal	41	18	3317	265
Stekelbaars	6	0	66	61
Spiering	3	1	0/3651‡	4/695‡

*gebaseerd op zoet-zout schuttingen

‡ verhouding: aantal spiering > 6 cm / aantal broed

De dichtheden glasaal, stekelbaars en spiering die via de spuikokers in het IJsselmeer gelaten werden varieerden tussen de 22 tot maximaal 1197 vissen per 1000 m³. Glasaal, spiering en driedoornige stekelbaars waren veruit de meest gevangen vissoorten tijdens het onderzoek. Eenzelfde beeld is zichtbaar bij de passage van vis via de scheepvaartsluizen (schutsluis). De gepresenteerde resultaten betreffen het gemiddelde van zout-zoet en zoet-zout schuttingen.

Voor paling geldt dat achter de spuikoker, op één gepigmenteerde aal (10 cm) na, alleen glasaal is gevangen. Via de schutsluiskolk passeerden 27 gepigmenteerde aaltjes/pootaaltjes (10-20 cm). De overige palingen waren allen glasaaltjes (>128000 stuks). Voor glasaal geldt dat de grootste aantallen in week 13 en 15 via de spuikokers naar binnen zijn gegaan, met 873 - 1036 glasalen per 1000 m³. In week 11 en 18 zijn de vangsten beperkt gebleven tot iets meer dan 237 glasalen per 1000 m³. In de schutsluiskolk valt de grote vangst van glasaal in week 15 op. In totaal werden die week 3317 glasalen per 1000 m³ gevangen.

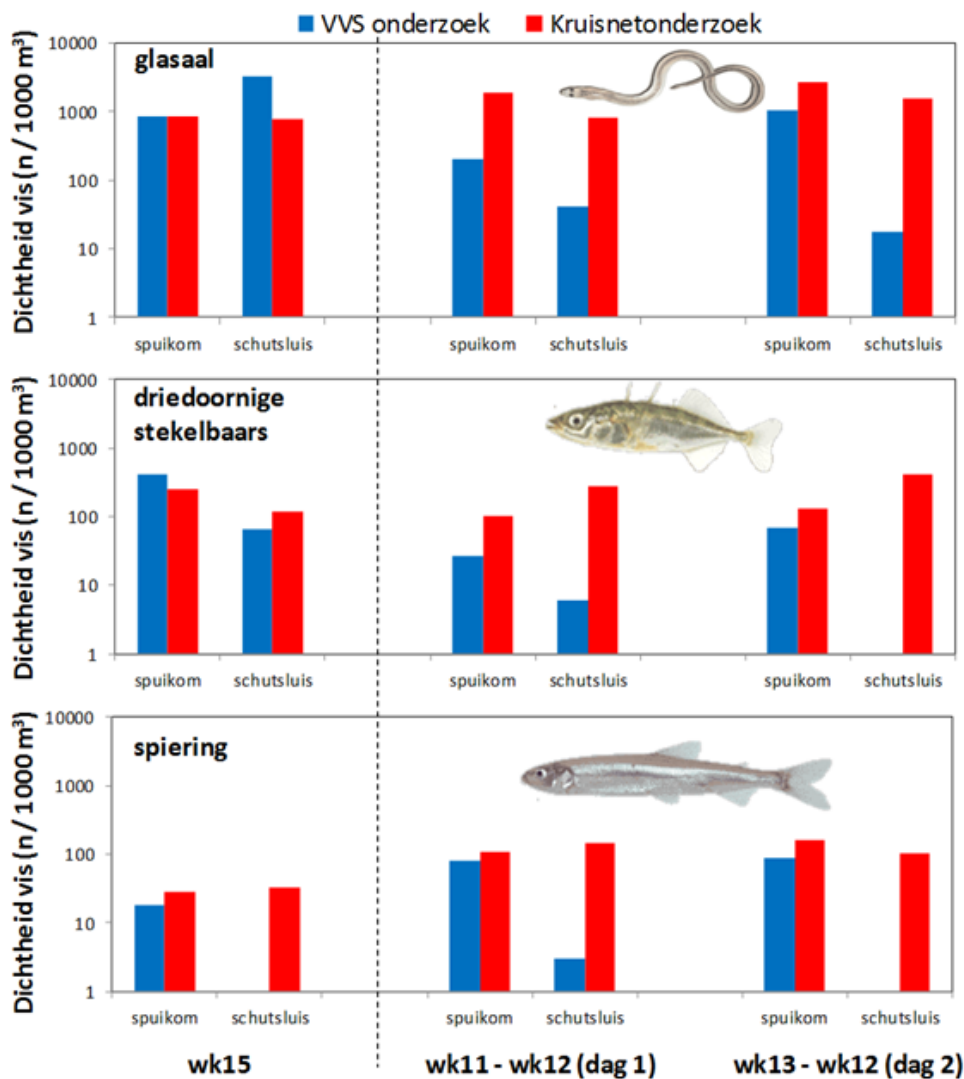
Voor spiering geldt dat de vangsten achter de spuikoker in week 11 en week 13 een omvang hebben van 78 – 88 spieringen per 1000 m³. Dit zijn exemplaren met lengtes van 6 tot 14cm. In week 15 zijn de vangsten aanzienlijk hoger met 1197 vissen per 1000 m³. Het overgrote deel van deze vangst bestaat uit broed. Ook in de schutsluiskolk worden op dat moment grote aantallen spiering gevangen (n = 3651). In de laatste week passeerden slechts 22 spieringen per 1000 m³ via de spuikoker. Passage via de sluizen was in deze week aanzienlijk groter (gemiddeld circa 700 spieringen per 1000 m³). In beide gevallen betreffen deze aantallen voornamelijk broed.

De passage van driedoornige stekelbaarzen via de spuikokers is het hoogst in week 15, met 421 vissen per 1000 m³. Ook in week 13 en in week 18 zijn redelijke aantallen driedoornige stekelbaars gevangen. In week 11 was de passage van deze vissoort met minder dan 27 vissen per 1000 m³ aanzienlijk lager. Via de schutsluiskolk is de passage van de driedoornige stekelbaars het hoogst in week 15 en 18. Met 61 - 66 stekelbaarzen per 1000 m³ zijn de aantallen echter lager dan de passage van driedoornige stekelbaars via de spuikokers in week 15.

In de praktijk hebben vrijwel alle vissen die via de spuikoker of scheepvaartsluis naar binnen trekken een lengte kleiner dan 15 cm. Grotere vissen betreffen vaak pootaaltjes (tot 20 cm, voornamelijk via sluis) en bot met lengtes tot maximaal 27 cm (eveneens voornamelijk via sluis). De glasaaltjes hebben veelal lengtes van 6 tot en met 8 cm, de driedoornige stekelbaarzen zijn veelal 4 tot en met 6 cm, terwijl er bij de spiering onderscheidt is te maken in de larven (circa 3 tot en met 4 cm), exemplaren van circa 6 tot en met 10 cm en enkele grotere exemplaren met lengtes tot maximaal 14 cm. De vangtuigen zijn mogelijk minder geschikt om grotere spiering te vangen.

Relatie VVS en kruisnetten onderzoek

Om een relatie in de vangsten tussen het visvriendelijk sluisbeheer (VVS) en de kruisnetvisserij (VMR) te maken zijn de vangsten per 1000 m³ van de verschillende onderzoeken naast elkaar gezet (Figuur 3-37), waarbij de onderzoeksdagen die vlak na elkaar zijn uitgevoerd naast elkaar zijn gezet. De metingen gedurende weken 11 (VVS) en 12 (kruisnet 18 maart), week 13 (VVS) en week 12 (kruisnet 19 maart) en tijdens week 15 (VVS en kruisnet) zijn wat betreft tijd het dichtst op elkaar uitgevoerd. In week 12 is er tweemaal met een kruisnet bevestigd. De ene meting (18 maart) is met week 11 van het VVS vergeleken en de andere (19 maart) is met week 13 van het VVS onderzoek vergeleken. De aanname is dat de vergelijking in week 15 het nauwkeurigst is, waarbij zowel het kruisnetonderzoek als het VVS onderzoek in dezelfde week zijn uitgevoerd.



Figuur 3-37 De vergelijking van de gemiddelde kruisnetvangsten en de doortrekonderzoeken (VVS) in de spuikom en voor de schutsluizen. De vangsten in week 15 zijn het dichtst op elkaar uitgevoerd. Detail gegevens van de vangsten zijn weergegeven in bijlage E. Wanneer er zich op kleine schaal direct voor de sluisdeuren grote concentraties trekvis ophopen, zullen de dichtheden zoals gevonden binnen VVS onderzoek (blauw) enkele ordegrottes hoger liggen dan de gemiddelde dichtheden zoals gevonden in het kruisnetten onderzoek (rood) in de spuikom en buitengaatsse aanloop van de schutssluis.

Bij de vergelijking moet er rekening mee worden gehouden dat de kruisnetexperimenten hoofdzakelijk tijdens opkomend tij zijn uitgevoerd, terwijl de VVS experimenten met afgaand tij zijn uitgevoerd vlak voor gelijk peil van Waddenzee en IJsselmeer. Dit betekent dat de vangsten met VVS mogelijk een onderschatting geven ten opzichte van de kruisnetvangsten voor soorten die een sterke relatie tonen met het getij (*Figuur 3-23*). Toch kan er, doordat er met ongelijk peilverschil wordt gespuid, een waterstroom richting het IJsselmeer worden gecreëerd, wat de vissen zou kunnen triggeren om zich toch in de waterkolom te bevinden. Dit is alleen aannemelijk wanneer de stroomrichting een van de grotere factoren is die het gedrag van getijde migranten bepaald. Daarnaast is er met de VVS experimenten niet inzichtelijk hoe het dichtheidsverloop van de gevangen vis is gedurende het visvriendelijk beheer, aangezien het als gevolg van de stroming alleen mogelijk is de vangst te verwerken aan het eind van het visvriendelijk spui-event.

Schatting aantal vissen - nuances

Het is goed mogelijk dat binnen de VVS cyclus de meeste vissen aan het begin van de meting intrekken en gevangen worden, terwijl dit aan het einde van de cyclus nog slechts beperkt is. Dit zou er voor kunnen zorgen dat er een mogelijke verkeerde schatting wordt gegeven voor het aantal vissen per volume-eenheid. Immers, wanneer er langer wordt doorgemeten kan het zijn dat er niet meer vissen in het net komen, maar wel meer water wordt gespuid. Wanneer de vissen homogeen in de waterkolom zijn verdeeld dan geeft het aantal een goede weergave van het aantal vissen per volume eenheid.

Het berekende aantal vissen per volume-eenheid bij de kruisnetten gaat ervan uit dat de vissen homogeen in de waterkolom verdeeld zijn. Of dit in de praktijk ook zo is, is onbekend, al suggereren de DIDSON gegevens dat dit vaak het geval kan zijn. Wanneer de vissen sterk geclusterd zijn in de waterkolom dan geven dieper beviste locaties een grotere onderschatting van het werkelijke aantal vissen dan ondiepere locaties. De verhouding oppervlakte en lengte van de rand van het net in combinatie met 'stuwing van het water' (zie hoofdstuk: 3.2) waardoor vissen zouden kunnen ontsnappen aan het kruisnet bij het liften/halen is aanwezig. Deze wordt relatief hoog ingeschat voor spiering, gemiddeld voor stekelbaars, laag voor glasaal en nog lager voor botlarven, gebaseerd op de verhouding tussen vangsten per m² tussen 3x3 m net en 1x1 m net. Dit effect is al zichtbaar bij een vergelijk tussen kleine kruisnetten en grotere kruisnetten (zie hoofdstuk: 3.2). Hiermee moet worden rekening gehouden in de interpretatie van de gegevens van beide onderzoeken, waarbij het verschil in vangst efficiëntie van kruisnet en trechtersvormig opvangnet (VVS) niet bekend is.

Glasaal

De vangsten van glasalen in week 15 met de verschillende methoden (VVS en VMR) in de spui kom zijn vrijwel gelijk in orde grootte per volume eenheid. In de andere weken is het aanbod in de spui kom groter dan de doortrek (VVS). De kruisnetvangsten tonen aan dat de dichtheden van glasaal in de waterkolom het grootst zijn tijdens opkomend tij, nabij hoog water en lichtelijk afnemen net na hoogwater (*Figuur 3-23*). Het visvriendelijk spui beheer wordt, in verband met het vastgestelde protocol, uitgevoerd bij afgaand tij, net voor gelijk water. Indien de glasaal op dat moment in lagere dichtheden in de waterkolom voorkomt zal dit leiden tot lagere dichtheden bij passage (VVS) dan dat er werkelijk aanbod aanwezig is (kruisnet). Toch sluit het VVS beheer mogelijk gedeeltelijk aan bij het principe van selectief getijdentransport zij het door een stroming die op een 'onnatuurlijke manier' gelijk is met opkomend water. Dit komt omdat het waterpeil aan de Waddenzee op het moment van starten van de experimenten hoger is dat het IJsselmeer. Hierdoor zal er een stroming ontstaan richting het IJsselmeer, gelijk aan een stroming als zijnde bij opkomend tij. Terwijl in werkelijkheid het moment in de getijde cyclus afgaand tij is. Er ontstaat dus een onnatuurlijk 'opkomend' tij gedurende afgaand tij. Als de glasalen in staat zijn geweest hierop aan te sluiten (onbekend) dan zullen de vangsten van glasalen (en andere soorten) vergelijkbaar zijn met de kruisnet vangsten. Het is te verwachten dat door het korte venster wat wordt geboden (slechts 15 – 20 minuten) de meeste vissen nabij de bodem worden gevangen omdat ze kort daarvoor door het afgaand tij richting de bodem zullen gaan. Dit komt overeen

met de waarnemingen in de verschillende vangsten die laten zien dat de meeste glasalen op de bodem zijn gevangen. Dit is overigens ook bij spiering en driedoornige stekelbaars waargenomen. Op basis van deze redeneringen zijn er geen aanwijzingen dat er vele ordes meer glasaal voor de deuren aanwezig zijn dan elders in de spuikom, ervan uitgaande dat de vangst efficiëntie van beide tuigen vergelijkbaar zijn. Daarnaast is het absolute maximum gevangen glasaal in de zuidelijke locaties hoger dan wat er in het VVS onderzoek is gevangen (*Tabel 13*).

De vangsten in de weken 11 en 12 liggen, ten opzichte van week 15, bij de verschillende methoden verder uitelkaar, met grotere vangsten in de kruisnetten (aanbod) dan in de doortrekmelingen (VVS). Het grote verschil is mogelijk te verklaren door een sterke stijging van het aanbod van glasaal in slechts een paar dagen tijd. De vangsten met de kruisnetten zijn in de spuikom ook in een dag tijd gestegen van gemiddeld 1926 naar 2705 glasalen per 1000 m³. Aangezien een zelfde scenario opgaat voor de scheepvaartsluizen gaan we er vanuit dat de verschillen te verklaren zijn door een migratiepiek die de vergelijking tussen de methodes sterk beïnvloed. Mocht deze sterke stijging in aantallen glasalen door een migratiepiek niet aanwezig zijn, dan zijn er op basis van deze resultaten geen aanwijzingen dat er vele grotere ordes meer glasalen pal voor de deur 'hangen' in de spuikom.

Bij de scheepvaartsluizen (of schutsluizen) zijn er in week 15 wel meer glasalen gevangen in het VVS onderzoek ten opzichte van de kruisnetonderzoeken. Dat er meer glasalen in de scheepvaartsluizen in week 15 zijn gevangen dan met de kruisnetten kan worden verklaard door het feit dat het 'wegspoel' risico in de schutsluiskolk mogelijk kleiner is dan in de spuikom. Hierdoor hebben de glasalen relatief meer tijd om middels selectief getijdentransport richting de deuren van de schutsluis te begeven. In de andere weken zijn de verschillen overigens kleiner en zijn er meer glasalen gevangen in de kruisnetonderzoeken dan met het VVS onderzoek.

Driedoornige stekelbaars

De fuikvangsten van driedoornige stekelbaars geven een duidelijk verloop weer van het aanbod in de spuikom (*Figuur 3-3*). Vanaf week 14 is er sprake van een toenemend aanbod met een piek rond week 17. Vervolgens neemt het aanbod van driedoornige stekelbaarzen in korte tijd sterk af. Tijdens de kruisnetvisserij is er in de spuikom pas tijdens de laatste metingen (in week 21) sprake van een verhoogde vangst (*Tabel 13*). De meeste van deze vissen bevinden zich dan in het zuidwestelijke deel van de spuikom, nabij de spuikokers. Ook in de zuidoostelijke hoek, bevinden zich relatief veel driedoornige stekelbaarzen. De hoge vangst van driedoornige stekelbaars in de spuikom (week 21) is opmerkelijk. De kruisnetvisserij nabij de scheepvaartsluizen levert een ander beeld met wisselende vangsten, welke in week 12 tot en met week 16 echter aanzienlijk hoger zijn dan in week 21 (*Tabel 13*).

Het vangstverloop van driedoornige stekelbaars achter de spuikoker vertoont een beeld dat enigszins overeenkomstig is met het beeld van de fuikvisserij. Tot en met week 15 is er sprake van een toenemend aantal passerende vissen, tot een maximum van 421 per 1000 m³ in week 15. In week 18 is de dichtheid tijdens passage weer aanzienlijk kleiner (84 vissen per 1000 m³). Dit komt overeen met de fuikvangsten. Via de sluis kolk passeren er in verhouding tot de spuikokers relatief weinig driedoornige stekelbaarzen. Ook dit wordt gezien in de gemiddelde fuikvangsten bij de scheepvaartsluizen in het voorjaar (*Figuur 3-7*). De migratie door of het voorkomen van stekelbaars voor de scheepvaartsluizen lijkt van een kleinere orde van grootte dan aanbod en migratie bij de spuikom. De grootste dichtheden zijn in week 15 en in week 18 waargenomen met waarden van 61 tot 66 vissen per 1000 m³.

In week 15 is het verschil in tijd tussen beide onderzoeken met drie dagen het kleinst en is er daarnaast sprake van een relatief hoog aanbod van driedoornige stekelbaars (*Figuur 3-37*). De vangsten in de spuikom zijn op dat moment met 247 vissen per 1000 m³ een factor 2 lager dan de vangsten achter de spuikoker met 421 vissen per 1000 m³. Dat driedoornige stekelbaarzen, in tegenstelling tot glasaal, wel

in grotere dichtheden worden ingelaten dan in het gemiddelde aanbod aanwezig zijn kan er op wijzen dat deze vissen enerzijds beter in staat zijn actief te zwemmen en daarnaast zich dichterbij de spuisluis deuren ophoudt. Aanwijzing voor de laatste bleek uit de kruisnetexperimenten waar in de kruisnettenvisserij een significant verschil gevonden werd in de locaties in de spuikom, waarbij de zuidelijke locaties over het algemeen meer vissen bevatten (n/ha). Een andere oorzaak kan mogelijk gevonden worden in een relatief lagere vangstefficiëntie met het kruisnet in combinatie met een groter variatie in aanwezigheid van stekelbaars. Uit de fuikenvisserij is gebleken dat driedoornige stekelbaars gedurende de hele periode van week 14 - 22 in wisselende aantallen in de spuikom aanwezig was (*Figuur 3-3*). Pas toen er in de spuikom grotere hoeveelheden haring aanwezig waren zijn er ook relatief meer stekelbaarzen gevangen wat in tegenstelling is tot wat de fuikenvangsten laten zien. Op basis van deze vergelijking (factor 2 hoger intrek) zijn er aanwijzingen dat stekelbaars zich actief richting de deuren begeeft en zich aldaar ophoudt. Dit komt overeen met de significante verschillen tussen locaties die zijn gevonden in de kruisnetvisserij. Toch zijn de aanwijzingen niet heel sterk aangezien er meerdere redenen zijn die kunnen aantonen dat de verschillen te verklaren zijn door andere factoren dan ophoping voor de deuren. Dit wordt bevestigd door de grote verschillen in een vergelijking tussen de methodes in de weken 11 en 12, waarbij er een factor 6 meer in de spuikom is gevangen en een factor 57 in de scheepvaartsluizen. Hetzelfde geldt in week 15 bij de scheepvaart sluizen waar een factor 2 meer is gevangen met de kruisnetten.

Spiering

Op basis van de fuikvangsten is duidelijk zichtbaar dat het aanbod van spiering het grootst is rondom week 11 (de tweede week van maart, zie *Figuur 3-3*). Dit zijn voornamelijk vissen met lengtes kleiner dan 13 cm. Grotere exemplaren zijn slechts in beperkte mate aangetroffen. Na de piek in het aanbod die in week 11 is waargenomen dalen de fuikvangsten van spiering sterk. Dit beeld komt overeen met de resultaten uit de kruisnetvisserij, waarbij de grootste vangsten in de eerste monitoringsweek zijn behaald (week 12). De aangetroffen dichtheden bedragen maximaal 136 spieringen per 1000 m³. Ook voor de scheepvaartsluizen ligt het aanbod in dezelfde orde van grootte (122 spieringen per 1000 m³). De dichtheid aan spiering is bij doortrek door de spuikoker het hoogst in week 11 en 13 met respectievelijk 78 en 88 vissen per 1000 m³. Deze vangsten zijn lager dan de vangsten met het kruisnet, maar liggen wel in eenzelfde orde van grootte. Voor zowel het kruisnet als de netten achter de spuikokers is het aannemelijk dat de vangstefficiëntie van de relatief grote spieringen laag is. Het is dan ook aannemelijk dat de werkelijke dichtheden, zowel in het aanbod als bij passage, hoger zijn.

De getallen voor spiering in week 15 liggen bij de twee methodieken niet ver uitelkaar met 18 spieringen per 1000 m³ in de VVS experimenten en gemiddeld 28 in het kruisnetten onderzoek. De maximale vangsten van 244 stuks per 1000 m³ op locatie 7 en gemiddeld 110 spieringen op locatie 7, zijn wel aanzienlijk hoger (factor 6 – 14) in de kruisnettenvisserij vergeleken met de VVS experimenten. Dit is mogelijk te wijten aan clustering en of schoolvorming.

Op basis van informatie van beroepsvissers gedragen spieringen zich vergelijkbaar als de grote hoeveelheden haring die zijn gevangen met de kruisnetten in mei. Hoewel dit niet duidelijk naar voren komt uit de gegevens, geven de beroepsvissers aan dat spiering zich sterk clustert in het zuidelijke gedeelte van de spuikom.

3.4.4 Discussie en conclusie

De projecten "Vismigratierivier Afsluitdijk" en "Visvriendelijk Sluisbeheer Afsluitdijk" zijn twee op zichzelf staande onderzoeken met verschillende onderzoeksvragen, welke los van elkaar zijn uitgevoerd. Het resultaat hiervan is dat het onderzoek op verschillende dagen is uitgevoerd, maar ook op verschillende momenten in de getijdencyclus. Het onderzoek van het project "Vismigratierivier Afsluitdijk" richt zich,

gezien het gedrag van selectief getijdenmigranten, voornamelijk op het opkomen tij. Het onderzoek van het project "Visvriendelijk Sluisbeheer Afsluitdijk" richt zich, vanwege het geldende protocol, op afgaand tij (rondom gelijk peil met het IJsselmeer). Voor de vergelijking van de resultaten van beide onderzoeken in relatie tot elkaar is dit niet optimaal. Desondanks levert de combinatie van beide onderzoeken een duidelijke meerwaarde voor de verkregen resultaten.

Is er op basis van deze vergelijking een aanwijzing dat er grote hoeveelheden vis zich ophopen bij de deuren van de spuisluisen en de scheepvaartsluisen?

Een vergelijking tussen de VVS doortrekexperimenten en de kruisnetmonitoring laat zien dat er geen aanwijzingen zijn dat spiering, glasaal en driedoornige stekelbaars zich massaal ophopen dichtbij de deuren en derhalve gemist zijn in de kruisnetvisserij. Met de kruisnetten visserij is wel nabij de deuren gevestigd, maar niet pal voor de deuren. Over het algemeen zijn de volumeschattingen van de kruisnetvisserij in de spuikom in vergelijkbare periode hoger dan de VVS experimenten behalve voor stekelbaars waar er een factor 2 verschil in zit (grotere vangsten VVS). Dit verschil valt echter weg wanneer er gekeken wordt naar piekmetingen en gemiddelde metingen in de zuidelijke locaties met de kruisnetvisserij (Tabel 13).

Bij de scheepvaartsluisen lijkt er, al dan niet periodiek, wel sterke ophoping van glasaal voor te komen. De verhouding in aantallen glasaal dat in de scheepvaartsluisen is gevangen is vele malen hoger dan wat er met het kruisnet is gevangen. Dit valt te verklaren dat het wegspoelrisico bij de scheepvaartsluisen ten opzichte van de spuikom mogelijk vele malen lager ligt en de glasaal die met het getij richting de deuren van de scheepvaartsluisen zwemmen er relatief langer over kan doen en kan verblijven. Onderzoek bij Den Oever met kleurexperimenten laten zien dat glasaal langere tijd voor de scheepvaartsluisen aanwezig kunnen blijven, maar dat korte events een grotere doortrek via de scheepvaartsluisen kunnen veroorzaken (Foekema et al. 2014).

De ophoping die gezien werd bij glasaal voor de scheepvaartsluisen is niet waargenomen voor stekelbaars en spiering. Op basis van informatie van beroepsvissers zouden spieringen zich net zo gedragen als de waarnemingen die zijn gedaan voor haring (3.2) en zich massaal nabij de deuren ophopen. Dit zou eveneens voor stekelbaarzen kunnen gelden.

Conclusie: Er zijn geen aanwijzingen dat er grote hoeveelheden glasaal, spiering en stekelbaars pal voor deuren 'hangen'. Bij de scheepvaartsluisen is dit voor glasaal wellicht wel het geval. Over het algemeen is het aanbod van vis in de spuikom hoger dan de aantallen in de doortrek experimenten. Hierbij moeten rekening worden gehouden met het feit dat de vergelijkbare perioden beperkt zijn, de methoden verschillend zijn en de variatie in aanbod sterk varieert in de tijd. Daarnaast is de timing van de experimenten in de getijdencyclus verschillend en sluit anders aan bij het gedrag van vissen.

4 Integrale discussie en conclusies

De Afsluitdijk vormt een grote barrière voor de intrek van vis vanuit de Waddenzee naar het IJsselmeer. In het VMR bronnenonderzoek is een inventarisatie uitgevoerd van de bestaande kennis omtrent voorkomen, gedrag en passagesucces van trekvissoorten bij zoet-zout overgangen en specifiek bij het spui-complex Kornwerderzand en welke factoren hierbij van belang zijn (Winter et al. 2014). Op basis hiervan zijn aanbevelingen gegeven m.b.t. ontwerp en inrichting van de Vismigratierivier en is aangegeven welke kennis nog ontbreekt. Inmiddels zijn er in het najaar 2013 en voorjaar 2014 diverse aanvullende onderzoeken en analyses uitgevoerd die in dit rapport zijn gepresenteerd. Uit deze onderzoeken en analyses bij het spui-complex Kornwerderzand is extra kennis gegenereerd over:

- De omvang van het aanbod per trekvissoort
- De dynamiek in verspreiding van aantallen kleine trekvis
- Het zoekgedrag en intrekefficiëntie van grote trekvis

Hierbij spelen voor de vissen diverse factoren een rol die van invloed zijn op het gedrag en het intreksucces van de vissen. Belangrijke factoren zijn hierin het dagelijks spuien van zoet water richting de Waddenzee, de getijcyclus en seizoens- en weersfactoren. Deze nieuwe inzichten worden hieronder verder besproken en bediscussieerd.

4.1 De omvang van het aanbod per trekvissoort bij Kornwerderzand

De omvang van het aanbod van trekvis bij het spui-complex Kornwerderzand is zeer groot, met name voor de kleine trekvissoorten of juveniele stadia. Jaarlijks worden er per diadrome vissoort afhankelijk van de soorten tientallen tot honderden miljoenen individuen verwacht bij de spuisluisen van Kornwerderzand (Tabel 15).

Tabel 15. Aantalsschatting per soort van aantallen vis welke per jaar zich kunnen aandienen bij Kornwerderzand. De schatting is gemaakt op basis van diverse monitoringsgegevens die zowel directe als indirecte aanwijzingen geven over het aanbod vissen. De tabel geeft per soort het stadium, de range van aantallen vissen die per jaar gevangen is in de monitoring bij Kornwerderzand over de jaren 2001 – 2013, het gebruik van aanvullende gegevens van andere monitoringsprogramma's en een schatting van de aantallen vis die zich per jaar aandienen bij Kornwerderzand. (Griffioen et al. 2014).

Nederlandse naam	Stadium	Ondergrens	Aanvullende gegevens	Schatting
Atlantische zalm	adult	0-14	Zeldzame vis IJsselmeer	10en-100en
Bot	juv/adu	1927-32129		10.000en-100.000en
Bot - larve	larve		Kruisnetten KWZ Kruisnetten / zegenvisserij	10.000en-10.000.000en
Driedoornige stekelbaars	adult	3536-1224198	KWZ	100.000en-100.000.000en*
Glasaal	juveniel		Kruisnetten KWZ	min 1.000.000en
Fint >40cm	adult	0-233 [†]		10en-1000en
Fint <40cm	juveniel	16-126703	Zegenvisserij KWZ	10en-100.000en [‡]
Houting >20cm	adult	0-13	Zegenvisserij KWZ	100en-10.000en
Houting <20cm	juveniel	2-99	Zegenvisserij KWZ	1000en-100.000en
Rivierprik	adult	10-1300	Kuilvisserij KWZ	1000en-100.000en
Spiering >13cm	adult	1038-41724	Commerciële kuilvisserij KWZ	100.000en-1.000.000en [¥]
Spiering <13cm	?	8395-1188236	Kruisnetten KWZ	1.000.000en-100.000.000en [¥]
Zeeforel	adult	0-45	Zegenvisserij KWZ	100en-1000en
Zeeprik	adult	1-193	Commerciële fuik visserij KWZ	10en-1000en

*naar analogie van spiering: de vangsten geven een weergave van 0 en 1% van totale aanwezigheid aan.

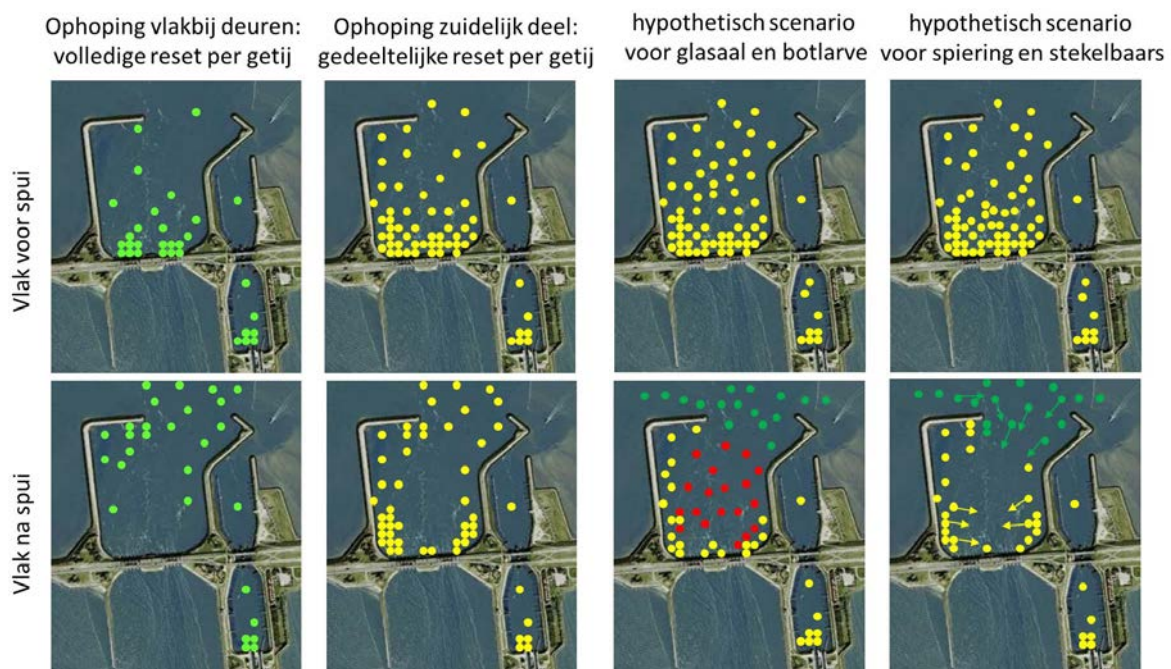
‡ lijkt zeer gevoelig voor pieken.

¥ de vangst in de fuiken wordt geschat op 0-1% van wat er werkelijk in de spui kom aanwezig is.

Deze vissen worden afhankelijk van hun zwemcapaciteit en de geboden migratievensters beperkt in hun mogelijkheden om het IJsselmeer in te zwemmen (Winter et al. 2014).

4.2 De ruimtelijke verspreiding en gedrag van kleine vis

De kleinere diadrome vissen komen in vele malen grotere aantallen voor dan de grotere vissen (Griffioen et al. 2014). Veelal zijn deze kleinere vissen afhankelijk van het getij om zich richting het zoete water te verplaatsen (Winter et al. 2014). Winter et al. (2014) heeft hier een hypothetisch scenario voor geschetst hoe deze vissen ruimtelijk verdeeld zijn in de spuikom in relatie tot het dagelijks spuien van zoet water en het getij (Figuur 4-1 links).



Figuur 4-1 Links: hypothetische dynamiek in voorkomen van vis die selectief getijtransport gebruikt. Waarbij er verschil kan zijn tussen de manier van een 'reset' van de concentraties vlak na het spuien. Deze reset kan volledig of gedeeltelijk plaatsvinden. (uit: Winter et al. 2014). Rechts: hypothetische weergave, op basis van de resultaten, van de dynamiek in voorkomen van kleine vis na het spuien op basis van het kruisnetten en in mindere mate het fuikenonderzoek. ● = vissen op de bodem, ● = weggespoelde vissen. De verhouding tussen weggespoelde vis en vis op de bodem / oevers is een onbekende.

De relatie tussen het voorkomen van kleine diadrome vis en het spuien

Op basis van de resultaten van het kruisnettenonderzoek, de DIDSON observaties en in mindere mate de fuikenmonitoring kan de conclusie worden getrokken dat het meest linker scenario (Figuur 4-1, links) afvalt in de mogelijkheden. Er is gebleken dat er na het spuien geen volledige herschikking plaatsvindt. Het feit dat glasalen, stekelbaarzen en spiering 1 - 2 uur na het sluiten van de deuren zijn gevangen in de zuidelijke locaties en de locatie midden in de spuikom (locatie 5), geeft aan dat tenminste een deel van de vissen aanwezig zijn in de spuikom, ook in het diepe deel, relatief snel na het spuien. Er zijn wel indicaties dat er vissen worden 'herverdeeld' of 'meegevoerd' als gevolg van het spuien (Figuur 3-8 en Figuur 3-9 en Griffioen en Winter, 2014b) maar onbekend is welk deel van het totale aantal vissen in de spuikom dit is. Dat vissen in de spuikom aanwezig blijven ook relatief vlak na het spuien betekent dat zij zich schuilhouden tussen het stortsteen op de bodem en langs de oevers van de strekdammen in luwe plekken (Figuur 4-1, rechter twee scenario's). Hier lijkt het aannemelijk dat glasalen (en mogelijk ook

botlarven op basis van literatuur Winter et al. 2014) met afgaand tij zich op de bodem schuilhouden (Figuur 3-23), of in ieder geval lager in de waterkolom, en schuilen tussen stortsteen of ander substraat op de bodem tijdens het spuien. Na het spuien kunnen zij met opkomend tij zich weer hoger in de waterkolom vinden. Spiering en mogelijk ook stekelbaars kan waarschijnlijk relatief sneller reageren door middel van actief zwemmen en zal tijdens het spuien mogelijk gedeeltelijk worden weggespoeld uit de spuirom, maar kunnen zich ook langs de oevers schuilhouden (Figuur 4-1, rechter scenario). Het feit dat driedoornige stekelbaars relatief dicht bij de oevers is gevangen op dag 1 en 2 tijdens de eerste run, maar ook in het midden van de spuirom (Figuur 3-19) geeft aan dat ook zij relatief snel na het spuien in de spuirom aanwezig zijn.

Conclusie: Er zijn geen aanwijzingen gevonden van een grootschalige 'uitspoeling' uit de spuirom van glasaal, driedoornige stekelbaars en spiering door het spuien. De vissen kwamen relatief vlak na een spui-event voor in de gehele spuirom. De grote dynamiek in voorkomen van aantallen per locatie binnen een getij-cyclus en tussen dagen suggereert dat er wel een herverdeling van kleine vis plaatsvindt, onbekend is wel aandeel dit is van de aanwezige vissen.

De ruimtelijke verspreiding van kleine vis in de spuirom

Naast een gedeeltelijke herverdeling van het aantal vissen in de spuirom na het spuien is gebleken dat de ruimtelijke verdeling voor vissen in de spuirom niet kan worden toegeschreven aan bepaalde hotspots. Wanneer er verschillen waren gevonden was dit eerder een noord-zuid verdeling dan één bepaalde hoek of locatie in de spuirom. De DIDSON observaties op drie van de zes dagen laten bijvoorbeeld zien dat er enerzijds veel kleine vis in de spuirom aanwezig is en dat er niet tot nauwelijks verschillen zijn tussen de oostelijke en de westelijke locaties. Wel waren er beduidend minder vissen waargenomen in het noorden van de spuirom ten opzichte van de zuidelijke locaties. Bovendien verschilde het voorkomen van de vissen in oostelijke en westelijke locaties per dag.

Opvallend was dat de zuidwestelijke hoek in absolute zin veel vis opleverde met het kruisnetten onderzoek (Tabel 9), maar dit verschilde niet significant met vergelijkbare oostelijke locaties. Er is over alle bemonsterde locaties in de spuirom geen significant verschil gevonden in aantallen vissen per oppervlakte voor spiering en botlarven. Echter, beide soorten zijn in relatief kleine hoeveelheden bemonsterd en de piek van de migratie van spiering is in het kruisnetten onderzoek gemist (Figuur 3-3). Er is wel een significant verschil gevonden tussen de locaties voor de soorten glasaal en driedoornige stekelbaars, beide zijn relatief meer gevangen bij de locaties nabij de deuren en in de zuidwestelijke hoek van de spuirom. De verschillen in glasaalvangsten per locatie zijn dusdanig klein dat er in een na-analyse (paarsgewijze post hoc test) geen significante verschillen zijn gevonden tussen de locaties. We kunnen ons derhalve afvragen of er voor glasaal echt significant meer vissen aan de zuidelijke kant van de spuirom bevinden. Ook lijkt, hoewel erg speculatief, het voorkomen van glasalen afhankelijk van weersomstandigheden, zo zijn er op dag 4 met een sterke noordelijke wind relatief veel glasalen gevangen in het noorden van de spuirom die mogelijk een luwe hoek vormt bij een sterke noordenwind (Figuur 3-19). Op alle andere dagen leek deze locatie juist minder goede vangsten op te leveren voor glasaal. Een vergelijking tussen het VVS en de kruisnetten onderzoeken in week 15 laat zien dat er geen aanwijzingen zijn dat er grotere aantallen glasaal voor de spuisluisdeuren bevinden dan dat er elders in de spuirom aanwezig is (Tabel 11).

Voor stekelbaars waren de verschillen tussen de vangsten per locatie wel significant. Deze werden meer gevangen in het zuiden van de spuirom ten opzichte van het midden (locatie 5) en de noordelijkere locaties langs de strekdammen (8 en 10). Tegenstrijdig is dan weer wel dat de meest noordelijkste locatie (9) niet significant verschilde van de locaties bij de deuren, maar wel van de zuidwestelijke hoek (7, meer vis). Een vergelijking tussen de proeven in de spuirom voor het visvriendelijk sluisbeheer en het onderzoek met kruisnetten in de spuirom (hoofdstuk 3.4), laat zien dat er geen indicatie is dat er

substantieel veel meer driedoornige stekelbaars bij de intrek wordt gevangen ten opzichte van de glasalen in de spuikom omgerekend naar volume-eenheid.

Een soort als haring laat zien dat er wel degelijk grote aantallen vis nabij de spuisluisdeuren aanwezig kunnen zijn. Beroepsvissers geven aan dat spiering zich op een zelfde manier gedraagt, maar dat wij dit in de kruisnetten onderzoek niet hebben waar kunnen nemen (pers. comm. gebr. van Malsen). Deze haringen (5-10cm groot), weliswaar geen doelsoort voor de VMR, laten zien dat er enorme scholen van zeer waarschijnlijk enkele 100000en vis kunnen ophouden voor de spuideuren, terwijl er noordelijker in de spuikom niet of nauwelijks haring aanwezig was (*Figuur 3-22*). De aanwezigheid van deze haringen in oostelijke of westelijke locaties op de dagen 5 en 6 verschilden per dag, dag 5 oostelijk en dag 6 westelijk.

Het feit dat spiering ook na hoog water in relatief grote aantallen is gevangen werd met de kruisnetten, lijkt te duiden op een actiever zwemgedrag onafhankelijk van het getij, dan bijvoorbeeld glasaal, driedoornige stekelbaars en botlarven (*Figuur 3-23*).

Conclusie: Grote concentraties van trekvis kunnen zich op verschillende plaatsen in de spuikom voordoen. De variatie in het voorkomen van concentraties binnen de spuikom varieert sterk in de tijd. Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat er zich sterke concentraties gedurende lange tijd (vele getijdencycli) op dezelfde plaats opbouwen (geen vaste 'hotspots'). Er is over het algemeen relatief meer driedoornige stekelbaars en glasaal gezien bij de zuidelijke locaties (hoeken en nabij de deuren), waarbij oost of west niet significant verschillend is. Voor spiering zijn er indirecte en anekdotische aanwijzingen dat zij zich wel in grote concentraties kunnen voordoen nabij de spuisluisdeuren, hoewel dit niet direct uit de kruisnettenonderzoeken en het VVS onderzoek blijkt. De variatie in het voorkomen van hoge dichtheden is groot en suggereert dat de onderliggende dynamiek aan verplaatsingen van kleine vis groot is.

De verhouding tussen kleine diadrome vis in en buiten de spuikom

In de fuikenmonitoring zijn in het najaar van 2013 en het voorjaar van 2014 twee fuiken aan de buitenzijde van de spuikom gezet. Spiering en stekelbaars werden hier na verhouding met de vangsten in de spuikom goed gevangen. De gemiddelde vangst aan de buitenzijde was in het najaar zelfs hoger voor spiering en een grofweg een derde lager voor stekelbaars vergeleken met de vangsten in de spuikom (*Figuur 3-6*). Opvallend was dat stekelbaars ook relatief goed langs de afsluitdijk werd gevangen in het najaar. Het voorjaar levert echter een ander beeld op, met relatief veel meer vangsten in de spuikom voor stekelbaars (met name aan de oost oever) en gemiddeld veel meer spiering aan de westoever in vergelijking met de oost oever en de buitendijkse fuiken. Toch zijn er in deze periode buiten de spuikom gemiddeld rond de 900 spiering per fuiketmaal gevangen en rond de 500 langs de oost oever (de west oever heeft in dezelfde periode een gemiddelde van rond de 1800). De verschillen tussen het najaar en het voorjaar laten zien dat, naast dat de aantallen vele malen lager zijn in het najaar, er zichtbaar een ander type gedrag aanwezig is: in het voorjaar echt een typisch migratie gedrag en in het najaar meer een foerageer gedrag dan wel migratie richting overwinteringshabitats voor spiering en stekelbaars. Wanneer we alleen het voorjaar bekijken dan wordt stekelbaars naar verhouding minder goed gevangen in de fuiken buiten de spuikom. Voor spiering is dit niet eenduidig, omdat de vangsten buiten de spuikom lager zijn dan de westelijke oever, maar hoger dan de oostelijke oever. Bij deze vergelijking gaan we ervanuit dat de fuiken een vergelijkbare vangkans hebben voor deze soorten. In de praktijk zal dit niet het geval zijn.

Conclusie: Ook buiten de spuikom komen spieringen en stekelbaarzen voor in relatief grote aantallen. In het voorjaar tijdens de migratie zijn er naar verhouding meer vissen in de spuikom gevangen dan erbuiten. In het najaar was dit verschil minder groot. Deze resultaten zijn in lijn

met een grote dynamiek in onderliggende bewegingspatronen die op een schaal van de spuikom en directe omgeving plaats vindt.

Gedrag van kleine vis in de spuikom in relatie tot het getij

Tijdens opkomend water worden er relatief meer glasaal en stekelbaars gevangen rond hoog water dan gedurende laagwater. Na hoog water nemen de vangsten voor stekelbaars en glasaal weer af (*Figuur 3-23*). Spiering lijkt zich in de spuikom ook na hoog water goed te kunnen handhaven bij afgaand tij. Dit komt overeen met wat beroepsvissers vertellen dat spiering juist met afgaand tij zich nabij de spuisluisdeuren verzamelt om richting het IJsselmeer te zwemmen. Hierbij was het aanbod veelal hoger dan de doortrek. De DIDSON observaties die zeer waarschijnlijk uit hoofdzakelijk haring, stekelbaars en spiering bestaan geven aan dat de vissen gedurende het gehele opkomende tij over het algemeen gelijk verdeeld zijn in de waterkolom. Er zijn beperkte waarnemingen voor botlarven. De gevangen botlarven werden in gelijke hoeveelheden gevangen gedurende drie fases in opkomend tij. Een analyse op de 4^{de} meetdag met het kruisnetten onderzoek (sterke noordenwind), waarbij rond hoogwater is gevestigd liet zien dat de vangsten na hoogwater gelijk waren ($p > 0.05$) voor hoogwater voor driedoornige stekelbaars, glasaal en botlarven. Hoe de lokale weersomstandigheden deze resultaten hebben beïnvloed is onbekend. Het lijkt er wel op dat deze dag afwijkt ten opzichte van de andere dagen met meer vangsten in het noorden dan het zuiden (*Figuur 3-19*).

Conclusie: Van de kleine diadrome soorten lijken glasaal en stekelbaars in grotere aantallen in de waterkolom aanwezig zijn naarmate het tij vordert met een piek vlak voor hoog water. Spiering wordt ook na hoogwater goed gevangen in gelijke hoeveelheden als voor hoog water. Botlarven werden gedurende opkomend tij in gelijke hoeveelheden gevangen, maar het aantal waarneming was erg beperkt. Er zijn indicaties dat alle soorten ook vlak na hoog water in gelijke hoeveelheden zijn gevangen als voor hoogwater.

4.3 Ruimtelijk verspreiding, zoekgedrag en intrek succes van grotere trekvis

De hier gepresenteerde telemetrie-onderzoeken van zeeprík, houting (en enkele zeeforel), alsmede het PIT-tag onderzoek van rivierprík (Griffioen & Winter 2014) laat zien dat grotere trekvis zoekgedrag op schaalniveaus groter dan spuikom-niveau plaats vindt en dat een deel van de vis tijdelijk buiten de spuikom vertoeft alvorens de spuikom weer in te trekken. Er is geen duidelijke voorkeur voor oostelijke dan wel westelijke zijde van de spuikom waargenomen en de meeste gezenderde vissen bezoeken beide zijden binnen korte periode.

Conclusie: Plaatsing van de ingang van de VMR aan de westelijke dan wel oostelijke zijde lijkt niet veel uit te maken. De kans op het bezoeken van de directe omgeving vaneen eventuele VMR ingang lijkt groot en als deze een attractieve werking heeft voor grotere trekvis zal de attractie-efficiëntie (vindkans) hoog zijn.

In de zenderstudie is slechts één van de 25 gezenderde zeepríken en geen van de 5 houtingen en 1 zeeforel opgedoken bij de scheepvaartsluis. Bij de ingang van het scheepvaartsluiscomplex zijn veel meer gezenderde vissen waargenomen. De vindbaarheid van deze potentiële intrekroute lijkt derhalve relatief groot, maar de aantrekkende werking van de scheepsluizen lijkt gering. Voor rivierprík waren de fuikvangsten bij de scheepvaartsluis relatief hoog en het is mogelijk dat rivierprík de scheepsluizen meer bezoekt dan bijvoorbeeld zeeprík. Maar bij fuikvangsten speelt vangkans en lokale bewegingsfrequentie een grote rol en om dit vast te kunnen stellen zou ook voor rivierprík gedrag van individuele vissen met zenderonderzoek gevolgd moeten worden.

Conclusie: De zenderstudie bevestigt het idee dat de spuikom een veel grotere aantrekkingskracht heeft op actief zwemmende trekvis dan de scheepvaartsluis. En dat het grootste deel van het aanbod zich niet bij de scheepvaartsluis aandient.

De barrière werking van de Afsluitdijk lijkt hoog voor zeeprik (met een geschat intrek succes van slechts 12-24 % op basis van de zenderstudie). Daarnaast treedt er (tot soms aanzienlijke) vertraging op tijdens de intrekperiode. Voor houting en zeeforel zijn de aantallen om intrek succes te kunnen bepalen te gering, maar lijkt deze hoger te zijn dan voor zeeprik (minimaal 3 uit 5 voor houting en 1 uit 1 voor zeeforel). Dit is in lijn met eerder onderzoek met NEDAP zenders waarbij voor zeeforel een intrek succes van minimaal 52 % is gevonden (de Vaate et al. 2003)











Conclusie: Ook een als sterkere zwemmer gekwalificeerde trekvis als zeeprik weet in de huidige situatie maar voor een beperkt deel succesvol binnen te trekken. Daar bovenop zal de Afsluitdijk extra vertraging opleveren tijdens de paaitrek die voor een deel aanzienlijk kan zijn.

De gebruikte zendermethodiek en opstelling met VEMCO akoestische telemetrie is bewezen geschikt gebleken om het intrek succes, zoekgedrag en gevolgde intrekroute van grotere trekvis te kunnen bepalen in deze zeer dynamische en uitdagende locatie en dit maakt dat een belangrijk kennishiaat zoals geconstateerd in het bronnenonderzoek (Winter et al. 2014), namelijk de intrekefficiëntie van de huidige situatie, alsmede de factoren die deze beïnvloeden te bepalen is met uitbreiding van het onderzoek naar grotere aantallen gezenderde vis en is naast zeeprik, houting en zeeforel ook zeker geschikt voor rivierprik en zalm.

4.4 Concluderende slotopmerkingen

De verspreiding en dynamiek in het voorkomen van trekvis in de spuikom is erg groot zowel binnen een getij-cyclus als tussen verschillende dagen. Grote concentraties van trekvis kunnen zich op verschillende plaatsen in de spuikom voordoen. De variatie in het voorkomen van concentraties binnen de spuikom varieert sterk in de tijd. Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat er zich sterke concentraties gedurende lange tijd (vele getijdecycli) op dezelfde plaats opbouwen (geen vaste 'hotspots') (Tabel 16). Deze dynamiek in verspreiding in de tijd lijkt voornamelijk een de resultante van de wisseling van getijdestroming gedurende het getij (Selectief Getijden Transport), hoge stroomsnelheden richting Waddenzee en turbulentie tijdens spuien (dat kan zorgen voor een herverdeling van vis) en actief zwemgedrag van trekvis. Waarbij vis met geringe zwemcapaciteit (botlarven, glasaal) meer afhankelijk zijn van de dynamiek in hydrodynamische omstandigheden als gevolg van getijde, spui en wellicht ook wind dan sterke zwemmers. Daarnaast lijkt de verblijftijd van veel trekvis aanzienlijk te zijn. De combinatie van grotere verblijftijd in en rond het spuicomplex met grote dynamiek in bewegingspatronen, maakt het aannemelijk dat de vindkans van de ingang(en) van de VMR groot zijn aangezien de meeste vissen in de tijd een grote ruimte binnen de spuikom bestrijken en zeer waarschijnlijk meerdere kansen krijgen om deze op te merken (Tabel 16).

Tabel 15 Samenvattende conclusies per doelsoort van de VMR. Ook wordt er per soort een inschatting gemaakt van de verspreidingsdynamiek, het gebruik van selectief getijden transport en het passage succes richting het IJsselmeer. Voor alle vissoorten, met uitzondering van zalm en fint is in de aanvullende onderzoeken nieuwe kennis verkregen t.o.v. bronnenonderzoek. Foto's vissen: Sportvisserij Nederland. ● = conclusie door direct onderzoek ● = conclusie naar speculatie a.d.h.v. analogie andere soort of indirecte bewijzen ● = onbekend of best guess conclusie

Soort	Beknpte conclusies gedrag en voorkomen bij spuikcomplex Kornwerderzand	Schaal niveau bewegingspatronen	Belangrijkste factoren bewegingspatronen	Passage succes huidige situatie
 Atlantische zalm	● De verspreidingsdynamiek en actief zwemgedrag is groot op basis van gemerkte zeeforel (vergelijkbare soort) en zalmen in fuikvangsten. Het is waarschijnlijk dat de gehele spuikom hiervoor wordt benut. Zalm wordt echter nauwelijks gevangen bij Kornwerderzand in de monitoring, slechts 29 exemplaren vanaf 2001.	● Minimaal spuikom niveau	● Actief zwemgedrag	● > 50%(schatting op basis zeeforel zender-onderzoek onder aanname dat zalm vergelijkbaar is)
 Bot(larve)	● Botlarven werden in de hele spuikom in gelijke fracties gevangen gedurende het opkomende water. Ook na hoogwater werden botlarven gevangen.	● Spuikom niveau	● Getijde en waarschijnlijk gedeeltelijke herverdeling door spuien	● Niet tot zeer laag voor botlarven, laag voor juveniele bot dispersie/migratie
 Driedoornige stekelbaars	● Stekelbaarzen werden in de hele spuikom gevangen met het kruisnet in significant grotere vangsten in de zuidwestelijke hoek van de spuikom en de oostelijke deur. Ook de locatie nabij de westelijke deur leverde relatief grote vangsten op. Stekelbaars werd na hoogwater minder goed gevangen dan vlak voor hoog water.	● Spuikom niveau, m.n. zuidelijke deel	● Getijde en gedeeltelijke herverdeling door spuien en in geringere mate actief zwemgedrag daar bovenop	● Laag
 Europese aal (glasaal)	● Glasaal werd verspreid in de gehele spuikom gevangen in maart en later in het seizoen meer richting het zuiden van de spuikom. Over de hele periode gezien is er een lichte voorkeur voor het zuiden van de spuikom. Glasaal werd na hoog water minder gevangen dan vlak voor hoogwater.	● Spuikom niveau, later in seizoen zuidelijke deel	● Getijde en gedeeltelijke herverdeling door spuien, later in seizoen actief zwemgedrag daar boven op	● Laag – matig
 Fint	● Kleine en grote fint werd zowel in als buiten de spuikom gevangen. Op basis van de fuikvangsten lijkt de verspreidingsdynamiek in de spuikom groot. De vangkans in de fuiken wordt zeer klein ingeschat (Griffioen et al. 2014). Onbekend is dat de finten zich niet of nauwelijks langs de oever bevinden of dat zij de fuiken goed kunnen ontwijken. Het laatste scenario lijkt waarschijnlijker naar aanleiding van een vergelijk tussen zeggen visserij en fuikvangsten (Griffioen et al. 2014).	● Onbekend, waarschijnlijk spuikom niveau of groter analoog aan andere sterke zwemmers	● Onbekend, waarschijnlijk actief zwemgedrag	● Onbekend
 Houting	● Houting word nauwelijks in de fuiken gevangen, terwijl deze wel aanwezig zijn in de spuikom op basis van zegvisserijvangsten (Griffioen et al. 2014). Op basis van de fuikvangsten over de jaren 2001 - 2012 lijkt de verspreidingsdynamiek in de spuikom groot. De vangkans in de fuiken wordt zeer klein ingeschat (Griffioen et al. 2014). Onbekend is of houting zich minder langs de oever bevinden of dat zij de fuiken goed kunnen ontwijken.	● Minimaal spuikom niveau	● Actief zwemgedrag (zenderonderzoek)	● > 50 %, gebaseerd op zeer klein aantal gezenderde houting (dit rapport)
 Rivierprik	● De tijd tussen merk en terugvangst (Griffioen en Winter 2014a) geeft aan dat voor een deel van de populatie de verblijftijd zeer lang is of zeer kort is met terugkeergedrag. Er vindt zoekgedrag op complexniveau plaats (Griffioen en Winter 2014a). Analoog aan gevonden zoekgedrag van zeeprik lijkt intensief zoekgedrag en benutten van de gehele spuikom waarschijnlijk.	● Minimaal spuikom niveau, en deels complex-niveau	● Waarschijnlijk actief zwemgedrag	● < 25% , aannemend dat deze vergelijkbaar of lager is dan voor zeeprik die grote zwemcapaciteit heeft
 Spiering	● Er zijn relatief veel spiering gevangen in de kruisnetten in de zuidwestelijke hoek van de spuikom, echter verschillen de vangsten in de spuikom niet significant van elkaar. Spiering kwam in de gehele spuikom in gelijke fracties voor. Op basis van observaties van jonge haring en gesprekken met beroepsvissers kunnen spieringen zich ophouden in het zuidelijke gedeelte van de spuikom, waarbij zij ook na hoogwater zich goed kunnen handhaven in de spuikom.	● Spuikom niveau, m.n. zuidelijke deel	● Getijde en gedeeltelijke herverdeling door spuien en actief zwemgedrag daar bovenop	● Laag-matig
 Zeeforel	● Zeeforel is een sterke vis die de gehele spuikom gebruikt op basis van fuikvangsten (Griffioen en Winter 2014b), en telemetrie van één vis. Het intreksucces van zeeforel is reeds eerder vastgesteld op minimaal 50% (de Vaate et al. 2003) en werd bevestigd door de huidige studie met slechts één zeeforel die succesvol introk.	● Minimaal spuikom niveau	● Actief zwemgedrag (zenderonderzoek)	● > 50 %(gebaseerd op NEDAP zender-onderzoek en bevestigd door enkele zeeforel dit rapport)
 Zeeprik	● Zeeprikken ondernemen vaak meerdere pogingen om in te trekken afgewisseld met perioden van afwezigheid en naast een relatief gering intreksucces voor een dergelijke goede zwemmer, lijkt tenminste een deel ook extra vertraging op te lopen bij de Afsluitdijk bij Kornwerderzand. Bij het zoekgedrag wordt de gehele spuikom gebruikt.	● Minimaal spuikom niveau	● Actief zwemgedrag (zenderonderzoek)	● 12- 25 % , gebaseerd op 25 gezenderde zeeprikken (dit rapport)

- In absolute termen van vis per 1000 m³ laat de zuidwestelijke hoek van de spuikom, evenals de locaties nabij de spuideuren de grootste dichtheden vis zien in het kruisnetten onderzoek (*Tabel 13*). Er zijn geen grote concentraties vis ('hotspots') gevonden in de spuikom. Wel zijn de zuidelijke locaties (hoeken en deuren) voor stekelbaars en haring significant hoger in aantallen vis. Spiering vertoont volgens beroepsvissers een zelfde gedrag als haring die zich sterk in het zuiden van de spuikom ophoopte.
- Er is geen significant verschil gevonden tussen de oostelijke en de westelijke locaties in termen van aantal vis per oppervlakte (*Tabel 7* en *Figuur 3-20*). Toch geeft de zuidwestelijke hoek en de locaties nabij de deuren in absolute termen veelal grotere aantallen vis weer. Ook is het opvallend dat voor soorten als haring en driedoornige stekelbaars op twee achtereenvolgende dagen de grootste aantallen worden aangetroffen bij de oostelijke over op de ene dag en westelijke oever op de andere (*Figuur 3-19* en *Figuur 3-21*). Dit geeft aan dat de verspreidingsdynamiek voor deze soorten waarschijnlijk groot is.
- Zowel voor kleinere als voor grotere vis zijn er aanwijzingen dat er op z'n minst periodieke menging en verplaatsing van individuen binnen, tot buiten, de spuikom plaats vindt. Hierbij speelt het sterk dynamische karakter zowel in tijd als ruimte door periodiek spuien, getijdestroming en wind een rol, en daar bovenop actief zwemgedrag (minst sterk voor botlarven en glasaal vroeg in seizoen, iets sterker bij glasaal later in seizoen en driedoornige stekelbaars, en nog sterker bij spiering en haring). Het zenderonderzoek laat zien dat actief zwemgedrag in de gehele spuikom domineert bij zeeprick en houting en waarschijnlijk ook bij zeeforel.
- In het noorden van de spuikom lijkt het voorkomen van diadrome vis iets beperkter dan in het zuidelijke deel van de spuikom, al bevinden zich in de heel spuikom grote aantallen met name kleine vis. Dit is aangetoond voor een deel met het kruisnettenonderzoek en de DIDSON observaties.
- Selectief getijdentransport lijkt in de spuikom aanwezig voor glasaal en driedoornige stekelbaars. Het aantal waarnemingen voor botlarven was beperkt, maar zij werden gevangen met opkomen tij. Spiering wordt ook na hoog water goed gevangen.
- De DIDSON observaties laten geen verschil zien tussen oost en west. Beide oevers laten dezelfde ordegrrootte zien. Het aantal vis aan de oost en westzijde kan per dag verschillen.
- Telemetrie laat intensieve benutting van de gehele spuikom zien voor de meeste individuen en tussentijdse verblijven buiten de spuikom, wat duidt op zoekgedrag op grotere schaal) vindt tenminste plaats voor een deel van de grotere trekvis.
- De spuikom heeft een veel grotere aantrekkende werking op zowel kleine als grote trekvis dan de scheepsluis.

5 Aanbevelingen VMR

In dit hoofdstuk wordt gekeken welke aanbevelingen in het bronnenonderzoek (Winter et al. 2014) en zoals die uit de International Expert Meeting Fish Migration River Afsluitdijk (8-9 mei 2014) naar voren zijn gekomen, op basis van de nieuwe bevindingen en kennis zoals gepresenteerd in dit rapport verder aangescherpt kunnen worden. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in aanbevelingen die met name zijn gericht op het ontwerp en inrichting van de VMR en aanbevelingen hoe nog openstaande cruciale kennisvragen zouden kunnen worden onderzocht om tot een optimaal ontwerp en beheer te komen voor de VMR.

5.1 Aanbevelingen m.b.t. de inrichting en ontwerp van de VMR

Locatie van de ingang van de VMR

Op basis van de resultaten en grote dynamiek in verspreiding in de spuikom, lijkt het voor zowel kleine als grote vis niet heel veel uit te maken of er oost of west een ingang van een VMR is. Er zijn aanwijzingen dat de zuidwestelijke hoek in absolute zin vaak meer vis laat zien ten opzichte van andere locaties. De verschillen zijn weliswaar veelal niet significant met andere zuidelijke locaties. Ook de fuikvangsten, welke overigens vaak maar een fractie uitmaken van het werkelijke aanbod (Griffioen et al. 2014), laten zien dat de zuidwestelijke hoek gemiddeld gezien grote vangsten opleveren (Griffioen en Winter 2014b). Als er een zijde gekozen moet worden lijkt de westelijke zijde dus iets gunstiger dan de oostelijke zijde, maar veel vis zal beide zijden bezoeken tijdens het verblijf in de spuikom.

De kans dat het aanbod van kleinere vis slechts ten dele wordt 'bediend' wanneer een VMR alleen aan de westzijde een ingang heeft, lijkt gering voor alle soorten al is dit iets meer onzeker voor glasaal en botlarven. De vissen lijken in voldoende mate verspreid in de spuikom waarmee een ingang aan de oostzijde de verblijftijd in de spuikom van de kleinere vis alleen zou verkorten. Voor glasaal en botlarven is het zeer waarschijnlijk dat zij door de menging van het water door het spuien en de getij werking waarschijnlijk ook van oost naar west (of andersom) zouden kunnen gaan. Dit laatste is niet bewezen, maar lijkt aannemelijk gezien de waargenomen patronen in ruimte en tijd. Ook voor botlarven en glasaal geldt dat een ingang aan één zijde van de spuikom de verblijftijd wellicht kan verkorten.

Meerdere ingangen van de VMR in de spuikom zal de vindkans verhogen, maar gezien de relatief grote spreiding in de spuikom lijkt ook een beperkt aantal ingangen (bijvoorbeeld twee, één in de zuid-west hoek direct naast de spuikokers en één halverwege de westelijke oever van de spuikom) kansrijk om tot hoge attractie-efficiëntie te kunnen komen.

Ook een ingang van de VMR buiten de spuikom?

Een ingang aan de buitenzijde van de spuikom zou gezien de relatief grote fuik vangsten aan de buitenzijde op het eerste gezicht een optie kunnen zijn. Voor diadrome vis is het onwaarschijnlijk dat deze iets toevoegt aan de passage efficiëntie van de VMR, omdat alle diadrome vis de spuikom zal weten te vinden. Gemotiveerde migranten zullen richting de zoetere lokstroom zoals die uit de spuikom komt zwemmen (richting de spuikom). Dit verschil is bijvoorbeeld zichtbaar voor spiering en stekelbaars in het voorjaar en het najaar (*Figuur 3-6* en *Figuur 3-7*).

Alleen voor vissen die uit de spuikom worden weggespoeld door het spuien of zoetwatervis die wordt uitgespoeld tijdens het spuien zouden mogelijk baat hebben bij een ingang aan de buitenzijde van de spuikom, maar het is de vraag of de vindkans voor deze uitgespoelde vis groot genoeg zal zijn..

In het algemeen geldt dat het van groot belang is dat de VMR aansluit bij het gedrag van vis, wat betekent dat het opkomende tij voor soorten als glasaal en stekelbaars belangrijk is (*Figuur 3-23*) en op

basis van literatuur ook voor botlarven (Winter et al. 2014). Voor soorten als spiering blijkt dat zij ook na hoog tij in relatief grote hoeveelheden in de waterkolom aanwezig zijn. Zij lijken zich in de spuikom goed te kunnen handhaven met afgaand tij. Hierbij zal het een rol spelen dat de getijdestromingen in de spuikom (doodlopende zijarm) veel geringer zijn dan in een natuurlijk estuaria het geval is.

5.2 Aanbevelingen omtrent openstaande kennisvragen m.b.t. VMR

De in deze rapportage beschreven nieuwe onderzoeken en resultaten geven veel inzicht in de verspreidingsdynamiek en het voorkomen vis in de spuikom. Hierbij wordt voor kleine trekvis onderliggende bewegingspatronen met name afgeleid of geïnterpreteerd aan ruimtelijke patronen in aantallen in de tijd. Voor grotere trekvis is deze rechtstreeks meetbaar gebleken met de gekozen telemetrie opzet.

Merk-terugvangst experimenten gekoppeld aan kruisnetonderzoek

In het kruisnetten onderzoek is er met name in de maand maart veel glasaal gevangen. De gehele spuikom werd bezet door glasaal. In het verdere verloop van het onderzoek nam het aantal glasaal sterk af. Het is onbekend wat het lot van deze glasalen is. Op basis van een kwalitatieve indruk leken veel glasalen in mei een minder goede conditie te hebben. Het kan zijn dat glasalen in de tussentijd zijn weggetrokken, zijn gestorven of succesvol het IJsselmeer hebben weten te bereiken. Alle drie de scenario's resulteren in afnemende vangsten in de tijd. Daarnaast is het onbekend of en hoeveel nieuwe aanwas er in de monitoringsperiode is geweest. Om te onderzoeken in hoeverre glasaal zich in de huidige situatie gedraagt, worden kleur experimenten voorgesteld conform methodiek van Foekema et al. (2014). Door glasalen te kleuren kan er inzicht worden verkregen in de verblijftijd en verspreidingsdynamiek in de spuikom.

Opbouw van vis in het getij en na spui-events

- 1) De beschreven kruisnetonderzoeken en fuikvangsten geven inzicht in het eventueel wegspoelen van vis na een spui-event. Op basis van de huidige gegevens zijn hypothetische scenario's beschreven in *Figuur 4-1*, welke met nader onderzoek onderzocht kunnen worden. Er wordt voorgesteld om vlak voor en direct na een spui-event op diverse locaties in de spuikom met de DIDSON te monitoren. Op deze manier krijgt men inzicht in de aanwezigheid van vis voor en na het spuien. De locaties zullen strategisch moeten worden ingezet, waarbij de hoeken en de oevers evenals locaties voor de deuren worden gefilmd. Ook locaties buiten de spuikom (bijvoorbeeld ter hoogte van fuiken 8 en 9 zie hoofdstuk 3.1) kunnen worden meegenomen voor en na het spuien. Op deze manier kan men toetsen in hoeverre spuien invloed heeft op de aanwezigheid van vis in de spuikom. Om informatie over zwakke zwemmers op deze momenten te verkrijgen wordt aanbevolen om met kleine kruisnetten (1x1 m) op dezelfde locaties te monitoren. De vangsten zijn relatief snel te verwerken, maar leveren informatie op van vissen die niet kunnen worden waargenomen met de DIDSON (glasaal en botlarven).
- 2) Een deskstudie van de glasaal monitoring in Den Oever welke gedurende de maanden maart – juni vrijwel dagelijks tussen 22:00 en 05:00 elke uur wordt uitgevoerd voor een spuikoker met één 1x1 kruisnet kan worden gekoppeld aan spui-events en andere weersomstandigheden. Een dergelijke analyse geeft inzicht in de eventuele opbouw van concentraties tussen twee spuivensters in. Dit maakt ook een betere beoordeling van de effectiviteit van VVS versus VMR mogelijk.

Intreksucces en gedrag van grotere trekvis met zenderonderzoek

De gebruikte opzet en methode van telemetrie is zeer geschikt gebleken om het gedrag en intreksucces langs zowel de spuikokers als de scheepsluis te bepalen voor grotere trekvis. Dit is een belangrijke kennisleemte om de effectiviteit van de VMR te kunnen bepalen. In dit rapport is een eerste onderzoek gepresenteerd met geringe aantallen zeeprík (n=25), houting (n=5) en zeeforel (n=1). In vervolgonderzoek kunnen grotere aantallen voor deze soorten worden ingezet en kan de periode worden uitgebreid naar jaarrond, zodat ook de volledige migratieperiode van bijvoorbeeld houting en zeeforel wordt gemonitord. Een andere belangrijke doelsoort voor dergelijk zenderonderzoek is de rivierprík. In het merk-terugvangst experiment wat in december van 2013 en de eerste maanden van 2014 werd uitgevoerd bleek dat de rivierprík in grotere aantallen gevangen kan worden. Grotere rivierpríken zijn eerder gebruikt in VEMCO studies (Winter et al. 2013) en bewezen geschikt gebleken voor deze methode. Dit is een Habitatrichtlijnsoort waarvoor de Afsluitdijk de enige toegangspoort is voor beken die in de IJssel uitmonden of kleinere rivieren als de Overijsselse Vecht. Het netwerk aan detectiestations zoals opgesteld bij Kornwerderzand, kan worden uitgebreid naar bijvoorbeeld Den Oever, om intreksucces en uitwisseling tussen beide spuicomplexen in de Afsluitdijk inzichtelijk te krijgen. Of op strategische punten in het achterland van de Afsluitdijk, zoals mondingen van zijrivieren, beken en bij barrières met vistrappen.

Koppeling van hydrodynamische modellering aan gedrag van vis

De VMR biedt migratiemogelijkheden voor zowel actief tegen de stroming in zwemmende vis tijdens perioden waarin er via de VMR water vanuit het IJsselmeer naar de Waddenzee stroomt, als ook voor 'passief' met de stroming meezwemmende of liftende trekvis tijdens perioden dat er water vanuit de Waddenzee de VMR in wordt gelaten. Het faciliteren van de intrek van kleine trekvis en de effectiviteit die met de VMR zou kunnen worden bereikt is momenteel onbekend. Er zijn goede en gedetailleerde hydrodynamische modellen ontwikkeld door Deltares voor de spuikom en directe omgeving van Kornwerderzand. Door deze te koppelen aan modelbenaderingen om visgedrag te simuleren, bijvoorbeeld *Agent-Based*, *Individual Based Modelling* of vis als *particles* met gedragsregels te beschouwen en te implementeren in hydrodynamische modellen en te valideren met waargenomen dichtheidspatronen zoals binnen het kruisnetten-onderzoek kan zowel meer inzicht in onderliggende processen en gedragspatronen worden verkregen als verschillende beheers- en inrichtingsvarianten van de VMR worden doorgerekend. Wij denken dat met name een iteratief proces waarbij modeluitkomsten, parametersetting en verschillende settings van gedragsregels in combinatie met veldwaarnemingen aan dichtheden en dynamiek in de tijd goede kansen biedt om een inschatting te maken welk deel van het aanbod de VMR bedient, wat verblijftijden zijn en met welke beheers- en inrichtingsvarianten de effectiviteit voor met name zwakke zwemmers (zoals botlarven, glasaal, driedoornige stekelbaars en spiering) kan worden geoptimaliseerd. Dynamiek in dichtheden, menging / concentraties processen in de spuikom en timing van ingelaten volumes en mate van actief zwemgedrag zullen hierin waarschijnlijk bepalende factoren zijn.

Deze koppeling kan ook worden gemaakt voor grotere trekvis, c.q. sterke zwemmers. De gedragsregels hiervoor zullen complexer zijn, met name in relatie tot oriëntatie tot prikkels en hoe gaan individuen om met onnatuurlijke situaties en de 'beslis-ruimtes' voor gedrag van vis is voor deze soorten en volwassen levensstadia veel groter. Voordeel is dat voor deze soorten validatie van bijvoorbeeld IBM modellen rechtstreeks kan worden gekoppeld aan data van (liefst 3D) zenderonderzoek. Gezien de stromingscondities die optreden in de VMR en het intensieve zoekgedrag dat voor de meeste grotere gezenderde vissen is waargenomen in de spuikom, lijkt een goede attractie-efficiëntie goed haalbaar. De attractie-efficiëntie van een vispassage wordt vaak gekoppeld aan de verhouding van het debiet uit de vispassage (lokstroom) versus het debiet die via de barrière stroomt (concurrerende stroming die leidt naar niet passeerbare omstandigheden). Deze relatie geldt voor permanent en één richting op stromende watersystemen zoals rivieren. De situatie bij een onnatuurlijke zoet-zoutovergang als Kornwerderzand is

gecompliceerder, omdat de *overall* attractie efficiëntie van de ingang van de VMR wordt bepaald door de integrale optelsom van drie verschillende situaties die elkaar tijdens een getijdencyclus afwisselen;

- 1) zowel zoetwaterstroming via spuikokers als uit de VMR naar Waddenzee (in deze situatie is de verhouding lokstroom/spuidebiet wellicht bepalend voor attractie-efficiëntie).
- 2) uitsluitend zoetere stroming uit de VMR naar Waddenzee tijdens perioden direct voor en na het spuien (waarschijnlijk bepaald hier de reikwijdte van de lokstrooming in de spuikom en de duur van deze periode hoe groot de attractie efficiëntie tijdens deze situatie is)
- 3) de VMR instromend zouter water vanuit de Waddenzee (waarschijnlijk bepaalt hier het ingelaten volume, duur van de periode en mate waarin selectief getijdentransport gedrag wordt vertoond de attractie efficiëntie).

Omdat grotere vis meer migratiemogelijkheden heeft dan zwakke zwemmers, gedrag van sterke zwemmers rechtstreeks middels telemetrie kan worden gemeten en complexer is om te modelleren, en omdat de intrek van zwakke zwemmers het meest beperkt is in de huidige situatie bevelen wij aan om hogere prioriteit te geven aan koppeling van hydrodynamische modelstudies aan gedragsmodellen en veldwaarnemingen van zwakke zwemmers dan van sterke zwemmers.

6 Dankwoord

Voor de facilitatie, het uitvoeren van veldonderzoeken en het sparren over lokaal visgedrag en het voorkomen van vis in de spuikom willen wij Tjerk en Marinus van Malsen (WON1) bedanken. Zij hebben hun kennis vanuit jarenlange praktijkervaring uitvoerig gedeeld. Zij voeren de monitoring en de experimenten met grote nauwkeurigheid en enthousiasme uit en zijn van grote waarde geweest in de uitvoering en onderbouwing van de onderzoeken. Verder willen wij Hans Miedema van Rijkswaterstaat bedanken voor het leveren van allerlei spui en andere water gegevens die we hebben gebruikt om het voorkomen van vissen te koppelen aan diverse lokale omstandigheden.

7 Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 1 april 2017 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

Referenties

- Bergstedt R.A., J.G. Seelye (1995) EVIDENCE FOR LACK OF HOMING BY SEA LAMPREYS. Transactions of the American Fisheries Society 124:235-239.
- Bijkerk R. (red) (2010) Handboek Hydrobiologie. Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren. Rapport 2010-28, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort.
- Bjerselius R., Li W.M., Teeter J.H., Seelye J.G., Johnsen P.B., Maniak P.J., Grant G.C., Polkinghorne C.N., Sorensen P.W. (2000) Direct behavioral evidence that unique bile acids released by larval sea lamprey (*Petromyzon marinus*) function as a migratory pheromone. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 57:557-569
- Borcherding J, Pickhardt C, Winter HV, Becker JS (2008) Migration history of North Sea houting (*Coregonus oxyrinchus* L.) caught in Lake IJsselmeer (The Netherlands) inferred from scale transects of Sr-88 : Ca-44 ratios. Aquatic Sciences 70:47-56
- Borcherding J., Breukelaar A.W., Winter H.V., König U. (2014) Spawning migration and larval drift of anadromous north sea houting (*coregonus oxyrinchus*) in the river IJssel, the Netherlands. Ecology of Freshwater Fish 23: 161–170.
- Bos A.R. (1999) Tidal transport of flounder larvae (*Pleuronectes flesus*) in the Elbe River, Germany. Arch Fish Mar Res 47:47-60
- Bult T.P., Dekker W. (2007) Experimental field study on the migratory behaviour of glass eels (*Anguilla anguilla*) at the interface of fresh and salt water. Ices Journal of Marine Science 64: 1396-1401
- Creutzberg F. (1961) On the orientation of migrating elvers (*Anguilla vulgaris* turt.) in a tidal area. Netherlands Journal of Sea Research 1:257-338
- de Boois I.J., M. de Graaf, A.B. Griffioen, O.A. van Keeken, M. Lohman, B. van Os-Koomen, H.J. Westerink, H. Wiegerinck, H.M.J. van Overzee (2014) Toestand van vis en visserij in de zoete Rijkswateren: deel III: data. *In druk*.
- de Graaf M., S.M. Bierman (2012). Report on the eel stock and eel fishery in the Netherlands in 2011. IMARES report C144/12.
- de Groot S.J. (1991) Herstel van riviertrekvisseren in de Rijn een realiteit? de Spiering (*osmerus eperlanus*). De Levende Natuur 92: 19-22.
- de Groot S.J. (1992) Herstel van riviertrekvisseren in de Rijn een realiteit? de Fint (*Alosa fallax*). De Levende Natuur 93:182-186
- de Groot S.J. (2002). A review of the past and present status of anadromous fish species in the Netherlands: is restocking the Rhine feasible? Hydrobiologia 478:205-218
- de Vaate A.B., Breukelaar A.W., Vriese T., De Laak G., Dijkers C. (2003) Sea trout migration in the Rhine delta. Journal of Fish Biology 63:892-908
- Deelder C.L. (1952) On the Migration of the Elver (*Anguilla vulgaris* Turt.) at Sea. Journal du Conseil 18:187-218.
- Deelder C.L. (1958) On the Behaviour of Elvers (*Anguilla vulgaris* Turt.) Migrating from the Sea into Fresh Water. Journal du Conseil 24:135-146.
- Dekker W. (1998) Glasaal in Nederland – beheer en onderzoek. DLO-Rijksinstituut voor Visserijonderzoek, IJmuiden. RVIO-DLO rapport 98.002.
- Dekker W., J. van Willigen (1997) Hoeveel glasaal trekt het IJzemeer in? - verslag van een merkproef met glasaal te Den Oever in 1996 - RIVO rapport nr. C062/97.
- Dekker W., J. van Willigen (2000) De glasaal heeft het tij niet meer mee! - RIVO rapport nr. C055/00.
- Dekker W. (2004). Slipping through our hands: Populations dynamics of the European eel. Proefschrift Universiteit van Amsterdam.
- Dodson J.J., Jones R.A., Leggett W.C. (1972) BEHAVIOR OF ADULT AMERICAN SHAD (*ALOSA-SAPIDISSIMA*) DURING MIGRATION FROM SALT TO FRESH WATER AS OBSERVED BY ULTRASONIC TRACKING TECHNIQUES. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 29:1445
- Feunteun E. (2002) Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*): an impossible bargain. Ecological Engineering 18, 575–591.

- Foekema, E.M., O.A. van Keeken en A.D. Rippen (2014) Glasaalonderzoek Den Oever als onderdeel van het project 'Glasaal over de dijk'. IMARES rapport *nog te publiceren*.
- Gaudron S.M., M.C. Lucas (2006) First evidence of attraction of adult river lamprey in the migratory phase to larval odour. *Journal of Fish Biology* 68:640-644.
- Griffioen A.B., E. Kuijs (2013) Winterintrek van rivierprik bij Kornwerderzand en het Haringvliet najaar 2012 – IMARES Wageningen UR, rapport nr: C084/13.
- Griffioen A.B. (2014) Datarapportage najaar 2013 fuik monitoring Kornwerderzand t.b.v. de VismigratieRivier. IMARES rapport C034/14.
- Griffioen A.B., H.V. Winter (2014a) Merk-terugvangst experiment rivierprik (*Lampetra fluviatilis*) bij Kornwerderzand. IMARES rapport C044/14.
- Griffioen A.B., H.V. Winter (2014b) Het voorkomen van diadrome vis in de spuikom van Kornwerderzand 2001 – 2012 en de relatie met spuidebieten. IMARES rapport C036/14.
- Griffioen A.B., H.V. Winter, J. Hop (ATKB) en F.T. Vriese (ATKB). 2014. Inschatting van het aanbod diadrome vis bij Kornwerderzand. IMARES rapport C069/14.
- Gosset C., Rives J., Labonne J. (2006) Effect of habitat fragmentation on spawning migration of brown trout (*Salmo trutta* L.). *Ecology of Freshwater Fish* 15:247-254
- Jager Z. (1999) Selective tidal stream transport of flounder larvae (*Platichthys flesus* L.) in the Dollard (Ems estuary). *Estuarine Coastal and Shelf Science* 49:347-362
- Jager Z. (2001) Transport and retention of flounder larvae (*Platichthys flesus* L.) in the Dollard nursery (Ems estuary). *Journal of Sea Research* 45:153-171
- Jager Z., Mulder H.P.J. (1999) Transport velocity of flounder larvae (*Platichthys flesus* L.) in the Dollard (Ems estuary). *Estuarine Coastal and Shelf Science* 49:327-346
- Jepsen N, Deacon M, Koed A (2012) Decline of the north sea houting: Protective measures for an endangered anadromous fish. *Endangered Species Research* 16:77-84
- Jonsson N., Jonsson B. (2002) Migration of anadromous brown trout *Salmo trutta* in a Norwegian river. *Freshwater Biology* 47:1391-1401
- Kelly F.L., J.J. King (2001) A review of the ecology and distribution of three lamprey species, *Lampetra fluviatilis* (L.), *Lampetra planeri* (Bloch) and *Petromyzon marinus* (L.): A context for conservation and biodiversity considerations in Ireland. *Biology and Environment* 101:165-185.
- Kemp P.S., I.J. Russon, A.S. Vowles, M.C. Lucas (2011) THE INFLUENCE OF DISCHARGE AND TEMPERATURE ON THE ABILITY OF UPSTREAM MIGRANT ADULT RIVER LAMPREY (*LAMPETRA FLUVIATILIS*) TO PASS EXPERIMENTAL OVERSHOT AND UNDERSHOT WEIRS. *River Research and Applications* 27:488-498.
- Keefer M.L., C.C. Caudill, C.A. Peery, M.L. Moser (2013) Context-dependent diel behavior of upstream-migrating anadromous fishes. *Environmental Biology of Fishes* 96:691-700.
- Kleef H.L., Jager Z. (2002) Het diadrome visbestand in het Eems-Dollard estuarium in de periode 1999 tot 2001. Rapport nr 2002.060.
- Kranenbarg J., Winter H.V., Backx J.J.G.M., (2002). Recent increase of North Sea houting *Coregonus oxyrhynchus* and prospects for recolonisation in the Netherlands. *Journal of Fish Biology* 61 Suppl. A: 251-253.
- Kuijs E., I. Tulp, I. de Boois, J. van Willigen, R. Nijman (2012) Diadrome vissen in het IJsselmeer / Markermeer en de Waddenzee jaarrapport 2010. In: IMARES, Ijmuiden.
- Lucas M.C., Barras E. (2001) Migration of freshwater fishes, Vol. Blackwell Science Ltd
- Morais P., Dias E., Babaluk J., Antunes C. (2011) The migration patterns of the European flounder *Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758) (Pleuronectidae, Pisces) at the southern limit of its distribution range: Ecological implications and fishery management. *Journal of Sea Research* 65:235-246
- Moser M.L., Ross S.W. (1994) Effects of changing current regime and river discharge on the estuarine phase of anadromous fish migration. In: Dyer K.R., Orth R.J. (eds) Changes in fluxes in estuaries: implications from science to management. Olsen and Olsen, Fredensborg, Denmark.
- Mulder I., (2011). Dispersal and habitat use in juvenile River lamprey (*Lampetra fluviatilis*). MSc-thesis nr. T 1844, Wageningen University & IMARES Wageningen UR.
- Potter E.C.E. (1988) MOVEMENTS OF ATLANTIC SALMON, *SALMO-SALAR* L, IN AN ESTUARY IN SOUTHWEST ENGLAND. *Journal of Fish Biology* 33:153-159

- Poulsen S.B., Jensen L.F., Schulz C., Deacon M., Meyer K.E., Jager-Kleinicke T., Schwarten H., Svendsen J.C. (2012) Ontogenetic differentiation of swimming performance and behaviour in relation to habitat availability in the endangered North Sea houting (*Coregonus oxyrinchus*). *Aquatic Living Resources* 25:241-249
- Stasko A.B. (1975) PROGRESS OF MIGRATING ATLANTIC SALMON (*SALMO-SALAR*) ALONG AN ESTUARY, OBSERVED BY ULTRASONIC TRACKING. *Journal of Fish Biology* 7:329-338
- Russon I.J., P.S. Kemp, M.C. Lucas (2011) Gauging weirs impede the upstream migration of adult river lamprey *Lampetra fluviatilis*. *Fisheries Management and Ecology* 18:201-210.
- Russon I.J., P.S. Kemp (2011) Experimental quantification of the swimming performance and behaviour of spawning run river lamprey *Lampetra fluviatilis* and European eel *Anguilla anguilla*. *Journal of Fish Biology* 78:1965-1975.
- Scholle J., D. Kopetsch, P. Rückert, T. Bildstein, J. Meyerdirks (2012) Herstellung der durchgängigkeit für fische und rundmäuler in den vorranggewässern der internationalen flusgebietseinheit Ems. In. BIOCONSULT.
- Sportfischerverband Weser-Ems e.V (2011) Neunaugen aufstiegsmonitoring an fischwegen in Niedersachsen standort Bollingerfähr / Ems. In. Sportfischerverband im Landesfischereiverband Weser-Ems e.V.
- Sportfischerverband Weser-Ems e.V (2012) Neunaugen aufstiegsmonitoring an fischwegen in Niedersachsen Standort Bollingerfähr / Ems. In. Sportfischerverband Im Landersfischereiverband Weser-Ems e.V., Oldenburg.
- Trancart T., Lambert P., Rochard E., Daverat F., Coustillas J., Roqueplo C. (2012) Alternative flood tide transport tactics in catadromous species: *Anguilla anguilla*, *Liza ramada* and *Platichthys flesus*. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 99:191-198
- Tulp I., J.A. van Willigen (2003). Zeldzame vissen in het IJsselmeergebied. RIVO-rapport C029/03.
- Tulp I., J.L. Bolle, A.D. Rijnsdorp (2008). Signals from the shallows: in search of common patterns in long-term trends in Dutch estuarine and coastal fish. *Journal of Sea Research*, 60 (2008), pp. 54–73.
- Tulp I., Keller M., Navez J., Winter H.V., de Graaf M., Baeyens W. (2013) Connectivity between Migrating and Landlocked Populations of a Diadromous Fish Species Investigated Using Otolith Microchemistry. *PLoS ONE* 8(7): e69796
- van Kessel N, Dorenbosch M, Crombaghs B, (2009). Indicaties voor voortplanting van de Zeeprik in Nederland. *Natuurhistorisch Maandblad* 98: 32-37.
- van Overzee H.J.M., de Boois I.J., van Keeken O.A., van Os-Koomen B., van Willigen J., de Graaf M. (2011) Vismonitoring in het IJsselmeer en Markermeer. IMARES-Report C041/11.
- Vethaak A.D. (2013) Disease prevalence in flounder (*Platichthys flesus*) from the Dutch Wadden Sea as indicator of environmental quality: A summary of 1988-2005 surveys. *Journal of Sea Research* 82:142-152
- Vriese F.T., W. de Bruijne, H. Voortman en T. Wijdenes (2014). Voorkeursvariantennotitie visvriendelijke sluisbeheer afsluitdijk en houtribdijk, arcadis, apeldoorn, ATKB Geldermalsen. In opdracht van Rijkswaterstaat Midden Nederland.
- Vrieze L.A., Sorensen P.W. (2001) Laboratory assessment of the role of a larval pheromone and natural stream odor in spawning stream localization by migratory sea lamprey (*Petromyzon marinus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58:2374-2385
- Vrieze L.A., R. Bjerselius, P.W. Sorensen (2010) Importance of the olfactory sense to migratory sea lampreys *Petromyzon marinus* seeking riverine spawning habitat. *Journal of Fish Biology* 76:949-964.
- Vrieze L.A., R.A. Bergstedt, P.W. Sorensen (2011) Olfactory-mediated stream-finding behavior of migratory adult sea lamprey (*Petromyzon marinus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68:523-533.
- Wiegerinck J.A.M., I.J. de Boois, O.A. van Keeken, J.A. van Willigen (2011). Jaarrapportage Passieve Vismonitoring Zoete Rijkswateren: fuik- en zalmsteekregistraties in 2010. IMARES report C045/11.
- Witteveen+Bos (2008) Visstandonderzoek op de Middelgronden. Rapport Witteveen+Bos in opdracht van RWS-IJsselmeergebied.

- Witteveen+Bos (2009a) Metingen aan visintrek bij de uitvoering van schuttingen met de spuilsuizen te Kornwerderzand - RW1696-2.
- Witteveen+Bos (2009b) Metingen vismigratie via de spuiccomplexen in de afsluitdijk - RW1696-1.
- Winter H.V., A.B. Griffioen (2007) Verspreiding van rivierprik-larven in het Drentsche Aa stroomgebied - IMARES Wageningen UR, rapport nr: C017/07.
- Winter H.V. (2007) A fisheye view on fishways. PhD Thesis, Wageningen University, The Netherlands.
- Winter H.V., de Leeuw J.J., Bosveld J. (2008) Houting in het IJsselmeergebied. Een uitgestorven vis terug? - IMARES rapport nr. C084/08.
- Winter H.V., A.B. Griffioen, O.A. van Keeken, P.P. Schollema (2013) Telemetry study on migration of river lamprey and silver eel in the Hunze and Aa catchment basin - IMARES Wageningen UR, rapport nr: C012/13.
- Winter H.V., A.B. Griffioen en O.A. van Keeken. 2014. De Vismigratierivier: Bronnenonderzoek naar gedrag van vis rond zoet-zout overgangen. IMARES rapport C035/14.

Verantwoording

Rapportnummer : C083/14

Projectnummer : 4308601078

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Ir. A.J. Paijmans
onderzoeker

Handtekening:

Datum: 31 juli 2014

Akkoord: Drs. J.H.M. Schobben
Hoofd afdeling Vis

Handtekening:

Datum: 31 juli 2014

Bijlage A. Biologie doelsoorten VMR

Deze bijlage beschrijft kort de verschillende diadrome vissen die zich aan kunnen dienen bij de spuikom van Kornwerderzand in de Afsluitdijk. De beschrijving zijn toegespitst op het belang van het passeren van de Afsluitdijk tijdens de migratie van zout naar zoet water (de intrekperiode). Een uitgebreide beschrijving per soort kan gevonden worden in (Winter et al. 2014). De foto's van de vissen zijn eigendom van *Sportvisserij Nederland*.

Atlantische zalm – *Salmo salar*

De levenscyclus van de anadrome zalm begint bovenstrooms in de bovenlopen van rivieren, waar de eieren in snelstromende grindrivieren en –beken worden afgezet. Na een opgroefase van veelal één tot drie jaar trekken jonge zalmen (15-20 cm, zogenaamde 'smolts') naar zee. Ze leven één tot enkele jaren op zee. Daarna trekken de volwassen zalmen met name in de zomer en het najaar naar de geboortेरivier om te paaien. Het belang van de migratie tussen zoet en zout water voor zalm populatie is groot. Zalm plant zich voor in de bovenstroomse gedeelten van het Rijngebied en het is cruciaal dat ze de rivier op kunnen trekken tot de paaigronden. Om de bovenstroomse Rijn te bereiken kunnen drie intrekroutes worden genomen: via de Afsluitdijk en de IJssel, via het Haringvliet of via de Nieuwe waterweg. De laatstgenoemde is momenteel de enige vrij optrekbare route naar het bovenstroomse deel van de Rijn.



Bot - *Platichthys flesus*

Bot is een katadrome vissoort waarvan de paaigebieden op open zee liggen (Morais et al. 2011). In de winter trekken de volwassen dieren naar diepere delen van de zee. 's Zomers gebruiken volwassen botten estuaria als voedselgebied en kunnen gevonden worden in euryhaline zone van het estuarium. In het voorjaar en voorzomer trekken jonge botlarven stroomopwaarts de estuariene gebieden en rivieren op middels selectief getijdetransport en zijn hierbij afhankelijk van waterstromen (Bos 1999, Jager en Mulder 1999, Jager 2001). De bot is de enige platvis van West-Europa die tot diep in het zoete water gevonden kan worden (Vethaak 2013), zolang er maar geen barrières op de route liggen. Historisch zijn botten tot honderden kilometers landinwaarts in de Duitse Rijn waargenomen. In het zoete water blijven de botten hooguit enkele jaren om weer naar zee te trekken om te paaien. Daarna gaan deze botten niet meer terug naar het zoete water.



De migratiemogelijkheid van zout naar zoet is geen vereiste voor bot omdat opgroei ook in de Waddenzee kan plaatsvinden. Een deel van de botten uit het kustwater trekt de rivieren op, de rest van de botten groeit op in kustwateren en estuaria. De migratie van zoet-zout is dus vanuit een populatieperspectief niet essentieel voor de overleving van de soort in vergelijking met soorten die voor hun voortplanting volledig afhankelijk zijn van een goede migratie tussen zoet en zout. Migratie vergroot wel hun opgroeiareaal flink en kan daarmee de totale populatieomvang doen toenemen.

Botten die voorkomen bij harde zoet-zout overgangen lijken erg kwetsbaar voor een slechte waterkwaliteit (Vethaak 2013). Wat betreft predatie hebben botten een beperkte ontsnappingskans door een lage zwemcapaciteit, maar zijn zij door hun goede schutkleur beschermd tegen predatie (Trancart et al. 2012).

De meeste Nederlandse botten komen voor in ondiepe kustwateren en estuaria zoals de Eems Dollard en de Westerschelde. Ook in grotere brakwatermeren en zoetwatermeren zoals het IJsselmeer worden ze gevonden (Overzee van et al. 2011, Griffioen en Kuijs 2013).

Driedoornige stekelbaars - *Gasterosteus aculeatus*

Driedoornige stekelbaars is een zeer flexibele soort die zich zowel in zout, brak, als zoet water kan voortplanten en zowel resident (morfofotype: *leiurus*) als anadroom (morfofotype: *trachurus*) kan zijn. Stekelbaars heeft dus migrerende en niet migrerende sub-populaties. Hoe de huidige verdeling tussen de populaties met verschillende migratie strategieën is, is onbekend, al is het zeker dat de migrerende anadrome variant veel minder talrijk is geworden door barrières tussen het zoete en het zoute water. Voor de migrerende sub-populaties is migratie tussen zoet en zout van belang, voor de niet migrerende sub-populaties zijn zoet-zout overgangen niet van belang.



Driedoornige stekelbaars is door zijn kleine lichaamslengte een goede prooi voor visetende vogels zoals lepelaars, sterns, meeuwen, reigers, zaagbek etc. Maar ook piscivore vissen zoals snoek, baars en wellicht ook zout water vissen in de Waddenzee zoals zeebaars, prederen op de stekelbaars. Driedoornige stekelbaars komt slechts in zeer klein aantal voor langs de oevers van het IJsselmeer (Overzee van et al. 2011), waarbij het hier waarschijnlijk veelal om de niet-trekkende populatie zal gaan (pers. comm. O.A. van Keecken). In vergelijking met de historische situatie is de trekkende driedoornige stekelbaars in het achterland van de Afsluitdijk enorm afgenomen.

Europese aal - *Anguilla anguilla*

De Europese aal is een katadrome soort die vanuit zee het zoete water opzoekt om op te groeien. Aal plant zich waarschijnlijk voort in de Sargassozee en de larven driften met de stroming mee naar het Europese continent. Bij de kust vindt metamorfose tot glasaal plaats. Glasalen trekken het zoete water binnen om op te



groeien. Na het verblijf in het zoete water veranderen de morfologische kenmerken van de alen wederom (schieraal). Schieralen trekken weer naar zee om zich voort te planten. De aalpopulatie kent een sterke afname gedurende de afgelopen decennia. Zo is de huidige intrek van glasaal slechts 1-5% van de intrek in de jaren 60-70 (Graaf en Bierman 2010). Verschillende factoren zijn mogelijk verantwoordelijk voor deze sterke afname zoals vervuiling, visserij, klimaatverandering, exotische parasieten en bouwwerken (Feunteun 2002, Wirth en Bernatchez 2003, Dekker 2004), maar het relatieve aandeel van elk van deze factoren is onbekend. Bouwwerken (of ook wel kunstwerken genoemd), zoals dammen, stuwen, waterkrachtcentrales, gemalen en sluizen kunnen fysieke barrières vormen tijdens de migratie of kunnen bijdrage aan een verhoogde sterfte. Het belang van de migratie tussen zoet en zout water voor aal is groot. Er zijn ook opgroeiende alen bekend in zout (brak) water, zogenaamde 'buitenaal'. Dit geeft aan dat voor een deel van de alen de migratie naar zoet water niet noodzakelijk is. De bijdrage van het deel van de populatie dat in het zoute water opgroeit is onbekend, maar er wordt aangenomen dat dit relatief klein is en dat het grootste deel van de populatie afhankelijk is van intrek in zoete wateren.

Fint - *Alosa fallax*

Fint is een anadrome soort die vanuit zee het zoete water opzoekt om te paaien. Als paaihabitat prefereren finten grindbanken en zandbanken (Maitland en Lyle 2005). De eieren worden pelagisch afgezet in het zoetwatergetijdengebied van estuaria, zijn niet-kleverig



en bewegen zich vrijelijk in de lagere gedeelten van de waterkolom met het getij in estuaria mee. Na het paaien trekken de adulten terug naar zee. De eieren bevinden zich in het zoete water. Als de larven uit het ei komen, drijven ze stroomafwaarts, in Nederland meestal naar het Waddengebied, waar ze een jaar pelagisch verblijven (Groot de 1992), daarna leven ze pelagisch in open zee. De gebroeders van Malsen hebben in het verleden volwassen fint gevangen, maar dit is al enkele jaren niet meer het geval. Wel werd er in 2006 een grotere hoeveelheid kleinere fint (10 – 15cm) gevangen wat ook weer het geval lijkt te zijn in 2013 (pers. comm. gebr. van Malsen). Het belang van de migratie tussen zoet en zout water voor fint is groot. In het verleden paaide de fint in de Merwede en de Bergse Maas, maar de exacte paaigebieden zijn nooit gevonden (Groot de 1992). In de Eems werden in augustus 1999 in het midden van de rivier jonge finten van circa 10 cm aangetroffen (Kleef and Jager 2002). In het voorjaar van 2005 werden paaiende finten waargenomen in de Beneden-Merwede (waarnemingen vissers van Fam. Klop). Of er daadwerkelijk in Nederland gepaaid wordt is nog steeds de vraag. Wat wel duidelijk is, is dat geschikt habitat (zoetwater getijdegebied met zand of grind) daarvoor in het IJsselmeergebied ontbreekt.

Houting - *Coregonus oxyrinchus*

Houting is een anadrome vis die in de loop van de twintigste eeuw uitgestorven is als paaipopulatie in de Nederlandse rivieren. De houting is een endemische soort van de Waddenzee en trekt de rivieren op om te paaien (Poulsen et al. 2012). De eieren van de houting worden vrij in het water losgelaten en ze plakken vast



aan grind en vegetatie (Poulsen et al. 2012). Wanneer houting niet de bovenstroomse delen de rivier kunnen bereiken door bijvoorbeeld obstructies, zijn zij genoodzaakt om beneden in de rivier te paaien. De larven komen in februari tot maart uit het ei en zijn dan 10 mm groot (Borcherding et al. 2006). De jonge houtingen kunnen langere of kortere tijd in zoet water verblijven, waarna ze naar zee trekken (Borcherding et al. 2008).

In het verleden is de houting uitgestorven door het afsluiten van de Zuiderzee, vervuiling, visserij en het verdwijnen van paaiplekken (Poulsen et al. 2012). Welke habitats in de benedenlopen, estuaria en kustgebieden belangrijk zijn (geweest) voor de opgroei van jonge houting tot volwassen stadia is niet goed bekend. Van Bemmelen (1866) noemt dat de houting in het najaar en het begin van de winter zeer algemeen voorkwam in de Zeeuwse stromen, de meeste Nederlandse rivieren en de Zuiderzee. In de overige tijd van het jaar werd de houting in 'meer of minder' grote aantallen langs de Nederlandse kusten aangetroffen. Van 1987 tot 1992 zijn houtingen uitgezet in het Deense Waddengebied (Jepsen et al. 2012) en sinds begin jaren negentig worden houtingen massaal uitgezet in de Rijn en bij het zijriviertje de Lippe (Kranenbarg et al. 2002). Het IJsselmeer blijkt nu een belangrijk leefgebied voor de succesvol uitgezette houting (Borcherding et al. 2008). Het hele jaar door worden hier houtingen van verschillende leeftijdsklassen aangetroffen. Onderzoek met Nedap-transponders laat zien dat een belangrijk deel van de volwassen houting-populatie in de paaiperiode november-december van het IJsselmeer de IJssel optrekt en na de paai weer terugkeert naar het IJsselmeer (Borcherding et al. 2014). Slechts een klein deel trekt verder dan de IJssel en trekt door naar het Duitse deel van het Rijnstroomgebied of naar de benedenrivieren. Het belang van de migratie tussen zoet en zout water voor houting is groot, echter een deel van de houting-populatie lijkt niet te migreren tussen de Waddenzee en

het IJsselmeer. Uit analyses van otolieten bleek dat een deel van de houting-populatie het IJsselmeer als foerageergebied gebruiken en niet naar zee trekt (Winter et al. 2008, Borcharding et al. 2008). De soort plant zich voor in de zoete beneden delen van de rivier. Voor houting blijft het wel van belang dat deze de rivier op kunnen trekken tot de paaigronden. De IJssel lijkt een belangrijk paaigebied voor de houting die langs de Afsluitdijk en vanaf het IJsselmeer trekt (Borcharding et al. 2014).

Rivierprik - *Lampetra fluviatilis*

Rivierprik is taxonomisch gezien geen vissoort, maar behoort tot de orde der rondbekken (Agnatha). Rivierprik wordt vaak meegenomen in beschouwingen over vis, mede vanwege hun



anadrome levenscyclus en visachtige voorkomen. Volwassen rivierprikken trekken na enkele jaren op zee de rivieren op, naar hoger stroomopwaarts gelegen paaigebieden. De prikken sterven na de paai. De jonge prikken (zogenoemde ammocoeten) verblijven enige jaren als filterfeeder in de waterbodem van rivieren en trekken bij een lengte van ongeveer 12 cm naar zee om als parasiet op andere vissen te leven totdat ze volgroeid zijn (ongeveer 30-40 cm). Waarnemingen van beroepsvissers geven aan dat jonge uittrekkende rivierprik worden gevangen bij de spuikom van Kornwerderzand (pers. comm. van Malsen), wat zou kunnen wijzen op paaigronden van wateren die uitmonden in het IJsselmeer zoals de IJssel. In de Overijsselse Vecht zijn ook rivierprikken waargenomen (Winter 2007). Rivierprik dringt niet ver het Rijn-stroomgebied in en lijkt met name in de benedenstroomse delen en zijbeken te blijven hangen waarschijnlijk om te paaien. Omdat de rivierprik een migratie piek kent in december en mogelijk januari blijft deze vaak onderbelicht in fuikenmonitoring of vangsten omdat de fuiken vaak voor ijsvorming worden verwijderd.

Spiering - *Osmerus eperlanus*

Spiering kan verschillende 'life-history' strategieën vertonen. De trekkende variant (anadroom) die tot 25 cm groot kan worden, was in de Zuiderzee voor de afdamming met de



Afsluitdijk zeer talrijk (De Groot 1991). Sinds de afsluiting op het IJsselmeer komt de soort ook voor als zoetwaterstandvis die kleiner blijft en al na een jaar paairijp is. Uit analyses blijkt dat er waarschijnlijk geen of zeer beperkte bijdrage is van anadrome spiering aan de spiering populatie in het IJsselmeer (Tulp et al. 2013). Het blijft echter onduidelijk of een klein aantal grotere diadrome individuen een disproportionele bijdrage hebben aan de paai in het IJsselmeer (Tulp et al. 2013). Dat spiering wel naar binnen trekt blijkt uit visintrek onderzoeken door Witteveen en Bos (Witteveen+Bos 2009a en 2009b) en informatie van beroepsvissers. Maar in hoeverre dit grotendeels 'binnenspiering' is die na uitspoeling terug wil of dat dit een diadrome vorm is, is minder goed bekend. Een deel van de spiering aan de buitenzijde hebben formaten > 20 cm die niet passen bij 'binnenspiering' en betrekking zullen hebben op anadrome spiering. Voor de trekkende variant is de migratie tussen zoet en zout water van groot belang, voor de zoetwaterstandvis van geen belang.

Zeeforel - *Salmo trutta*

Forel kent verschillende 'life-history' strategieën binnen dezelfde populatie, waarvan de één permanent op de rivieren verblijft (residente strategie, verschijningsvorm 'beekforel') en de ander naar zee trekt (migrerende strategie, verschijningsvorm 'zeeforel'). Elk individu kan zich



afhankelijk van de opgroeiomstandigheden ontwikkelen tot één van beide verschijningsvormen. Er is dus geen sprake van twee verschillende ondersoorten of subpopulaties per rivier zoals nog vaak wordt

aangegeven. In de monitoring programma's worden af en toe forellen gevangen die veel uiterlijke kenmerken van de beekforel hebben. Omdat de vissen bij de Afsluitdijk migrerende individuen zijn van de verschijningsvorm zeeforel, is deze soort in deze rapportage verder als zeeforel aangeduid. Jonge zeeforel trekt, evenals zalm, na één tot drie jaar in de rivieren te hebben geleefd in het voorjaar naar zee, om vervolgens na enkele jaren als volwassen vis weer terug te keren naar de rivieren (Jonsson & Jonsson 2002). In tegenstelling tot zalm verblijft zeeforel in zeeën en kustwateren in de buurt van hun geboorterivier en kan ook tussentijds wel in enige mate het zoete water intrekken. De paaigebieden van zeeforel en zalm kunnen overlappen, waarbij zalm paait op ondiepere en sneller stromende gedeeltes. De jonge dieren, de zogenaamde pre-smolts, verlaten na 1 tot 6 jaar het zoete water in het voorjaar en groeien op in het estuarium of de zee. Na 1 tot 3 jaar op zee te zijn geweest trekken de zeeforellen de rivier weer op in de vroege winter. Na de paai sterft een deel van de ouderdieren, terwijl een deel weer teruggaat naar zee om op een later moment nogmaals aan de paai mee te doen. Het belang van de migratie tussen zoet en zout water voor zeeforel is groot. Zeeforel plant zich voort in de bovenstroomse gedeeltes van het Rijngebied en in de bovenstroomse delen van de Vecht (dit lijkt momenteel slechts een kleine populatie, Winter 2007). Voor de soort is het van belang dat deze de rivier op kunnen trekken tot de paaigronden. De Afsluitdijk vormt een barrière tussen de zee en het bereiken van de paaigronden in de Overijsselse vecht. Doordat sommige individuen op de rivier blijven als beekforel en dat deze eigenschap zich kan ontwikkelen bij het opgroeien, doet de soort aan een vorm van risicospreiding die de populatie in stand kan houden (Gosset et al. 2006, Lucas & Baras 2001). In hoeverre de Afsluitdijk een barrière vormt voor zeeforellen was onderwerp van onderzoek dat in 2003 is gepubliceerd. Hierbij is de migratie van zeeforel vanuit zee richting de zoete wateren bestudeerd met behulp van NEDAP-telemetry. Op een vijf tal plekken zijn zeeforellen van een zender voorzien, waaronder ook bij de Afsluitdijk bij Den Oever en Kornwerderzand (De Vaate et al. 2003). In totaal zijn er over de jaren 1996–2000 582 zeeforellen van een zender voorzien (NEDAP), waarvan 9 bij Den Oever en 61 bij Kornwerderzand. Gedurende deze jaren was er een spui-beheer waarbij de stroomsnelheid in de spuikokers werd geremd ten behoeve van de vismigratie (Winter et al 2014). 33 zeeforellen van deze 70 zijn in het IJsselmeer waargenomen en één is gezien bij het Haringvliet terwijl deze bij de Afsluitdijk van een zender was voorzien. Het feit dat andere gezenderde zeeforellen terug zijn gevonden in andere delen van Europa, zoals Frankrijk en Noorwegen (De Vaate et al. 2003) kan erop wijzen dat niet alle zeeforellen die bij de Nederlandse kust worden gezien ook daadwerkelijk in Nederland willen binnentrekken. Van de dieren die het IJsselmeer waren binnengekomen zijn er 25 (74%) gezien bij Kampen en 20 (59%) in de beneden Rijn. Deze hoge succesvolle passages door het IJsselmeer heen duidt er op dat de zeeforellen relatief goed in staat zijn om de toentertijd veelvuldig aanwezige aalfuiken te ontwijken.

Zeeprik - *Petromyzon marinus*

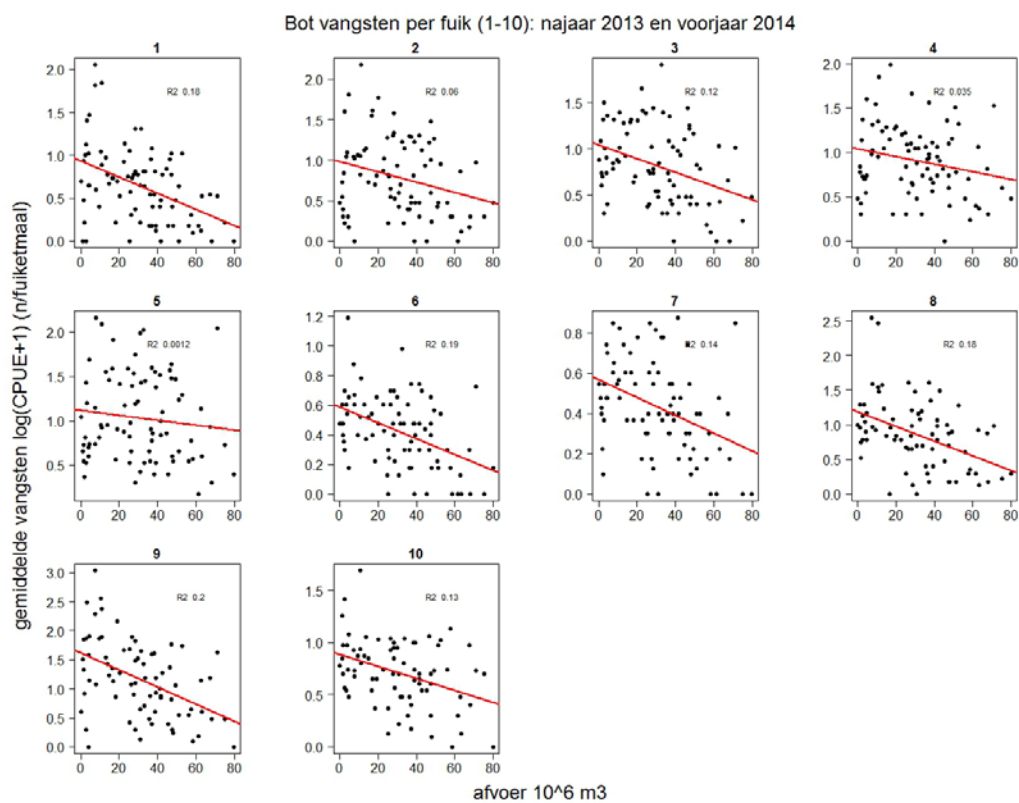
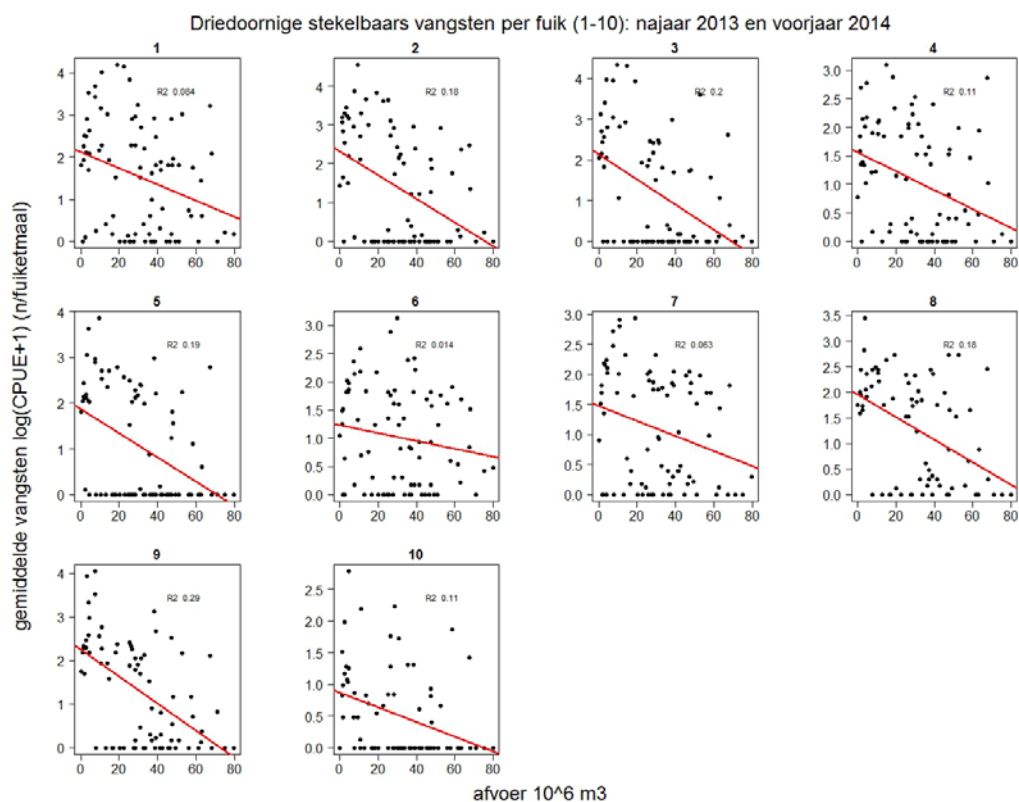
Zeeprik behoort evenals de rivierprik tot de orde der rondbekken. De zeeprik leeft het grootste deel van zijn leven (6-8 jaar) als ammocoete in zoet water voordat deze uiteindelijk in het najaar naar zee trekt. Daar vindt een snelle groei als parasiet op andere vis plaats en na enkele jaren keert de zeeprik



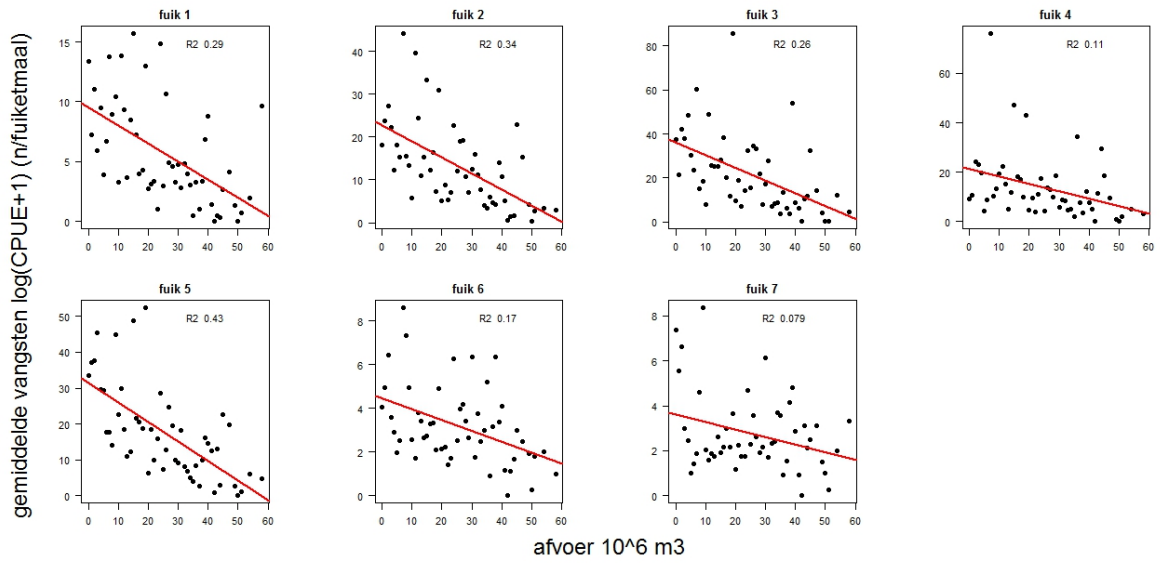
in het voorjaar terug naar de rivieren om hoog stroomopwaarts te paaien. Van zeeprik is nog grotendeels onbekend in hoeverre er een paaipopulatie voorkomt in het stroomgebied van de Nederlandse rivieren. De in het IJsselmeergebied gemelde zeeprikken kunnen afkomstig zijn uit ons omringende landen, omdat ze niet noodzakelijkerwijs terug gaan naar hun geboorterivier (Bergstedt & Seelye 1995). Ze selecteren rivieren op de aanwezigheid van feromonen die door de ammocoeten worden uitgescheiden (Bjerselius et al. 2000, Vrieze en Sörensen 2001). Het belang van de migratie tussen zoet en zout water voor zeeprik is groot. Voor de soort is het van belang dat deze de rivier op kunnen trekken tot de paaigronden. Omdat zeeprikken geen *homing* vertonen, maar afgaan op feromonen van de larven is de Afsluitdijk één van de

doorgangen richting eventuele geschikte paaigronden. Ook de Nieuwe Waterweg en het Haringvliet zijn bijvoorbeeld locaties waar zeeprikken kunnen intrekken. In welke mate de IJssel een route richting de paaigronden op de Rijn vormt is onbekend. Op de Noordzee worden zeeprikken slechts incidenteel aangetroffen. In de kustzone zijn de waarnemingen talrijker. Dit verschil is zeer waarschijnlijk beïnvloed door het trekgedrag in relatie tot de voortplanting en de grotere monsterinspanning in de kustzone. De zeeprrik trok vroeger vanuit de Noordzee in de rivieren stroomopwaarts, in de Rijn tot Basel en in de Maas tot diep in België. Ook in de Schelde en de Eems is de zeeprrik van oudsher aanwezig. Het aantal waarnemingen van de soort in de grote rivieren is vanaf 1960 sterk afgenomen en vertoont een dieptepunt in de jaren '70 en '80. Toch is de soort nooit geheel verdwenen uit de Maas en Rijn. De zeeprrik gebruikt ons land vooral als opgroeigebied voor de larven (ammocoeten) en als doortrekgebied voor volwassen dieren (adulten) die op weg zijn naar geschikte paaiplaatsen in Duitsland en België. Mogelijk bevinden zich echter ook in ons land paaiplaatsen: zo zijn bijvoorbeeld in de Roer sinds 2004 ammocoeten gevonden en zijn in 2009 en 2010 ook enkele volwassen paarijpe zeeprikken waargenomen. De waarneming van een net gemetamorfoseerde zeeprrik in de Niers versterkt het vermoeden dat de soort zich ook in het Maasdal voortplant (Kessel et al. 2009). Zeeprikken gezenderd bij Lith trekken relatief snel door richting bovenstroomse gebieden, waarbij in enkele dagen 120 km afgelegd is met een gemiddelde snelheid van 0.7 m/s. Ook bestaat de indruk dat de zeeprrik meer stroomafwaarts in de Maas paait, aangezien er dode zeeprikken gevonden zijn in juni/juli bij Lith.

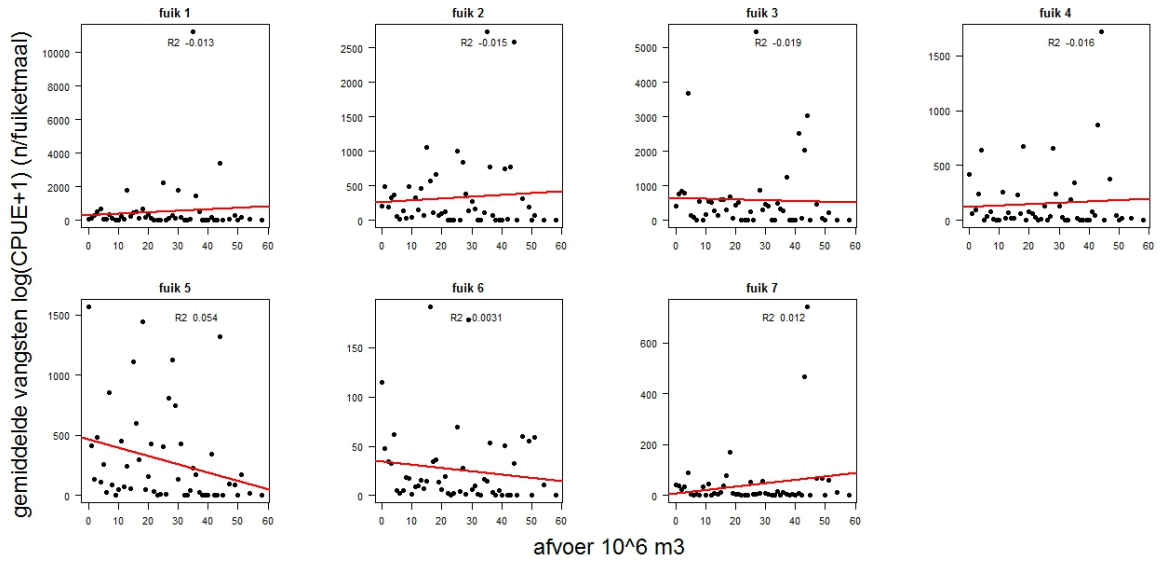
Bijlage B. Fuik vangsten

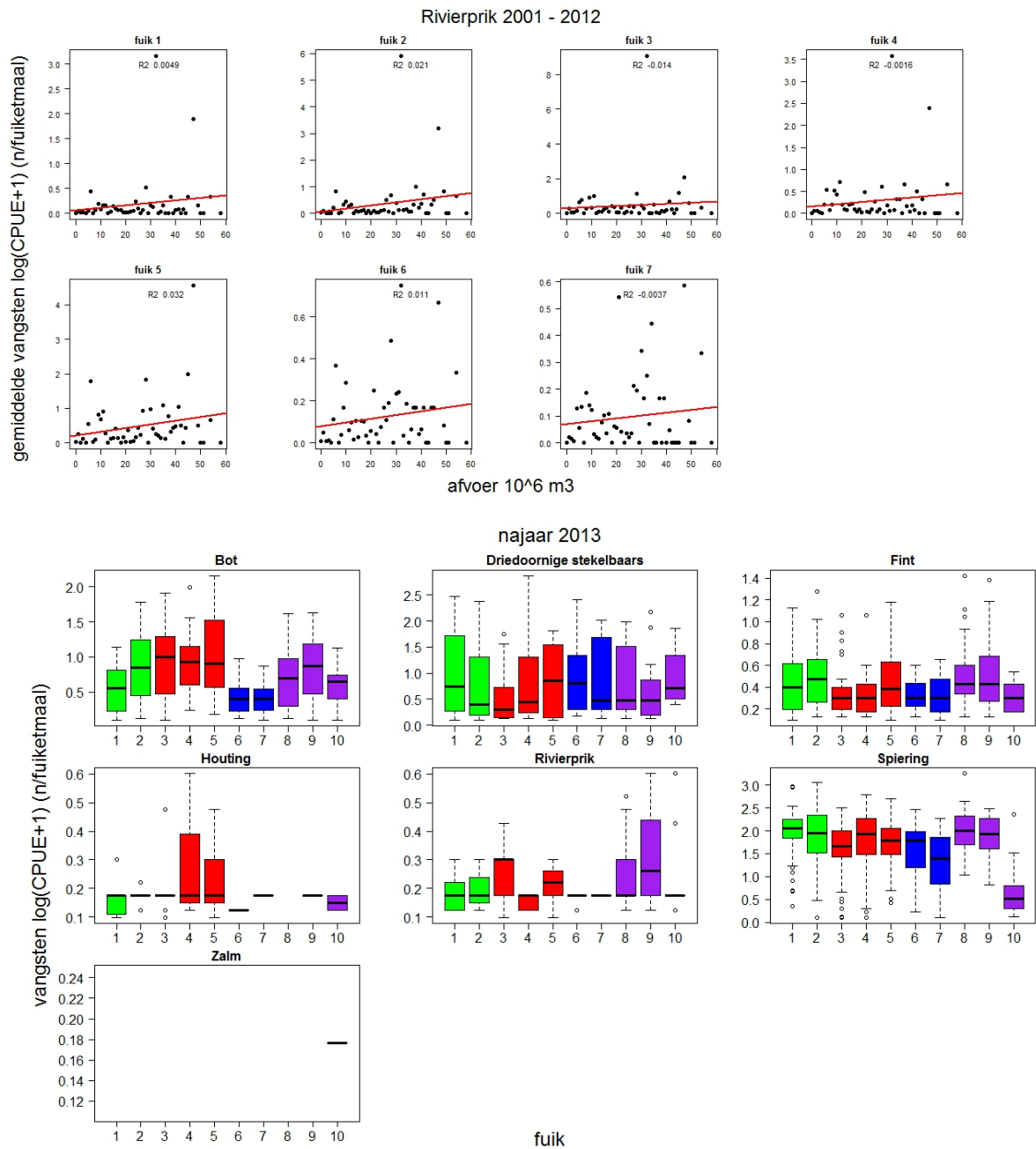


Bot 2001 - 2012

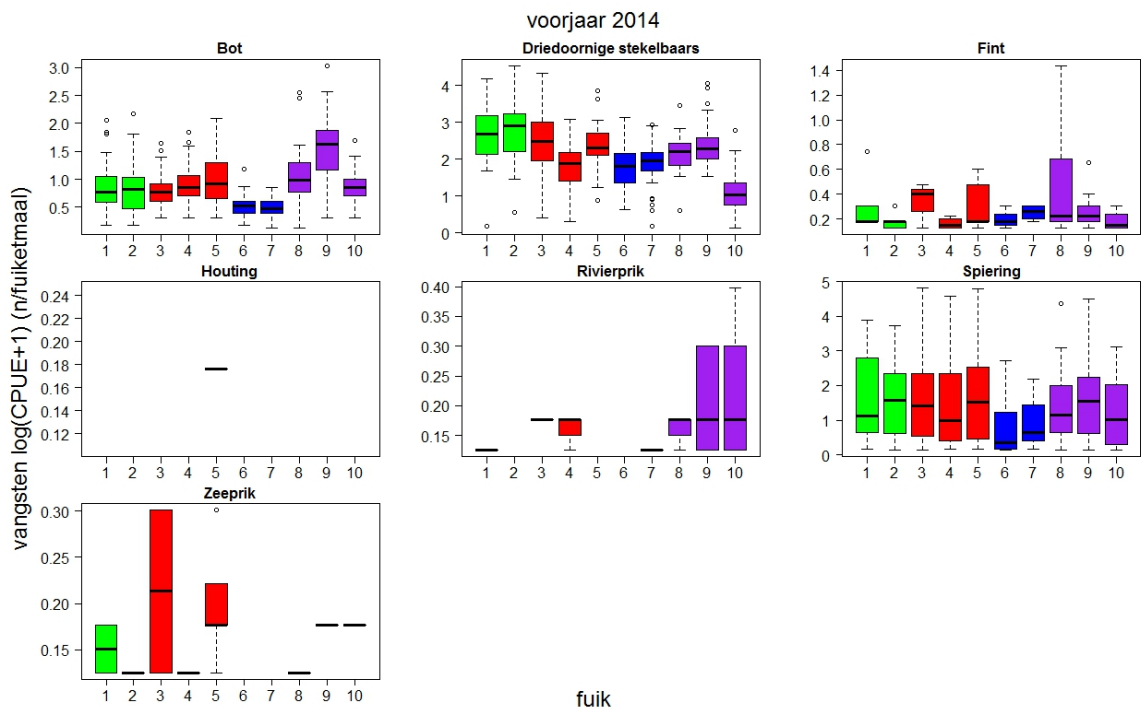


Driedoornige stekelbaars 2001 - 2012

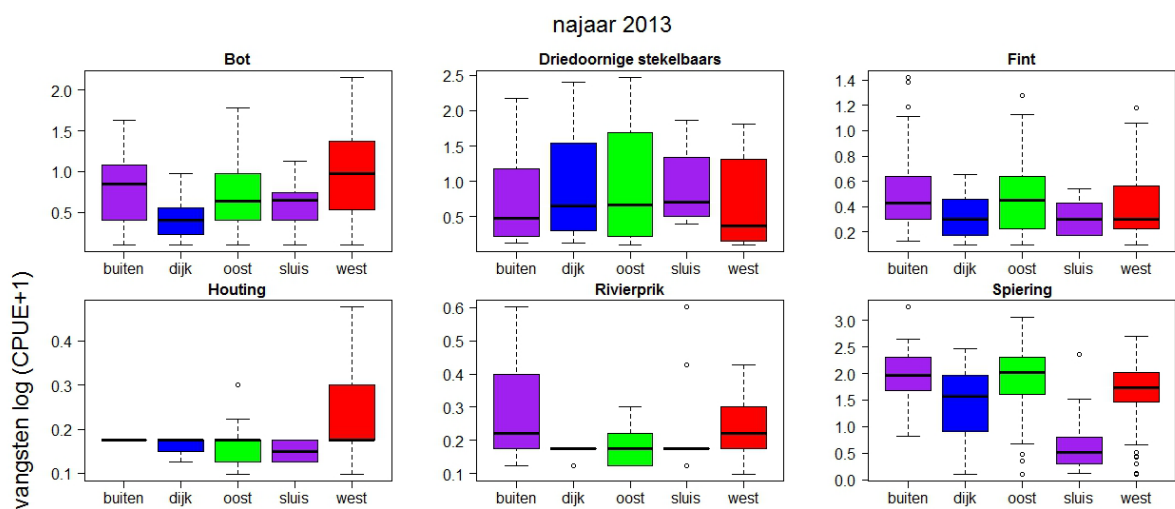




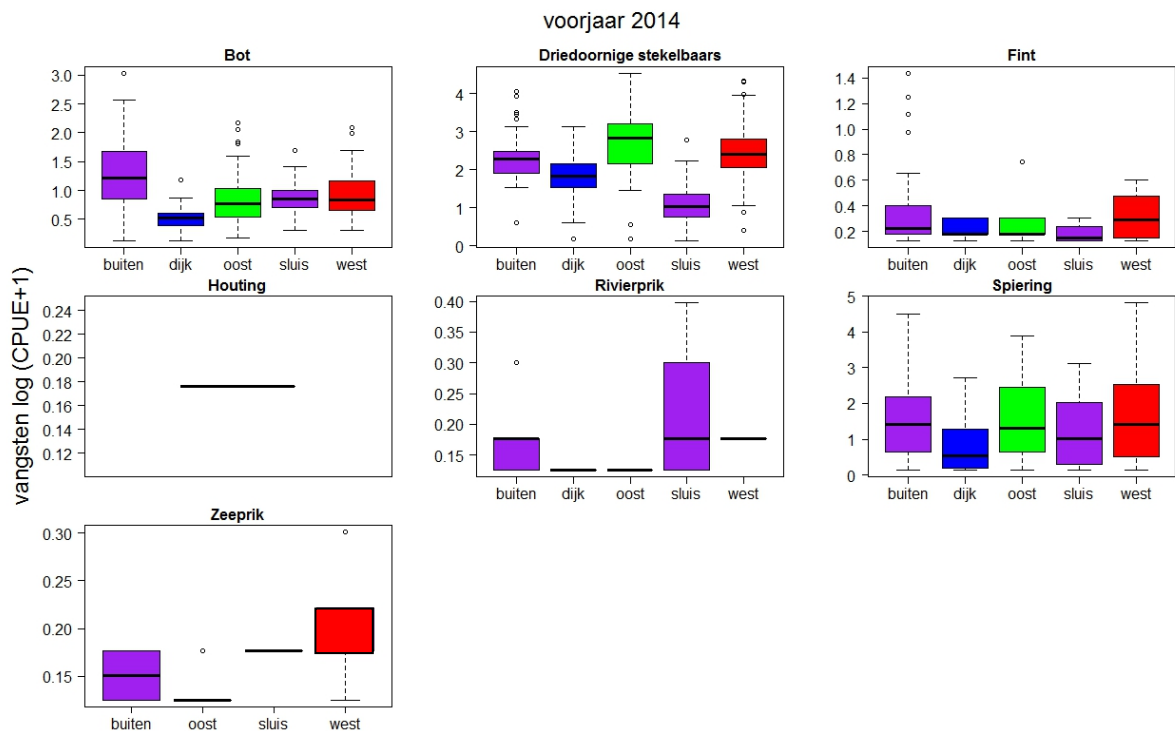
Figuur 1 De vangst gegevens per fuik (1t/m10) van het najaar 2013 (2 september – 31 december). De boxplots geven een overzicht van de CPUE>0 (log+1) per soort. Fuik 9 t/m 10 hebben niet in de maanden september gestaan. De kleuren van de plots corresponderen met de fuikopstelling als gepresenteerd in Figuur 3-1. NB de boxplots geven een overzicht van de vangsten, waarbij de 'nul-vangsten' buiten beschouwing zijn gelaten voor de leesbaarheid.



Figuur 2 De vangst gegevens per fuik (1t/m10) van het voorjaar 2014 (7 maart – 2 juni). De boxplots geven een overzicht van de CPUE>0 (log+1) per soort. De kleuren van de plots corresponderen met de fuikopstelling als gepresenteerd in Figuur 3-1. NB de boxplots geven een overzicht van de vangsten, waarbij de ‘nul-vangsten’ buiten beschouwing zijn gelaten voor de leesbaarheid.



Figuur 3 De vangst gegevens per fuik (1t/m10) van het najaar 2013 (oktober, november en december). De boxplots geven een overzicht van de CPUE>0 (log+1) per soort. De over het algemeen best vangende fuiken 3&5 (griffoen en winter 2014b) in de spuikom zijn samengenomen. Fuiken 3&5 vormen “west”, fuiken 1&2: “oost”, fuik 4 is buiten beschouwing gelaten, fuiken 6&7 vormen de “dijk”, fuiken 8&9 vormen “buiten” en enige fuik bij de sluis vormt de “sluis”. Alle boxplots, behalve “sluis” bestaan uit twee fuiken. NB de boxplots geven een overzicht van de vangsten, waarbij de ‘nul-vangsten’ buiten beschouwing zijn gelaten voor de leesbaarheid.



Figuur 4 De vangst gegevens per fuik (1t/m10) van het voorjaar 2013 (maart, april en mei). De boxplots geven een overzicht van de CPUE>0 (log+1) per soort. De over het algemeen best vangende fuiken 3&5 (griffioen en winter 2014b) in de spui kom zijn samengenomen. Fuiken 3&5 vormen "west", fuiken 1&2: "oost", fuik 4 is buiten beschouwing gelaten, fuiken 6&7 vormen de "dijk", fuiken 8&9 vormen "buiten" en enige fuik bij de sluis vormt de "sluis". Alle boxplots, behalve "sluis" bestaan uit twee fuiken. NB de boxplots geven een overzicht van de vangsten, waarbij de 'nul-vangsten' buiten beschouwing zijn gelaten voor de leesbaarheid.

Bijlage C. Kruisnetten vangsten per net

Tabel 1 Tabel van vangstgegevens per net van de locaties in de spuikom (locatie 3 t/m 12). De gegevens geven werkelijk aantallen gevangen vissen weer en het aantal per hectare.

Soort	Aantallen				n/hectare			
	3x3	1x1	1x1	Totaal	3x3	1x1	1x1	Totaal
glasaal	7724	244	294	8262	57192	1807	2177	50053
driedoornige stekelbaars	3177	22	46	3245	23524	163	341	19659
botlarve	205	10	2	217	1518	74	15	1315
spiering	402	2	2	406	2977	15	15	2460
aal	4	0	0	4	30	0	0	24
bot	13	0	0	13	96	0	0	79
botervis	4	0	0	4	30	0	0	24
garnalen	4341	206	184	4731	32143	1525	1362	28661
glasgrondel	187	5	14	206	1385	37	104	1248
grondel	153	0	1	154	1133	0	7	933
grondel larve	478	4	1	483	3539	30	7	2926
grote zeenaald	70	1	4	75	518	7	30	454
haring	78305	1	1	78307	579806	7	7	474399
kleine modderkruiper	1	0	0	1	7	0	0	6
krabben	8	1	0	9	59	7	0	55
kwallen	4919	531	513	5963	36423	3932	3798	36125
schol juveniel	69	4	5	78	511	30	37	473
pos	4	0	0	4	30	0	0	24
puitaal	6	0	1	7	44	0	7	42
rivierprik	1	0	0	1	7	0	0	6
schol	18	1	0	19	133	7	0	115
slakdolf	1	0	0	1	7	0	0	6
sprot	3	0	0	3	22	0	0	18
steenbolk	0	0	0	0	0	0	0	0
tong	1	0	0	1	7	0	0	6
vislarve*	19787	71	85	19943	146512	526	629	120819
zandspiering	1	0	0	1	7	0	0	6
zee donderpad	6	0	0	6	44	0	0	36
zwartbekgrondel	0	0	0	0	0	0	0	0

Bijlage D. Kruisnetten statistiek

Voor een vergelijking van de vangsten per punt in het getij is de volgende berekening uitgevoerd per locatie om de vangsten te normaliseren per dag per run. De vangsten zijn per run per dag over alle dagen opgeteld. Vervolgens is de fractie van het totaal bepaald:

i : dag 1 t/m 6

j : run 1 t/m 3

k : locatie 3 t/m 12

y_{ijk} : het aantal vissen wat is gevangen op locatie k in de j^{de} run op dag i

De fractie is vervolgens bepaald volgens:

$$p_{ijk} = \frac{y_{ijk}}{Y_{ij}}, \text{ waar } Y_{ij} = \sum_{k=1}^3 y_{ijk}.$$

Met als resultaat een totale fractie van één per locatie voor run k gelijk is aan 1

$$\sum_{j=1}^3 p_{ijk} = 1$$

Dit houdt in dat het totale aantal vissen van een locatie ($\sum_{j=1}^3 p_{ijk}$) gelijk gesteld is aan 1 per dag

onafhankelijk wat er totaal aan vissen is gevangen. In totaal zijn er maximaal 159 samples mogelijk per soort (9 locaties op dag 1 en 11 op dag 3, 5 en 6 en totaal 15 runs over alle dagen). Dag 4 is voor deze analyse buiten beschouwing gelaten omdat de geen vergelijkbare fractie kan bevatten als de andere dagen, omdat er slechts twee runs zijn afgerond. In de nul hypothese wordt aangenomen dat de vangsten gelijk verdeeld zijn over de runs: 1/3 van de vangst.

Normalisering vangsten per locatie

Voor een vergelijking van de vangsten per locatie is de volgende berekening uitgevoerd per locatie om de vangsten te normaliseren per dag per run. De vangsten zijn per run per dag over alle dagen opgeteld. Vervolgens is de fractie van het totaal bepaald:

i : dag 1 t/m 6

j : run 1 t/m 3

k : locatie 3 t/m 10

y_{ijk} : het aantal vissen wat is gevangen op locatie k in de j^{de} run op dag i

De fractie is vervolgens bepaalt volgens:

$$p_{ijk} = \frac{y_{ijk}}{Y_{ij}}, \text{ waar } Y_{ij} = \sum_{k=3}^9 y_{ijk}.$$

Met als resultaat een totale fractie van 1 per locatie (over alle meetdagen voor run k

$$\sum_{k=3}^9 p_{ijk} = 1$$

Dit houdt in dat het totale aantal vissen van alle locaties ($\sum_{k=3}^9 p_{ijk}$) gelijk gesteld is op 1 per run per dag

onafhankelijk wat er totaal aan vissen is gevangen. In totaal zijn er maximaal 17 samples mogelijk per locatie (6 dagen en 3 runs op een dag, waarbij dag 4 slechts twee runs heeft). In de nul hypothese wordt aangenomen dat de vangsten gelijk verdeeld is over de zeven locaties (1/7 of ~14% van de totale vangst per locatie).

Statistische analyse

Nadat de vangsten zijn genormaliseerd, zijn er vervolgens twee modellen gedraaid om de nul hypothese te testen. Om de verschillende locaties te vergelijken op vangsten van de doelsoorten zijn statistische analyses uitgevoerd. Hierbij is er onderscheid gemaakt tussen twee vragen:

- 1) Hebben locatie significant hogere of lagere vangsten?
- 2) Verschillen de vangsten in het getij?

De interactie tussen deze twee aspecten is gezien de beperkte dataset buiten beschouwing gelaten, hoewel we aannemen dat de interactie wel waarschijnlijk kan zijn. Wanneer we aannemen dat er geen interactie is tussen selectief getijdentransport en locatie (alle locaties en de kans op vangsten zijn gelijk onafhankelijk van het getij) is er met twee modellen een analyse uitgevoerd. Hierbij is er gestreefd naar een zo groot mogelijk dataset per soort. Dit betekent dat dag 1 en locatie 12 buiten beschouwing is gelaten, omdat locatie 12 pas vanaf dag 3 is meegenomen in de bemonsteringen en dag 1 geen locatie 10 bevat. Omdat dag 1 voor glasaal en in mindere mate ook voor spiering een belangrijke dag is, is er ook een analyse gedraaid met de locatie 3 t/m 9 over alle zes de dagen. Deze resultaten staan in de bijlage. Om vraag 1 te beantwoorden zijn vooraf zijn de volgende twee modellen vastgesteld:

$$\text{Model 1: } p_{ijk} = \mu + \text{location}_k + \varepsilon_{ijk} \quad \varepsilon_{ijk} \square N(0, \sigma^2)$$

$$\text{Model 2: } p_{ijk} = \mu + \text{location}_k + \varepsilon_{ijk} \quad \varepsilon_{ijk} \square N(0, \sigma_k^2), k = 3, \dots, 9$$

Waarbij p_{ijk} staat voor fractie van de vangst op locatie k van de totale vangst op dag i en run j . In model 1, hebben random errors ε_{ijk} een gelijke normale verdeling, terwijl in model 2 de (normale) verdeling van de random error per locatie varieert. Vervolgens is het beste model gekozen op basis van AIC (kleinste) en model validatie op ε_{ijk} .

Om vraag 2 te beantwoorden zijn vooraf zijn de volgende twee modellen vastgesteld:

$$\text{Model 1: } p_{ijk} = \mu + \text{tide}_j + \varepsilon_{ijk} \quad \varepsilon_{ijk} \square N(0, \sigma^2)$$

$$\text{Model 2: } p_{ijk} = \mu + \text{tide}_j + \varepsilon_{ijk} \quad \varepsilon_{ijk} \square N(0, \sigma_j^2), j = 1, \dots, 3$$

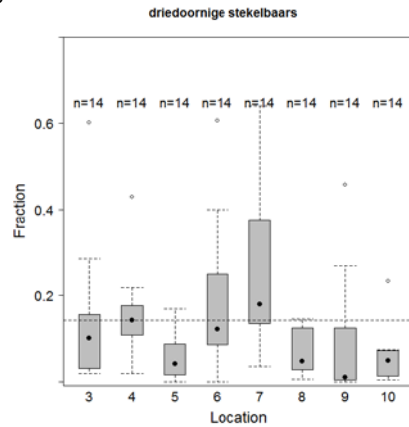
Waarbij p_{ijk} staat voor fractie van de vangst in run j van de totale vangst op dag i en locatie k . In model 1, hebben random errors ε_{ijk} een gelijke normale verdeling, terwijl in model 2 de (normale) verdeling van de random error per locatie varieert. Vervolgens is het beste model gekozen op basis van AIC (kleinste) en model validatie op ε_{ijk} .

Een eventueel significantie verschil in vangsten per locatie is vervolgens getest met een ratio waarschijnlijkheid test (LR – likelihood ratio test). Wanneer er op een dag gedurende alle runs geen vis is gevangen van de doelsoort, dan zijn de samples buiten beschouwing gelaten. Hierdoor verschilt het aantal samples per soort. Wanneer er een significant verschil is gevonden ($p < 0.05$), is er een post hoc analyse uitgevoerd (paarsgewijze t-test, gecorrigeerd voor meerdere testen). De analyse is uitgevoerd in R met het 'nlme' package.

Results analyse localities

Driedoornige stekelbaars

We ended up with 14 samples for Driedoornige stekelbaars. The boxplots of the catch fraction for location 3-10 are illustrated in Figure below.



Model 2 was selected as the optimal model (AIC=-133.1, df=16), as compared to model 1 (AIC=-104.4, df=9). The fractions of driedoornige stekelbaars were significantly different among locations (LR test, p-value<0.01). The predicted fractions of driedoornige stekelbaars for location 3-10 are plotted in Figure below.

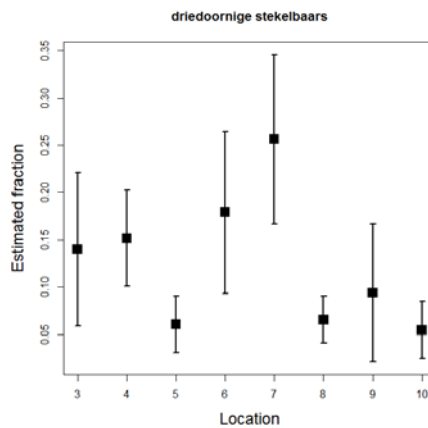
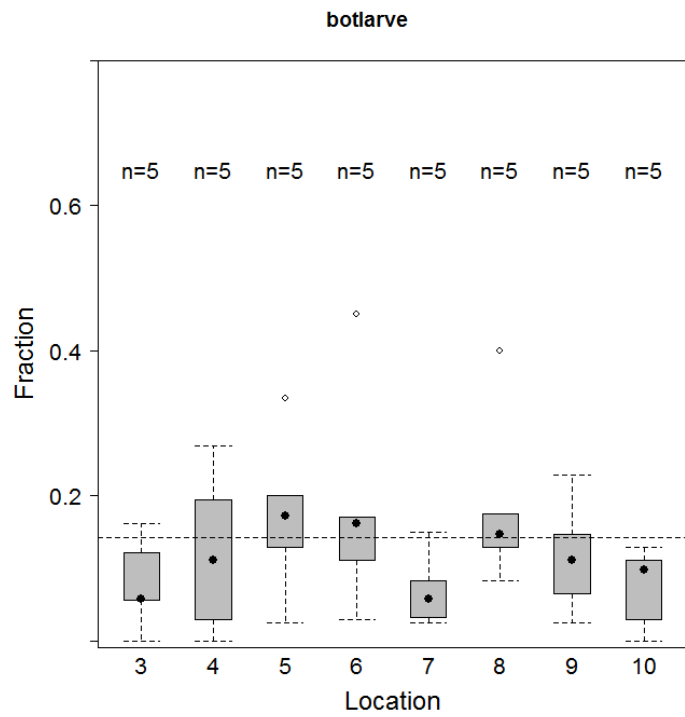


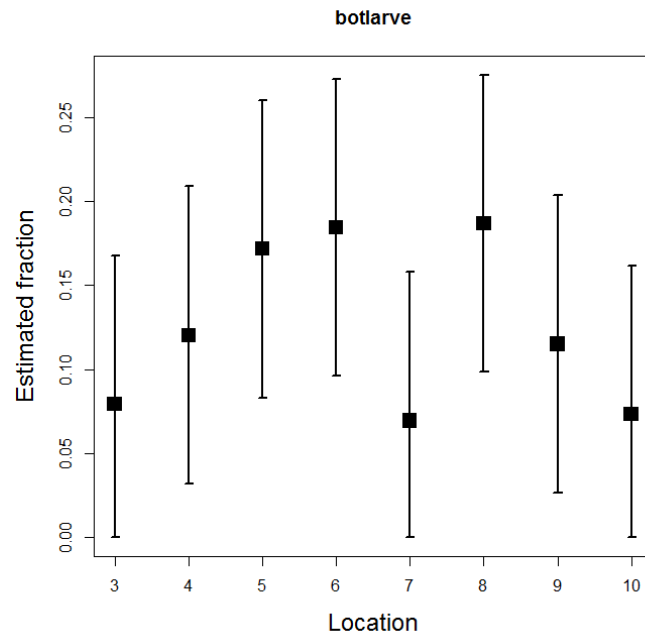
Table p-values from the post-hoc pairwise t tests, adjusted for multiple testing using Benjamini & Hochberg method, while the non-adjusted p-values are shown in brackets.

	3	4	5	6	7	8	9
4	0.81 (0.81)						
5	0.18 (0.09)	0.04 (<0.01)					
6	0.63 (0.52)	0.67 (0.60)	0.06 (0.02)				
7	0.15 (0.07)	0.15 (0.06)	0.01 (<0.01)	0.36 (0.23)			
8	0.19 (0.10)	0.04 (<0.01)	0.81 (0.81)	0.07 (0.02)	0.01 (<0.01)		
9	0.56 (0.42)	0.36 (0.22)	0.56 (0.42)	0.26 (0.15)	0.04 (0.01)	0.61 (0.48)	
10	0.15 (0.07)	0.03 (<0.01)	0.81 (0.78)	0.06 (0.02)	0.01 (<0.01)	0.67 (0.59)	0.51 (0.34)

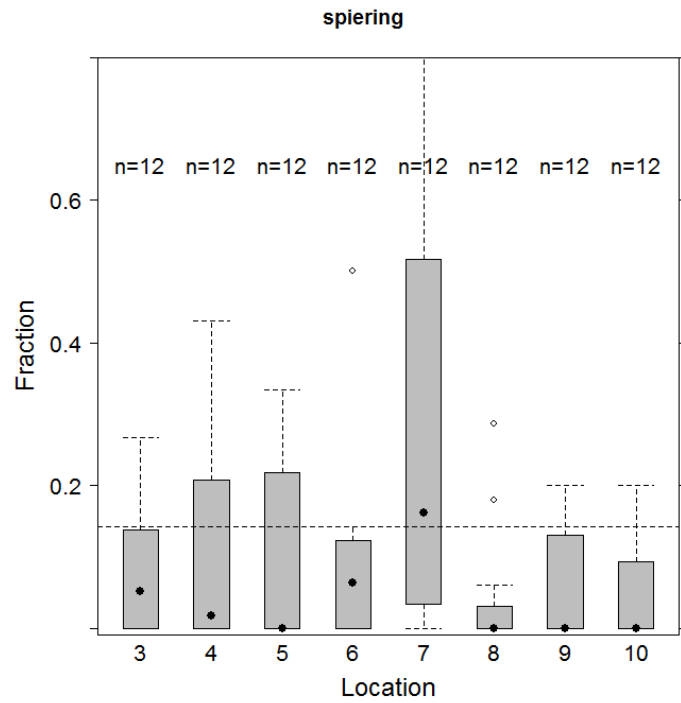
Botlarve



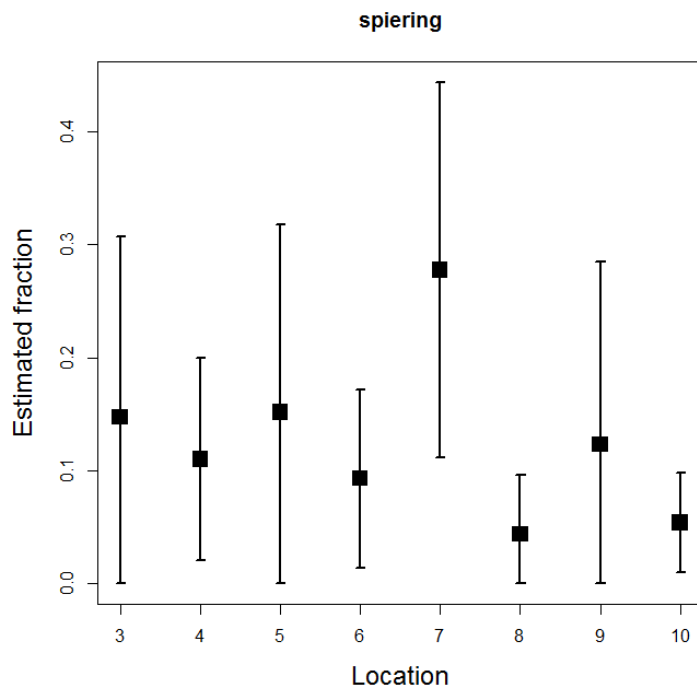
Model 1 was selected as the optimal model (AIC=-25.1, df=9), as compared to model 2 (AIC=-20.2, df=16). The fractions of driedoornige stekelbaars were significantly different among locations (LR test, p-value=0.32) .



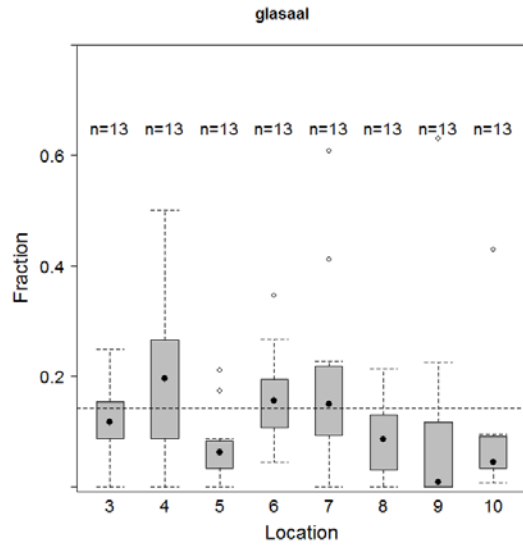
Spiering



Model 2 was selected as the optimal model (AIC=-0.1, df=16), as compared to model 1 (AIC=22.4, df=9). The fractions of spiering were not significantly different among locations (LR test, p-value=0.18) .



Glasaal



Model 2 was selected as the optimal model (AIC=-112.8, df=16), as compared to model 1 (AIC=-98.8, df=9). The fractions of glasaal were significantly different among locations (LR test, p-value<0.01) .

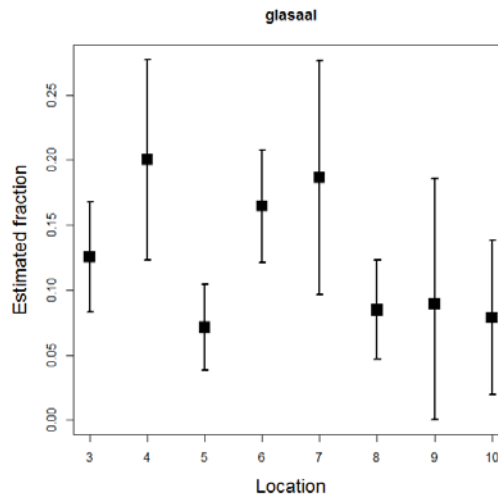
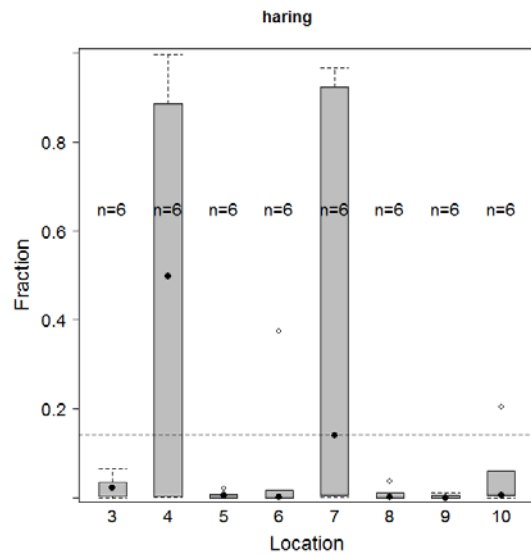


Table p-values from the post-hoc pairwise t tests, adjusted for multiple testing using Benjamini & Hochberg method, while the non-adjusted p-values are shown in brackets.

	3	4	5	6	7	8	9
4	0.26 (0.11)						
5	0.18 (0.06)	0.11 (<0.01)					
6	0.37 (0.22)	0.65 (0.44)	0.08 (<0.01)				
7	0.38 (0.25)	0.90 (0.82)	0.13 (0.03)	0.86 (0.67)			
8	0.34 (0.17)	0.12 (0.02)	0.81 (0.61)	0.11 (0.01)	0.18 (0.06)		
9	0.72 (0.51)	0.24 (0.09)	0.89 (0.73)	0.34 (0.18)	0.34 (0.16)	0.93 (0.93)	
10	0.37 (0.22)	0.13 (0.02)	0.90 (0.83)	0.18 (0.03)	0.18 (0.06)	0.90 (0.87)	0.90 (0.86)

Haring



Model 2 was selected as the optimal model (AIC=-82.4, df=16), as compared to model 1 (AIC=28.4, df=9). The fractions of dieldoornige stekelbaars were significantly different among locations (LR test, p-value=0.02) .

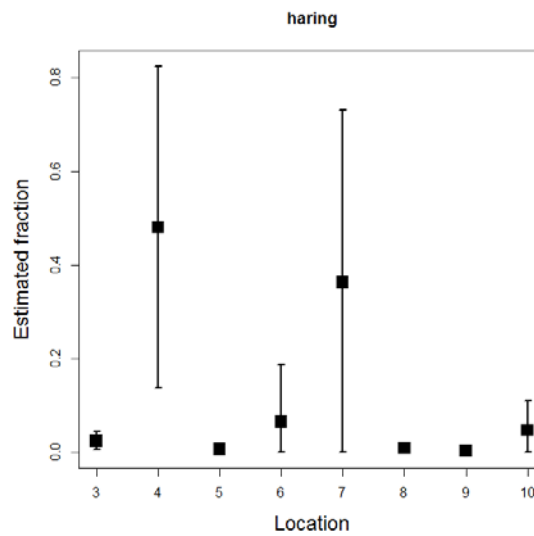


Table p-values from the post-hoc pairwise t tests, adjusted for multiple testing using Benjamini & Hochberg method, while the non-adjusted p-values are shown in brackets.

	3	4	5	6	7	8	9
4	<0.01 (<0.01)						
5	0.99 (0.89)	<0.01 (<0.01)					
6	0.99 (0.76)	0.02 (<0.01)	0.99 (0.66)				
7	0.04 (0.02)	0.82 (0.38)	0.03 (0.01)	0.07 (0.03)			
8	0.99 (0.91)	<0.01 (<0.01)	0.99 (0.99)	0.99 (0.67)	0.03 (0.01)		
9	0.99 (0.87)	<0.01 (<0.01)	0.99 (0.98)	0.99 (0.64)	0.03 (0.11)	0.99 (0.97)	
10	0.99 (0.87)	0.01 (<0.01)	0.99 (0.76)	0.99 (0.89)	0.06 (0.02)	0.99 (0.78)	0.99 (0.74)

Results comparison locations 3 – 9

Driedoornige stekelbaars

We ended up with 17 samples for Driedoornige stekelbaars. The boxplots of the catch fraction for location 3-9 are illustrated in Figure 1.

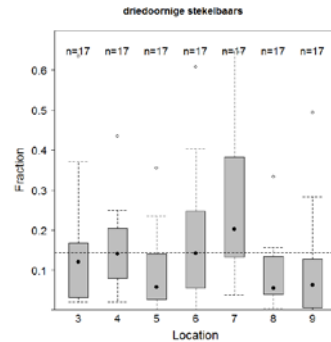


Figure 1: Boxplot of the fraction of catch for location 3-9 per day per run (n=17). The dashed horizontal line indicates a fraction of 1/7.

Model 2 was selected as the optimal model (AIC=-103.8, df=14), as compared to model 1 (AIC=-101.2, df=8). The fractions of driedoornige stekelbaars were significantly different among locations (LR test, p-value=0.01). The predicted fractions of driedoornige stekelbaars for location 3-9 are plotted in Figure 2. Location 3, 4, 6, 7 (especially 7) yield on average higher fraction of catches than location 5, 8, 9.

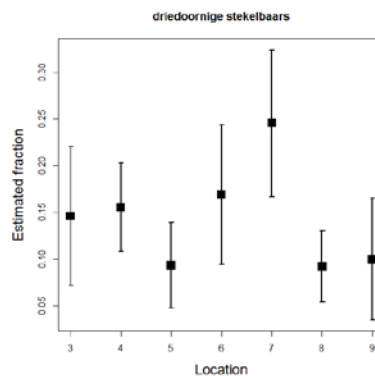


Figure 2. Predicted fractions of species for location 3-9, with 95% confidence interval.

Table p-values from the post-hoc pairwise t tests, adjusted for multiple testing using Benjamini & Hochberg method, while the non-adjusted p-values are shown in brackets.

	3	4	5	6	7	8
4	0.92 (0.84)					
5	0.37 (0.25)	0.22 (0.07)				
6	0.88 (0.67)	0.92 (0.76)	0.24 (0.10)			
7	0.22 (0.08)	0.22 (0.06)	0.03 (<0.01)	0.32 (0.18)		
8	0.36 (0.22)	0.22 (0.05)	0.97 (0.97)	0.22 (0.09)	0.03 (<0.01)	
9	0.51 (0.37)	0.32 (0.19)	0.92 (0.88)	0.32 (0.18)	0.06 (<0.01)	0.92 (0.85)

Botlarve

For botlarve, due to zero catches at all locations in all three runs, we only managed to obtain 5 samples. The boxplots of the catch fraction for location 3-9 are illustrated in Figure 3.

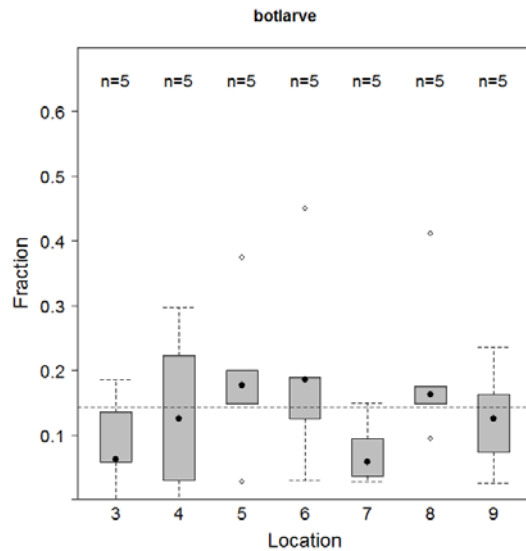


Figure 3. Boxplot of the fraction of botlarve for location 3-9 per day per run ($n=5$). The dashed horizontal line indicates a fraction of $1/7$.

Model 1 was selected as the optimal model ($AIC=-16.7$, $df=8$), as compared to model 2 using unequal variance per location ($AIC=-11.2$, $df=14$). The fractions of botlarve were not significantly different among locations (LR test, $p\text{-value}=0.40$). The predicted fractions of botlarve for location 3-9 are plotted in Figure 4. Although the location effect was not significant, we see that location 7 tends to yield a lower fraction of fishes, that's almost 10-12% fraction lower than the average fraction of location 5, 6, and 8. Such high magnitude of location differences implies that location 7 might indeed be different than rest of the locations, however, in this study, we have too few samples (or too low power) to test.

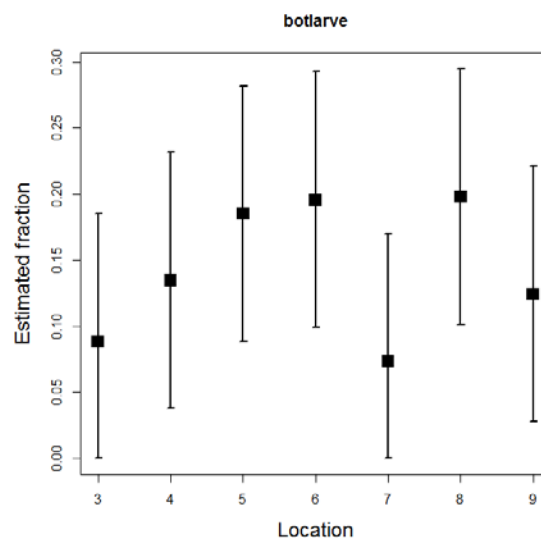


Figure 4. Predicted fractions of botlarve for location 3-9, with 95% confidence interval.

Spiering

We ended up with 15 samples for spiering. The boxplots of the catch fraction for location 3-9 are illustrated in Figure 5.

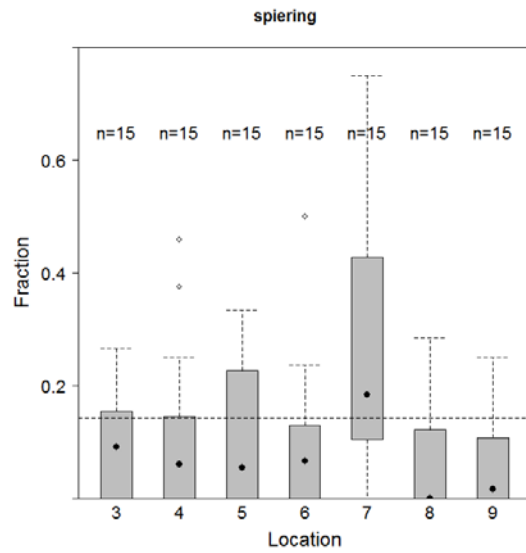


Figure 5.

Model 2 was selected as the optimal model (AIC=2.6, df=14), as compared to model 1 (AIC=16.1, df=8). The fractions of spiering were not significantly different among locations (LR test, p-value=0.16). The predicted fractions of botlarve for location 3-9 are plotted in Figure 6.

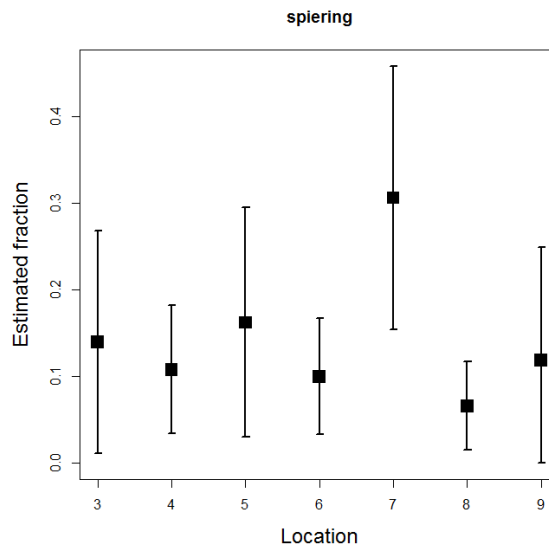


Figure 6 Predicted fractions of spiering for location 3-9, with 95% confidence interval.

Glasaal

We ended up with 16 samples for glasaal. The boxplots of the catch fraction for location 3-9 are illustrated in Figure 7.

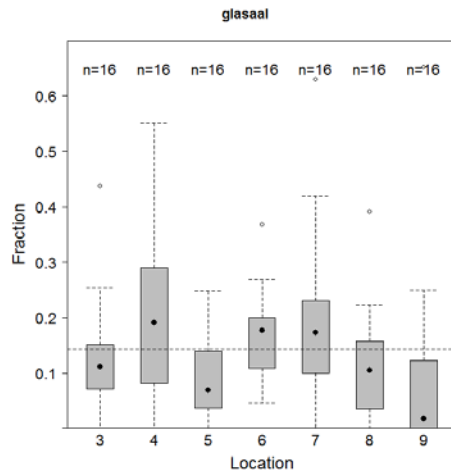


Figure 7

Model 2 was selected as the optimal model (AIC=-108.4, df=14), as compared to model 1 (AIC=-103.3, df=8). The fractions of glasaal were significantly different among locations (LR test, p-value=0.03).

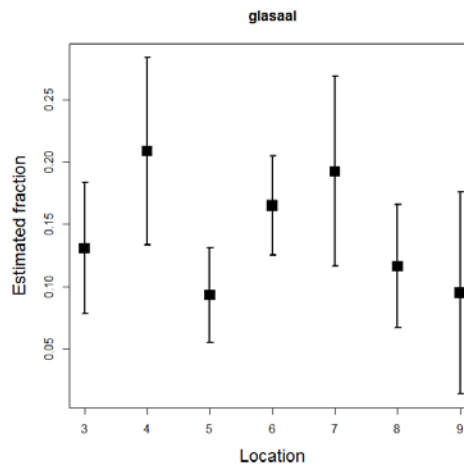


Figure 8 Predicted fractions of glasaal for location 3-9, with 95% confidence interval.

Table p-values from the post-hoc pairwise t tests, adjusted for multiple testing using Benjamini & Hochberg method, while the non-adjusted p-values are shown in brackets.

	3	4	5	6	7	8
4	0.30 (0.11)					
5	0.46 (0.27)	0.16 (0.01)				
6	0.48 (0.32)	0.48 (0.32)	0.16 (0.02)			
7	0.39 (0.20)	0.81 (0.77)	0.22 (0.03)	0.66 (0.54)		
8	0.77 (0.70)	0.23 (0.05)	0.62 (0.47)	0.30 (0.15)	0.30 (0.11)	
9	0.62 (0.48)	0.23 (0.05)	0.96 (0.97)	0.30 (0.14)	0.30 (0.10)	0.77 (0.66)

Haring

We ended up with 8 samples for haring. The boxplots of the catch fraction for location 3-9 are illustrated in Figure 9. Note that on day 4 run2 and day 3 run3, we have only 1 fish caught in only one location. We then excluded these two samples as well. As a result, we ended up with only day 5 and 6, sample size 6.

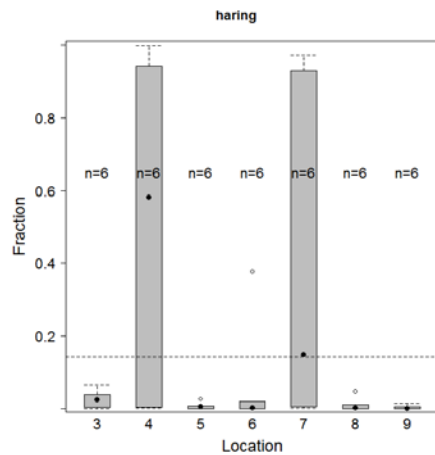


Figure 9

Model 2 was selected as the optimal model (AIC=-69.6, df=14), as compared to model 1 (AIC=31.2, df=8). The fractions of haring were significantly different among locations (likelihood ratio test, p-value=0.02).

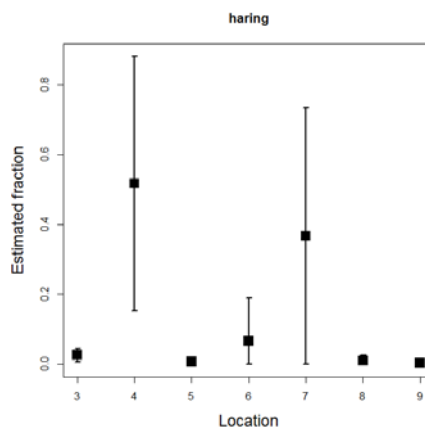


Figure 10 Predicted fractions of haring for location 3-9, with 95% confidence interval.

Table p-values from the post-hoc pairwise t tests, adjusted for multiple testing using Benjamini & Hochberg method, while the non-adjusted p-values are shown in brackets.

	3	4	5	6	7	8
4	0.01 (<0.01)					
5	0.98 (0.90)	<0.01 (<0.01)				
6	0.98 (0.78)	0.02 (<0.01)	0.98 (0.69)			
7	0.06 (0.02)	0.59 (0.31)	0.05 (0.02)	0.10 (0.05)		
8	0.98 (0.91)	<0.01 (<0.01)	0.98 (0.98)	0.98 (0.70)	0.05 (0.02)	
9	0.98 (0.88)	<0.01 (<0.01)	0.98 (0.98)	0.98 (0.67)	0.05 (0.02)	0.98 (0.96)

Results vangsten in het getij

driedoornige stekelbaars

Since we re-categorized the tidal phases (instead of runs), the number of samples varies in each category. The boxplots of the catch fraction for phase 1-4 are illustrated in Figure 11.

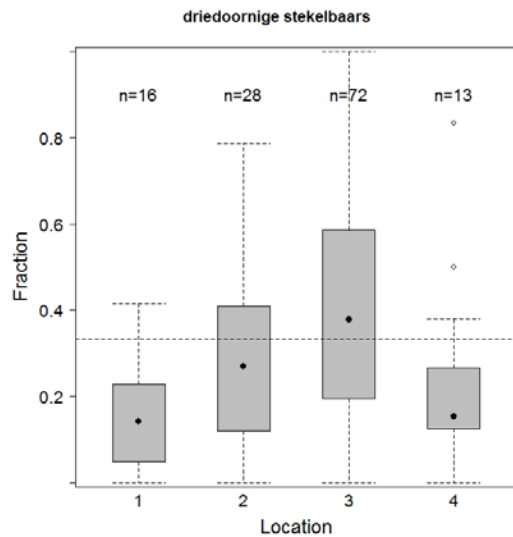


Figure 11

Model 2 was selected as the optimal model with minimum (AIC=-0.8, df=8), as compared to model 1 (AIC=5.4, df=5). The fractions of driedoornige stekelbaars were significantly different among tidal phases (LR test, p-value<0.01). ...1-3 increasing, 4th decreasing... The predicted fractions of driedoornige stekelbaars for phase 1-4 are plotted in Figure 12.

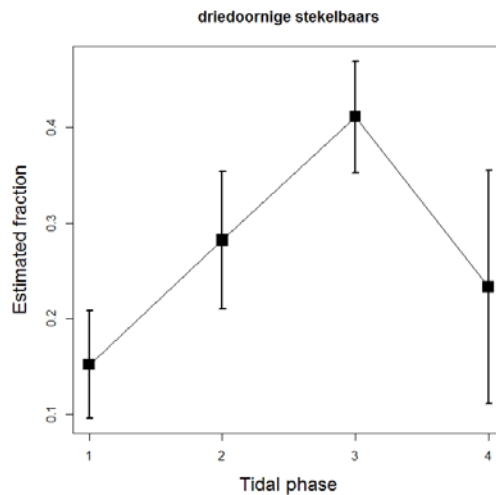
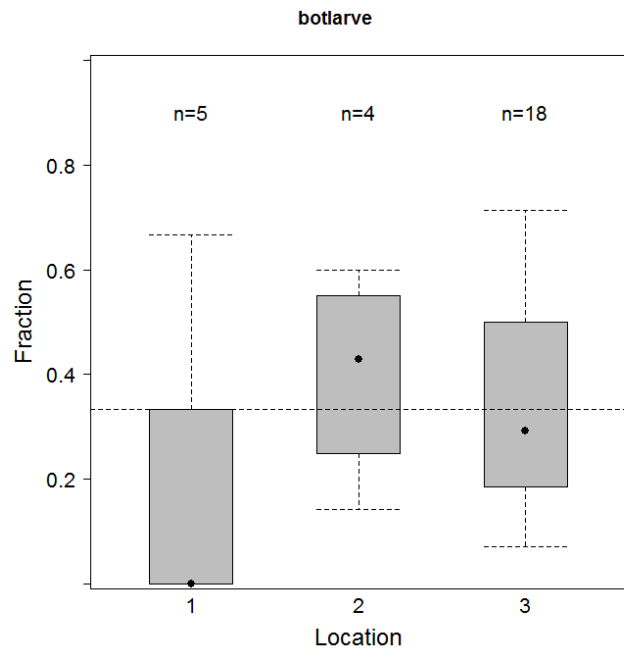


Figure 12

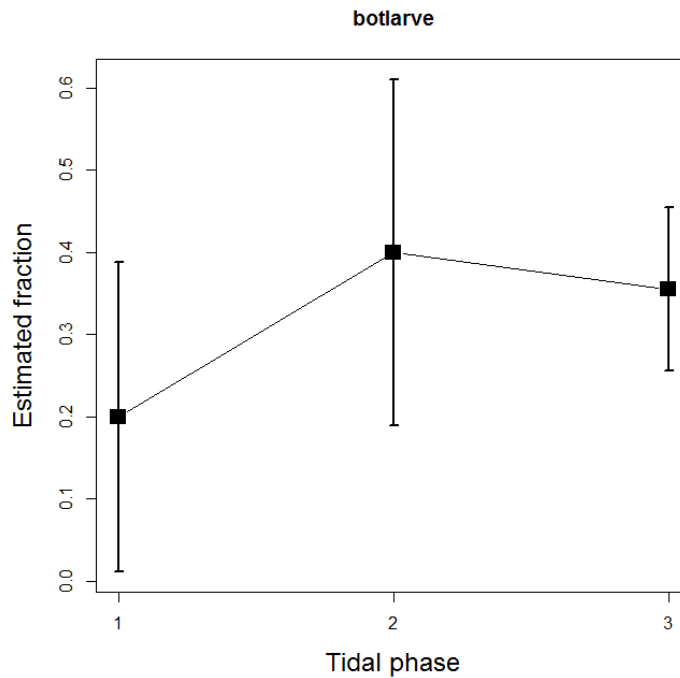
Table p-values from the post-hoc pairwise t tests, adjusted for multiple testing using Benjamini & Hochberg method, while the non-adjusted p-values are shown in brackets.

	1	2	3
2	0.02 (<0.01)		
3	<0.01 (<0.01)	0.02 (<0.01)	
4	0.30 (0.25)	0.51 (0.51)	0.03 (0.02)

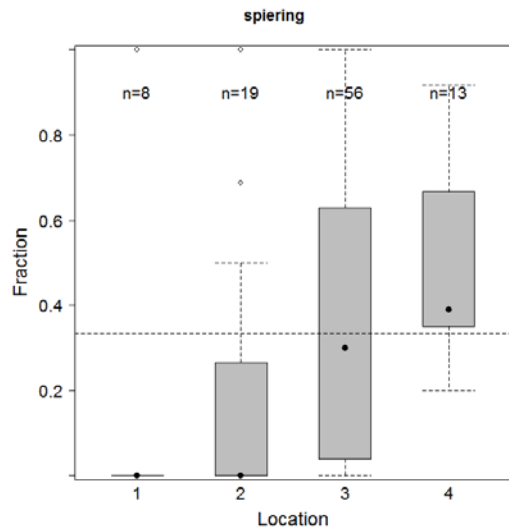
botlarve



No phase 4 samples were collected for botlarve. Model 1 was selected as the optimal model (AIC=8.3, df=4), as compared to model 1 (AIC=10.8, df=6). The fractions of fishes botlarve not significantly different among tidal phases (LR test, p-value=0.31) .



spiering



Model 1 was selected as the optimal model (AIC=76.3, df=5), as compared to model 2 (AIC=78.7, df=8). The fractions of spiering were significantly different among tidal phases (likelihood ratio test, p-value<0.01) .

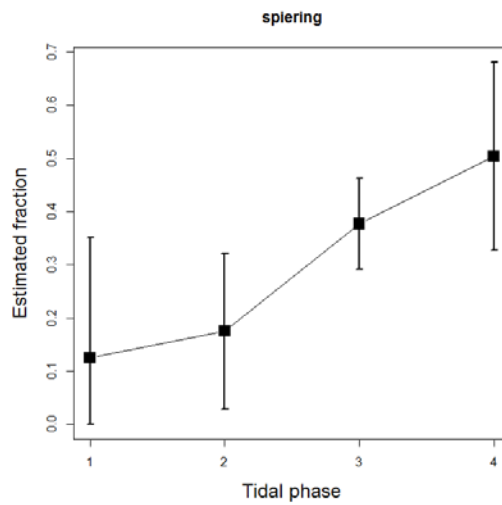
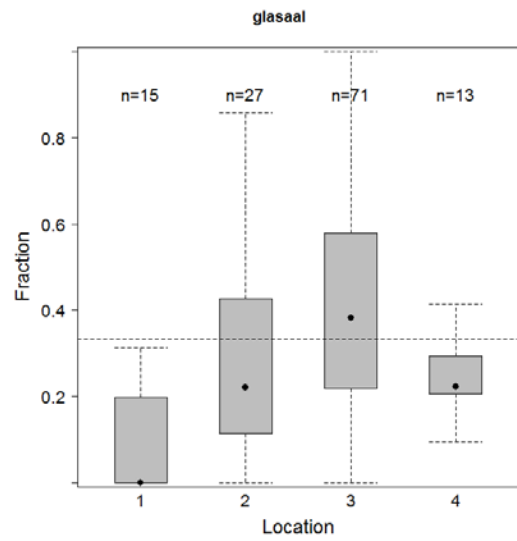


Table p-values from the post-hoc pairwise t tests, adjusted for multiple testing using Benjamini & Hochberg method, while the non-adjusted p-values are shown in brackets.

	1	2	3
2	0.73 (0.73)		
3	0.14 (0.09)	0.04 (0.02)	
4	0.04 (0.02)	<0.01 (<0.01)	0.15 (0.12)

glaaal



Model 2 was selected as the best model (AIC=12.6, df=8), as compared to model 1 (AIC=1.8, df=5). The fractions of glasaal were significantly different among tidal phases (likelihood ratio test, p-value<0.01) .

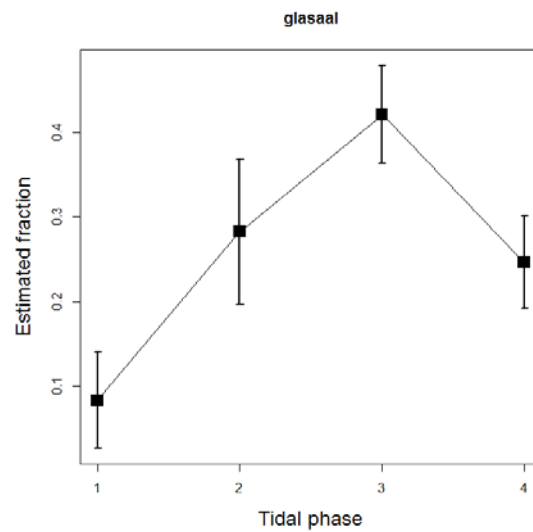
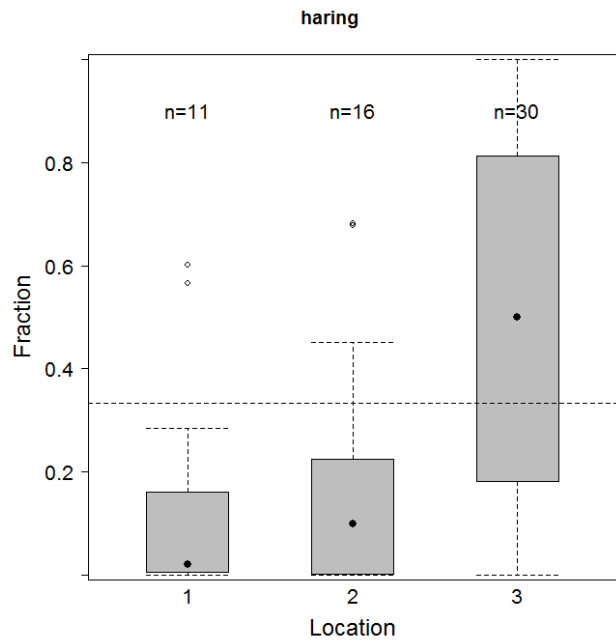


Table p-values from the post-hoc pairwise t tests, adjusted for multiple testing using Benjamini & Hochberg method, while the non-adjusted p-values are shown in brackets.

	1	2	3
2	<0.01 (<0.01)		
3	<0.01 (<0.01)	0.01 (0.01)	
4	<0.01 (<0.01)	0.49 (0.49)	<0.01 (<0.01)

Haring



Model 1 was selected as the optimal model (AIC=36.7, df=4), as compared to model 2 (AIC=37.4, df=6). The fractions of haring were significantly different among tidal phases (LR test, p-value<0.01) .

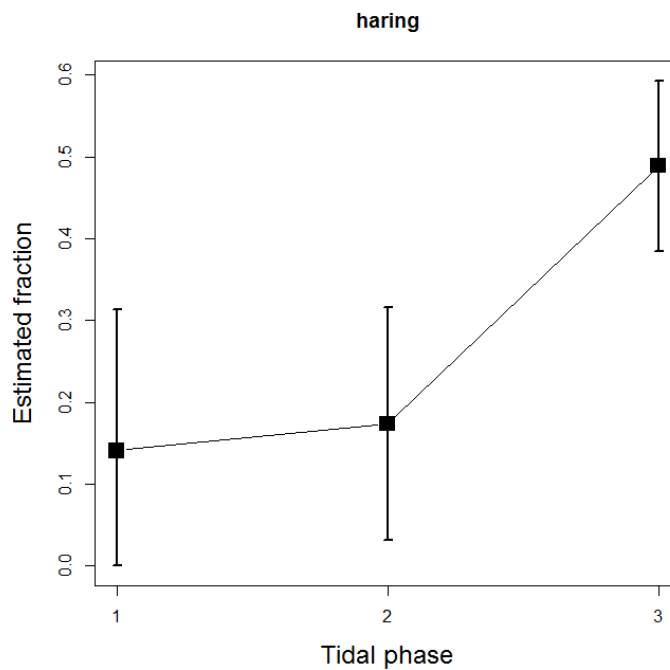


Table p-values from the post-hoc pairwise t tests, adjusted for multiple testing using Benjamini & Hochberg method, while the non-adjusted p-values are shown in brackets.

	1	2
2	0.72 (0.72)	
3	<0.01 (<0.01)	0.01 (0.01)

Bijlage E. Gegevens VVS vangsten en kruisnet vangsten

Tabel 1 Resultaten van het aantal vissen per 1000 m³ wat is gevangen in de spuikoker (VVS) en spuikom (VMR) van de spuisluizen en de scheepvaartsluizen (VVS) en (ver) voor de scheepvaartsluizen (VMR) bij Kornwerderzand in de verschillende weken. De vangsten voor de VMR onderzoeken (3x3 kruisnet) zijn gemiddelde aantallen per volume eenheid. VMR_{max} is de maximale vangst op gegeven locatie (x).

Week	Locatie	Soort	VVS	VMR _{gem}	VMR _{min}	VMR _{max}
11 (VVS) 12 (VMR n=2)	spuikom	glasalen	205	2364	333 (10)	8644 (4)
		stekelbaars	27	117	0 (9/6)	689 (7)
		spiering	78	136/2*	0 (x)	1111 (4)
	schutsluis	glasalen	41	1177	667	2370
		stekelbaars	6	344	0	1074
		spiering	3	122/9*	0	489
13 (VVS)	spuikom	glasalen	1036			
		stekelbaars	70			
		spiering	88			
	schutsluis	glasalen	18			
		stekelbaars	0			
		spiering	0			
15 (VVS) 15 (VMR)	spuikom	glasalen	873	834	0 (9/11)	4044 (4)
		stekelbaars	421	247	22 (10)	1422 (4)
		spiering	18/1197*	28/10460*	7 (x)	244 (7)
	schutsluis	glasalen	3317	776	533	1200
		stekelbaars	66	120	0	444
		spiering	0/3651*	33/2319*	0	133
16 (VMR)	spuikom	glasalen		238	15 (5)	1289 (9)
		stekelbaars		243	0 (5)	822 (9)
		spiering		7/414*	0 (x)	22 (x)
	schutsluis	glasalen		103	0	222
		stekelbaars		369	148	571
		spiering		57/6056*	0	190
18 (VVS) 21 (VMR n=2)	spuikom	glasalen	237			
		stekelbaars	84			
		spiering	22			
	schutsluis	glasalen	265			
		stekelbaars	61			
		spiering	699			
21 (VMR n=2)	spuikom	glasalen		65	0 (x)	467 (7)
		stekelbaars		1021	0 (9/12)	12089 (7)
		spiering		5/30*	0 (x)	83 (7)
	schutsluis	glasalen		10	0	44
		stekelbaars		28	0	148
		spiering		6/0*	0	44

* verhouding n/n_{broed}, waarbij broed een mengsel is van spiering, sprot en haring in een onbekend verhouding