

# De uittrekmogelijkheden voor schieraal via de haringvlietsluizen

Dr. H.V. Winter & Dr. S.M. Bierman

Rapport C155/10



## IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Ministerie van EL&I  
Directie AKV  
Postbus 20401  
2500 EK DEN HAAG

BAS code BO12-04

Publicatiedatum:

10 december 2010

**IMARES** is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 68  
1970 AB IJmuiden

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 26

E-Mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)

[www.imares.wur.nl](http://www.imares.wur.nl)

P.O. Box 77

4400 AB Yerseke

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 59

E-Mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)

[www.imares.wur.nl](http://www.imares.wur.nl)

P.O. Box 57

1780 AB Den Helder

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)223 63 06 87

E-Mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)

[www.imares.wur.nl](http://www.imares.wur.nl)

P.O. Box 167

1790 AD Den Burg Texel

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 62

E-Mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)

[www.imares.wur.nl](http://www.imares.wur.nl)

© 2010 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO  
KvK nr. 09098104,  
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

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-V11.2

## Inhoudsopgave

Inhoudsopgave .....	3
Samenvatting .....	4
1. Inleiding .....	6
2. Kennisvraag .....	6
3. Methoden .....	7
3.1. Gebiedsbeschrijving .....	7
3.2. Beschikbare datasets en analyse .....	11
4. Resultaten .....	12
4.1. Voorkomen van migratievensters via de Haringvlietsluizen tijdens 1992-2007 ...	12
4.2. Vergelijking van het spuiregime met schieraalvangst in fuiken .....	15
4.3. Uittrekgedrag van schieraal voorzien van zenders .....	19
5. Discussie en conclusies .....	24
Kwaliteitsborging .....	26
Referenties .....	27
Verantwoording .....	28

## Samenvatting

Schieraal die vanuit het Haringvliet naar zee wil trekken wordt potentieel belemmerd door de Haringvlietdam, omdat de spuisluisen in deze dam slechts gedurende een deel van de tijd open staan en alleen dan vrije migratie naar zee toestaan. In opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselveiligheid, Directie Agroketens en Visserij (LNV-AKV) worden in deze rapportage de uittrekmogelijkheden van schieraal vanuit het Haringvliet via de spuisluisen onderzocht aan de hand van bestaande gegevensbestanden.

De Haringvlietspui sluisen vormen een belangrijke schakel in het waterbeheer van het Benedenriviergebied. Bij hoge rivierafvoer van de Rijn en Maas worden de spuisluisen volledig geopend en stroomt er twee maal zoveel water via het Haringvliet naar zee dan via de Nieuwe Waterweg. Bij lage rivierafvoer worden de spuisluisen volledig gesloten en stroomt alle rivierafvoer via de Nieuwe Waterweg. Het spuien via de Haringvlietsluisen loopt gelijk op met de getijcyclus: bij laagwater wordt gespuid, waarna de sluisen bij hoogwater weer worden gesloten. Schieraal die zich in het Haringvliet of Hollandsch Diep bevindt kan naast de Haringvlietsluisen ook gebruik maken van routes naar zee die via het Spui of de Dordtsche Kil uiteindelijk naar de Nieuwe Waterweg lopen. Deze alternatieve routes staan in open verbinding met de zee, maar de stromingsrichting en afvoeren in het Spui en de Dordtsche Kil variëren in afhankelijkheid van het getij en de rivierafvoer.

Op basis van de dagelijkse spuidebieten via de Haringvlietsluisen gedurende 1992-2007 hebben we een overzicht gemaakt hoe vaak en hoe lang de spuisluisen in de Haringvliet volledig gesloten waren (geen schieraalmigratie mogelijk), en hoe vaak hoge spuidebieten voorkwamen (goede uittrekmogelijkheden voor schieraal via de spuisluisen) tijdens het belangrijkste trekseizoen van schieraal (augustus-november).

De dagelijkse spuigegevens hebben we vergeleken met de fuikvangsten van schieraal op drie locaties: in het Hollandsch Diep, in het Haringvliet aan de binnenzijde van de Haringvlietdam, en in het estuarium aan de zeezijde van de Haringvlietdam. Alleen tijdens of direct nadat er gespuid werd, werden er schieralen gevangen in het estuarium. Uit het verloop in de verhouding in de vangsten tussen het Haringvliet en Hollandsch Diep zijn geen aanwijzingen voor ophoping van schieraal aan de binnenzijde naar voren gekomen.

Er zijn gegevens beschikbaar van 75 schieralen met zenders die vanuit de Maas naar zee trokken in de periode 2002-2006. Deze gegevens laten een zeer duidelijk patroon zien. Uittrek via de Haringvlietsluisen vindt vrijwel uitsluitend plaats bij hoge spuidebieten van meer dan 1000 m<sup>3</sup>/s. Bij lagere spuidebieten trekken de gezenderde schieralen vanuit het Haringvliet met name via het Spui naar zee. Dus ook bij een volledige sluiting van de Haringvlietsluisen vormt het Spui een alternatieve route die altijd beschikbaar is voor schieraal en die ook daadwerkelijk als zodanig wordt gebruikt door tenminste een deel van de schieralen in het Haringvliet.

Daarnaast lijken een deel van de gezenderde schieralen gedurende perioden met geringere afvoer voor langere tijd in het Haringvliet te verblijven om vervolgens met een hogere afvoerpiek naar buiten te trekken via de Haringvlietsluisen. Of dit komt doordat ze wel willen maar niet kunnen of dat ze er bewust voor kiezen pas weer verder te trekken bij hogere afvoer kan niet worden bepaald met onze gegevens. De zendergegevens laten zien dat er geen uitgebreid zoekgedrag in de directe nabijheid van de Haringvlietsluisen plaatsvindt. Slechts één schieraal kwam bij de Haringvlietsluisen tijdens lage spuidebieten aan bij de sluisen voor een 'dichte deur'. Tenminste een deel van de schieralen weet het Spui te vinden in perioden met lage spuidebieten en een deel lijkt te 'wachten' met uittrekken op een periode met hogere afvoer.

**Concluderend**

Schieraal die vanuit het Haringvliet naar zee trekt, gaat voornamelijk via de Haringvlietsluizen wanneer het spuidebiet hoger is dan 1000 m<sup>3</sup>/s. Bij lagere spuidebieten 'kiezen' schieralen ervoor om via het Spui naar zee te trekken ondanks het feit dat het vaak wel mogelijk is om via tenminste één of enkele van de spusluizen in de Haringvlietdam naar zee te trekken. Er zijn geen aanwijzingen gevonden voor ophoping van schieraal of uitgebreid zoekgedrag in de directe nabijheid van de Haringvlietsluizen in tijden van laag spuidebiet. De uittrek van schieraal vanuit het Haringvliet lijkt nauwelijks beperkt te worden door de spusluizen, omdat het Spui een goede alternatieve route is voor wegtrekkende schieraal tijdens lage rivierafvoeren.

## 1. Inleiding

De uittrek van schieraal vanuit het Haringvliet wordt potentieel belemmerd door de Haringvlietdam, omdat de spuisluisen in deze dam slechts gedurende een deel van de tijd open staan en vrije migratie naar zee toestaan. In opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselveiligheid (bij verschijnen van dit rapport inmiddels Ministerie van Economie, Landbouw en Innovatie), Directie Agroketens en Visserij (LNV-AKV) worden in deze rapportage de uittrekmogelijkheden van schieraal vanuit het Haringvliet via de spuisluisen onderzocht aan de hand van bestaande gegevensbestanden. De analyses worden uitgevoerd op basis van lange datareeksen van het gevoerde spuiregime (databestanden van RWS Waterdienst), datasets met gezenderde schieraal (telemetrie) in de periode 2002-2006 en de MWTL passieve monitoring met fuiken vanaf 1992 (IMARES datasets). Hierbij wordt de frequentie van migratievensters bepaald in de tijd (tijdreeks gegenereerd op basis van aangeleverde datasets van waterdienst). Op basis hiervan worden de jaarlijkse migratiekansen voor uittrekkende schieraal bepaald. Deze worden vervolgens vergeleken met de monitoringsreeksen van de passieve monitoring, om te bepalen in hoeverre de timing van de schieraaltrek aansluit bij de beschikbare migratievensters. Daarnaast wordt de beschikbare telemetrie dataset gebruikt om het uittrekgedrag, en eventueel zoekgedrag van schieraal naar alternatieve routes te bepalen.

## 2. Kennisvraag

In deze rapportage wordt de volgende kennisvraag onderzocht:

“In welke mate wordt de uittrek van schieraal via de Haringvlietsluizen belemmerd?”

Om deze vraag te beantwoorden hebben we de volgende deelvragen uitgewerkt:

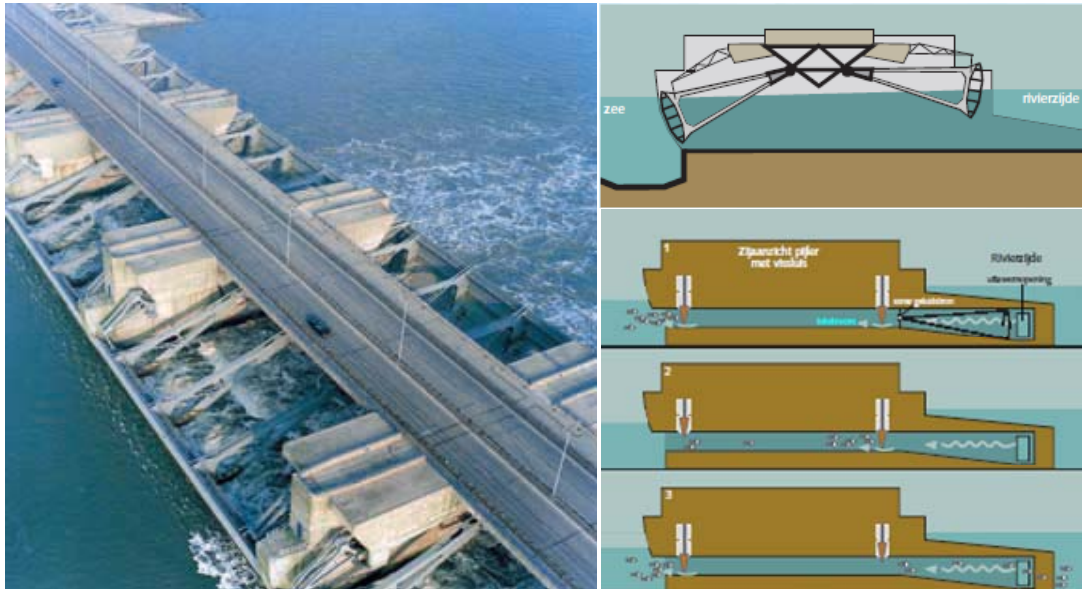
- Wanneer hebben de spuisluisen in het verleden open gestaan, per jaar/per schieraal uittrekseizoen?
- Kan uit de vergelijking van vangsten in fuiken in het Hollandsch Diep, Haringvliet en Haringvliet-estuarium met het spuidebiet worden afgeleid of de uittrek belemmerd wordt in sommige perioden?
- Welke alternatieve uittrekroutes zijn er voor schieraal beschikbaar vanuit het Haringvliet?
- Welke routes kiezen schieralen in het Haringvliet die zijn voorzien van een zender tijdens verschillende afvoer omstandigheden?

### 3. Methoden

#### 3.1. Gebiedsbeschrijving

De Haringvlietdam scheidt het zoete Haringvliet van het zoute buitenestuarium. In deze dam zijn over een lengte van ruim één kilometer in totaal 17 spuisluizen aanwezig die het overtollige zoetwater kunnen afvoeren naar zee. Elke spuisluis heeft twee deuren van 56 m breed, één aan de zeezijde en één aan de rivierzijde (Figuur 1). Wanneer de spuisluizen geopend zijn kan uittrekkende schieraal eenvoudig met het naar buiten stromende water mee naar buiten trekken.

Wanneer de spuisluizen gesloten zijn, zijn er verschillende alternatieve passagemogelijkheden in de Haringvlietdam aanwezig: via de visluizen in zes van de pijlers van de dam, of via de scheepsluizen in de dam.



**Figuur 1.** De 17 spuisluizen in de Haringvlietdam hebben twee deuren, één aan de zeezijde en één aan de rivierzijde (links en rechtsboven). Daarnaast zijn in de pijlers visluizen aanwezig waardoor vis zowel stroomopwaarts als stroomafwaarts kan worden 'geschut' (van der Kerff, 1996).

De visluizen in zes van de pijlers dienen om migrerende vissen binnen te laten trekken bij lagere stroomsnelheid dan onder de spuischuiven het geval is. De visluis heeft een opening van 3 m en ligt enkele meters onder de waterspiegel. De visluis werkt als een schutsluis. Er is een beweegbare schutdeur aan de zeezijde en één aan de rivierzijde. Het verschil is dat de schutdeuren tijdens het spuien bij eb permanent op een kier staan. Daardoor is er een lokstroom van zoetwater naar zee, die migrerende vissen aantrekt. Afwisselend gaan de deuren omhoog en omlaag, waardoor de vissen bij lage stroomsnelheden de visluis kunnen passeren (van der Kerff, 1996).

Er is weinig bekend over de passage van schieraal via de twee 'schut'-routes (visluizen en scheepssluisen), maar algemeen wordt aangenomen dat deze voor uittrekkende schieraal minder geschikt zijn, omdat de volumes geschut water relatief gering zijn en daardoor minder goed merkbaar voor trekkende schieraal, en gedurende slechts kortere perioden optreden. In deze rapportage schatten

we in dat de spuisluisen verreweg de belangrijkste migratiemogelijkheid zijn voor uittrekkende schieralen die bij de Haringvlietdam aankomen.

De Haringvlietsluisen zijn zeer belangrijk voor het waterbeheer van het gehele Benedenriviergebied en verdere achterland van de Maas en Rijn. De afwatering van deze beide rivieren doorloopt een uitgebreid netwerk aan riviertakken (Figuur 2). Het beheer van de spuisluisen in de Haringvlietdam heeft directe gevolgen voor stromingspatronen en afvoeren via elk van de verschillende riviertakken.



**Figuur 2.** Het Benedenrivierengebied.

De spuisluisen in de Haringvlietdam worden alleen open gezet als de waterstand aan de zeezijde lager is dan aan de binnenzijde (rondom laagwater), zodat er overtollig zoetwater onder vrij verval naar buiten kan worden gelaten. Dit betekent dat de spuisluisen rondom hoogwater altijd zijn gesloten. De migratiemogelijkheden voor schieraal via de spuisluisen gedurende een etmaal hangen dus af van het getij aan de zeezijde van de dam.

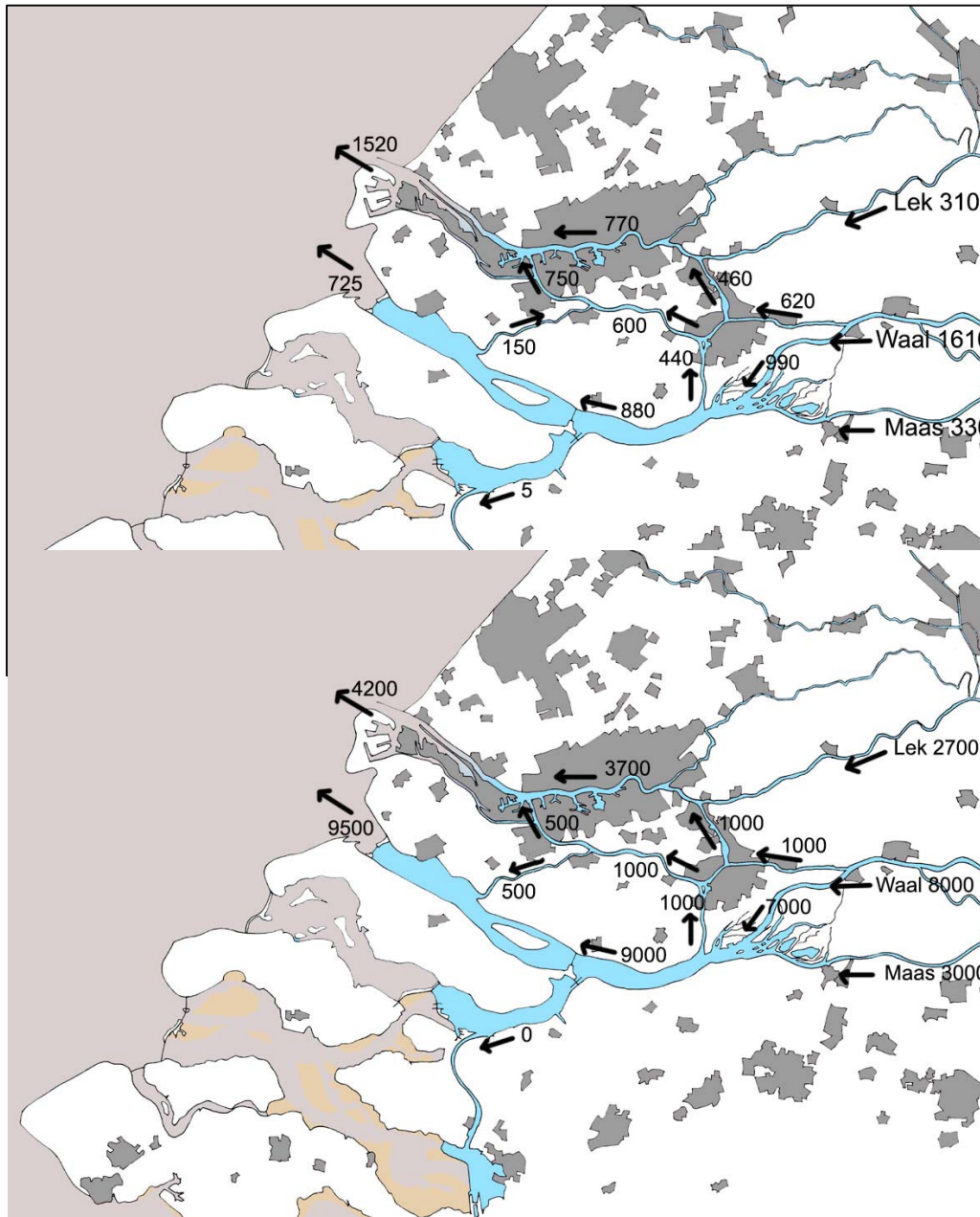
Hoeveel spuisluisen er worden opengezet en hoe ver, gedurende een laagwatergetij, is sterk afhankelijk van de rivierafvoer van de Maas en met name de Rijn.

Bij extreem lage afvoer van de rivieren worden alle spuisluisen in de Haringvlietdam permanent gesloten gehouden. De geringe rivierafvoer stroomt dan uitsluitend via de Nieuwe Waterweg naar de Noordzee. De waterstand van het Haringvliet kan dan tot 0.5 m hoger bedragen dan gemiddeld om water vast te houden. Wanneer de spuisluisen permanent gesloten zijn, kan schieraal uiteraard niet via de spuisluisen naar de Noordzee trekken. Schieraal aanwezig in het Haringvliet kan dan theoretisch twee dingen doen:

- 1) wachten tot er een periode aanbreekt met hogere rivierafvoer en dan vervolgens alsnog via de geopende spuisluisen met het naar zee gespuide water naar zee trekken
- 2) via een alternatieve route naar zee trekken die wél permanent open is, waarbij met name de volgende twee routes het meest voor de hand liggen:
  - 2a) via het Spui, Oude Maas en vervolgens Nieuwe Waterweg.
  - 2b) via het Hollandsch Diep, Dordtsche Kil, Oude Maas en Nieuwe Waterweg.

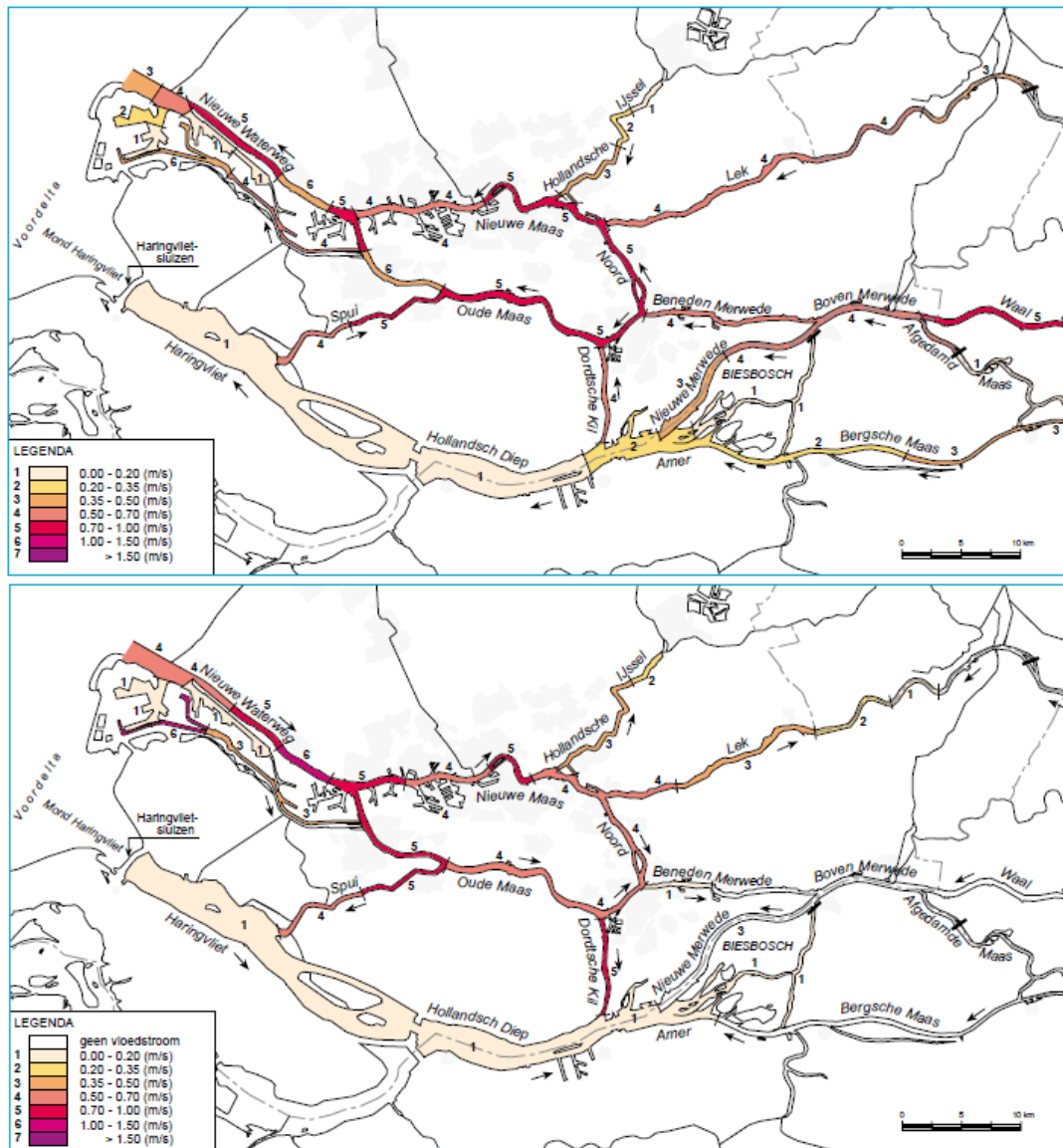


Schieraal oriënteert zich tijdens de trek naar zee op de stromingsrichting (Jansen et al. 2007). Het is dus van groot belang hoe de stromingen en afvoerdebieten zijn verdeeld in het benedenriviergebied, met het oog op de opties 2a) en 2b). Bij gemiddelde rivierafvoer zien we dat er vanuit het Haringvliet, zowel rivierwater via de Haringvlietsluizen als via het Spui uiteindelijk naar zee stroomt (Figuur 3 boven). Bij extreem hoge afvoer zien we dat de richting van de reststroming via het Spui is omgekeerd en dat er dan uitsluitend via de Haringvlietsluizen een stroming naar zee loopt (Figuur 3 onder).



**Figuur 3.** Afvoerverdeling in het Benedenrivierengebied: gedurende de gemiddelde situatie (boven) en tijdens extreem hoogwater in 1995 (onder), (van Krefeld et al. 2009).

De stroming in het Spui en in mindere mate ook de Dordtsche Kil is niet alleen van de rivierafvoer afhankelijk maar ook van het getij. Bij vloed kan de stromingsrichting tijdelijk omkeren, ten opzichte van de stroomrichting tijdens eb (Figuur 4), met name bij geringere rivierafvoer. Wanneer er een extreem lage rivierafvoer is en de Haringvlietspuisluizen permanent zijn gesloten, zal er door de relatief hoge waterstand in het Haringvliet (tot 50 cm hoger dan gemiddeld), een sterkere ebstroming vanuit het Haringvliet door het Spui staan dan gemiddeld.

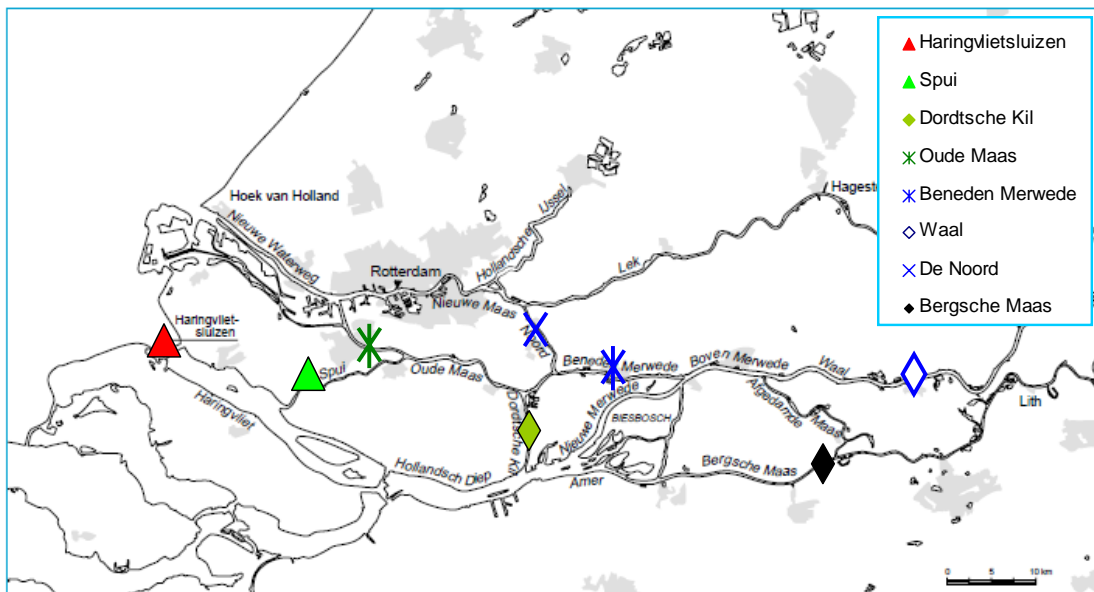


**Figuur 4.** Stromingsrichtingen en maximale stroomsnelheden tijdens vloed (boven) en tijdens eb (onder), (van Hees & Peters, 1998 tijdens gemiddelde afvoer).

### 3.2. Beschikbare datasets en analyse

Voor de analyses in deze rapportage zijn een drietal datasets gebruikt:

- 1) Tijdreeksen van het gespuide debiet via de haringvlietsluizen van 1992-1994 (per 10 min interval) en 1995-2007 (gemiddeld per dag), verkregen via Waterbase van Rijkswaterstaat.
- 2) De fuikregistratiegegevens van de passieve MWTL monitoring zoals die sinds 1992 door IMARES wordt uitgevoerd (Wiegerinck et al. 2010). Voor dit onderzoek zijn de fuiklocaties "Hollandsch Diep", "Haringvliet" en "Haringvliet-estuarium" gebruikt. Met ingang van 2003 is er bij de fuikregistraties voor paling het onderscheid tussen "rode aal" en "schieraal" gemaakt.
- 3) Zenderonderzoek in de Maas waarbij zowel in 2002 als in 2004 een batch van 150 gezenderde schieralen zijn uitgezet in de Maas bij Ohé en Laak in Limburg (Winter & Jansen, 2006). Binnen dit onderzoek zijn in de periode 2002-2006 schieralen met zenders in het Benedenrivierengebied aangekomen (Winter et al. 2006, Winter & Jansen 2006). De gedragingen van deze schieralen konden worden gevolgd middels het uitgebreide detectienetwerk met het NEDAP TRAIL-systeem, dat Rijkswaterstaat, voorheen RIZA nu Waterdienst, heeft ontwikkeld (Breukelaar et al. 2009). Alle belangrijke takken in het benedenrivierengebied zijn afgedekt met een detectiestation (Figuur 5). Ook de Haringvlietsluizen zijn volledig afgedekt door een tweetal detectiestations die aan de binnenzijde van de zeesluisdeuren zijn gelokaliseerd. Schieralen die hier worden gedetecteerd zijn dan nog niet de zeesluisdeur gepasseerd.

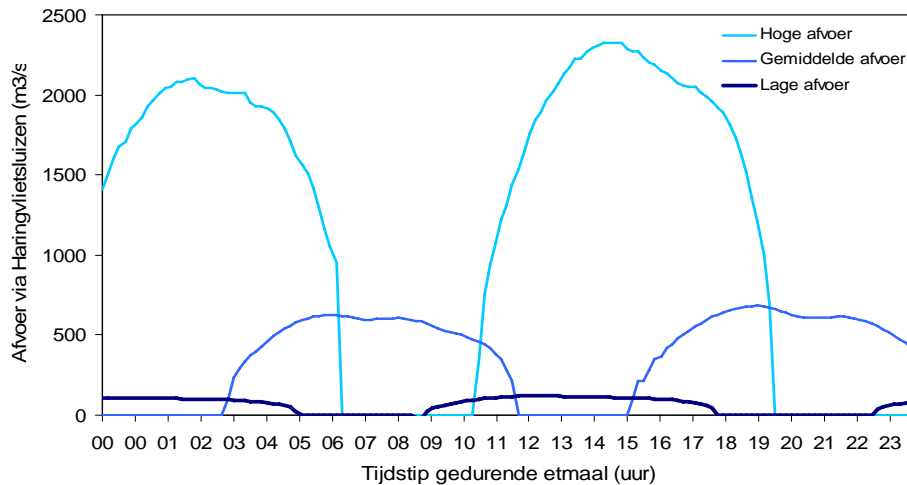


**Figuur 5.** De detectiestations (deel uitmakend van het uitgebreide NEDAP-TRAIL netwerk dat Rijkswaterstaat Waterdienst (voorheen RIZA) in het rivierengebied heeft ontwikkeld en beheerd) die in deze rapportage zijn gebruikt. De symbolen voor elk detectiestation is identiek aan die zoals die in verdere figuren wordt gebruikt.

## 4. Resultaten

### 4.1. Voorkomen van migratievensters via de Haringvlietsluizen tijdens 1992-2007

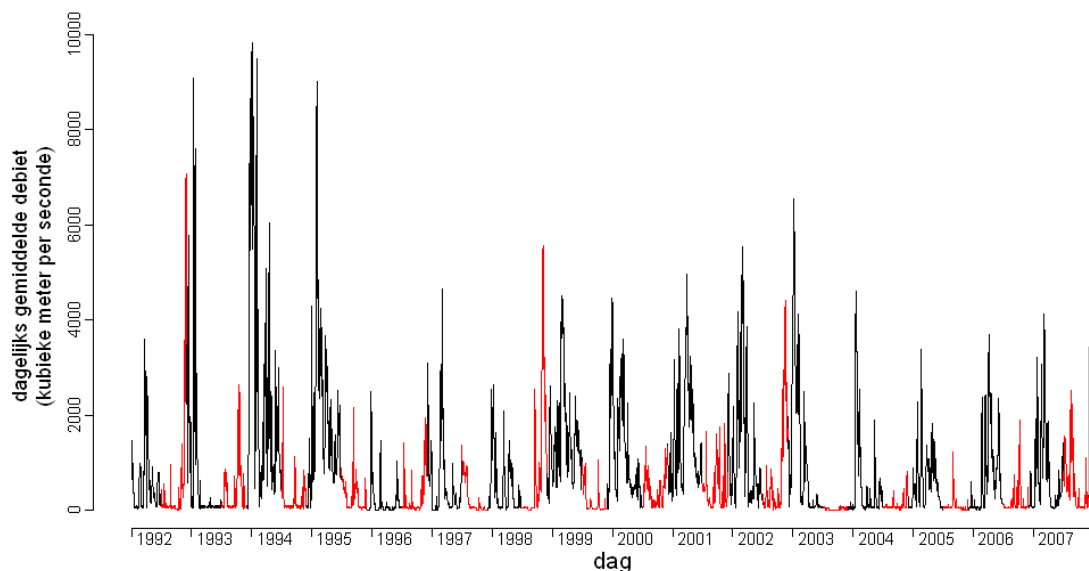
Het spuiregime van de Haringvlietsluizen per dag wordt gekarakteriseerd aan de hand van drie 'voorbeelddagen' uit de gedetailleerde dataset voor 1994 (Figuur 6). Aangezien er alleen tijdens het laagwatergetij via vrij verval water kan worden gespuid, is er elke dag dat er wordt gespuid een duidelijk ritme van gemiddeld 8-9 uur spuien afgewisseld met ca. 4 uur periode waarin de spuisluizen zijn gesloten. De timing van die perioden wisselt met het verloop van het getij. Alleen bij zeer lage rivierafvoer zijn de spuisluizen permanent gesloten.



**Figuur 6.** Drie 'voorbeelddagen' uit 1994: 1) een dag met hoge afvoer waarbij alle spuisluizen volledig zijn geopend tijdens het laagwatergetij (lichtblauw), 2) een dag met gemiddelde afvoer, wanneer een deel van de spuisluizen open stond (blauw), en 3) een dag met lage afvoer wanneer slechts één of enkele sluisdeels open staan (donkerblauw).

Voor een inschatting van de uittrekmogelijkheden voor schieraal hebben we de periode 1992-2007 geanalyseerd. Hierbij hebben we analyses uitgevoerd die zijn gebaseerd op de volledige jaarreeksen, en analyses gedurende de belangrijkste periode voor de uittrek van schieraal: augustus-november. De gemiddelde afvoer per dag via de Haringvlietsluizen gedurende 1992-2007 varieerde enorm: van 0 m<sup>3</sup>/s tot ruim 10.000 m<sup>3</sup>/s (Figuur 7). Piekafvoeren vonden met name in de eerste kwartalen van 1993, 1994 en 1995 plaats. De meeste piekafvoeren vonden plaats buiten het trekseizoen van schieraal. Slechts enkele piekafvoeren (1992, 1998, 2002) vonden plaats aan het einde van het trekseizoen in november.

Een langdurige periode met vrijwel geen afvoer vond tijdens een groot deel van 2003 plaats (figuur 7). Voor elk van de jaren 1992-2007 hebben we tijdens het belangrijkste schieraal trekseizoen (augustus-november) bepaald of er perioden voorkwamen waarin de spuisluizen volledig gesloten bleven en hoelang deze perioden duurden (Tabel 1). In 7 van de 16 jaren kwamen er op elke dag perioden voor waarin de spuisluizen tijdelijk open stonden. In deze jaren was er dus iedere dag tenminste één periode dat minimaal één spuisluis tijdelijk openstond en benut kon worden door schieraal om naar zee te trekken via de Haringvlietspuisluizen. In 9 van de 16 jaren waren er perioden dat de spuisluizen gesloten bleven voor enkele dagen tot enkele maanden. Met name in 1996, 1997 en 2003 waren de spuisluizen vaak en langdurig gesloten tijdens het trekseizoen van schieraal. Waarbij 2003 het jaar was met de langste aaneengesloten periode met volledig gesloten spuisluizen van 62 dagen.



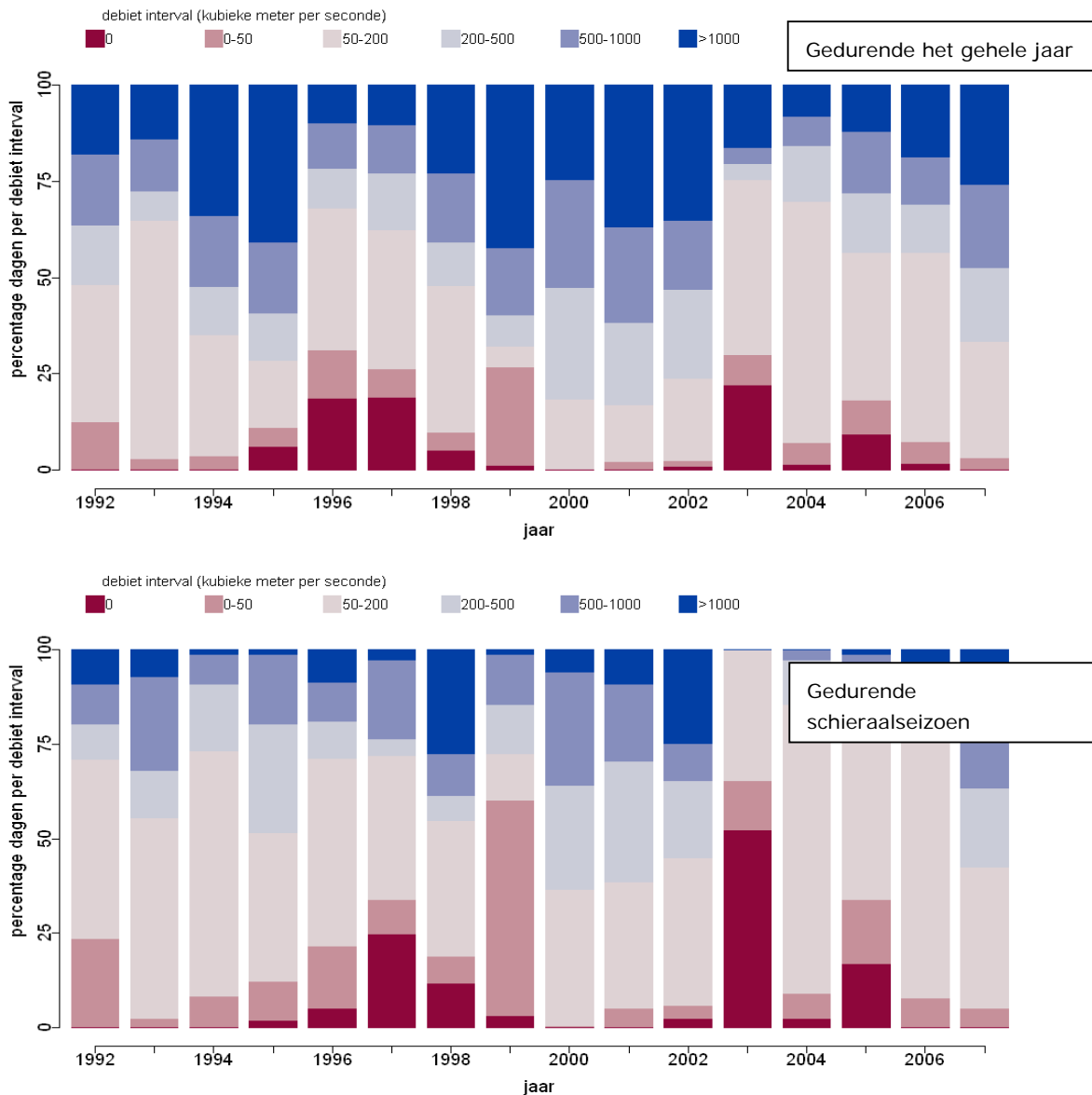
**Figuur 7.** De gemiddelde dagelijkse afvoer via de Haringvlietspuisluizen gedurende 1992-2007. De belangrijkste periode voor de uittrek van schieraal (augustus-november) is in rood weergegeven. De rest van het jaar (december-juli) in zwart.

**Tabel 1.** Aantal perioden dat de Haringvlietsluizen langer dan één dag volledig waren gesloten gedurende het belangrijkste trekseizoen voor schieraal (augustus-november). Per jaar is voor elk van de perioden

aangeven hoeveel dagen de 'gesloten' periode duurde.

	1e	2e	3e	4e	5e	6e	7e
1992	-						
1993	-						
1994	-						
1995	3	20					
1996	25	13	4	13	6	5	3
1997	23	1	1	14	12	17	1
1998	1	18					
1999	5						
2000	-						
2001	-						
2002	-						
2003	6	62	4	5	4		
2004	2	4					
2005	2	1	8	13	10		
2006	6						
2007	-						

Hoe meer water er via de spuisluizen wordt geloosd hoe beter dit merkbaar zal zijn voor schieraal in het Haringvliet. Bij volledige sluiting is de uittrek van schieraal via de spuisluizen niet mogelijk. Wanneer alle spuisluizen volledig zijn geopend zullen de uittrekmogelijkheden voor schieraal optimaal zijn. Om inzicht te krijgen in hoe vaak verschillende spuidebieten voorkomen, hebben we het spuidebiet ingedeeld in verschillende klassen, en voor elk jaar en voor elk schieraalseizoen bepaald welk percentage van de tijd een bepaalde spuidebiet voorkomt (Figuur 8).

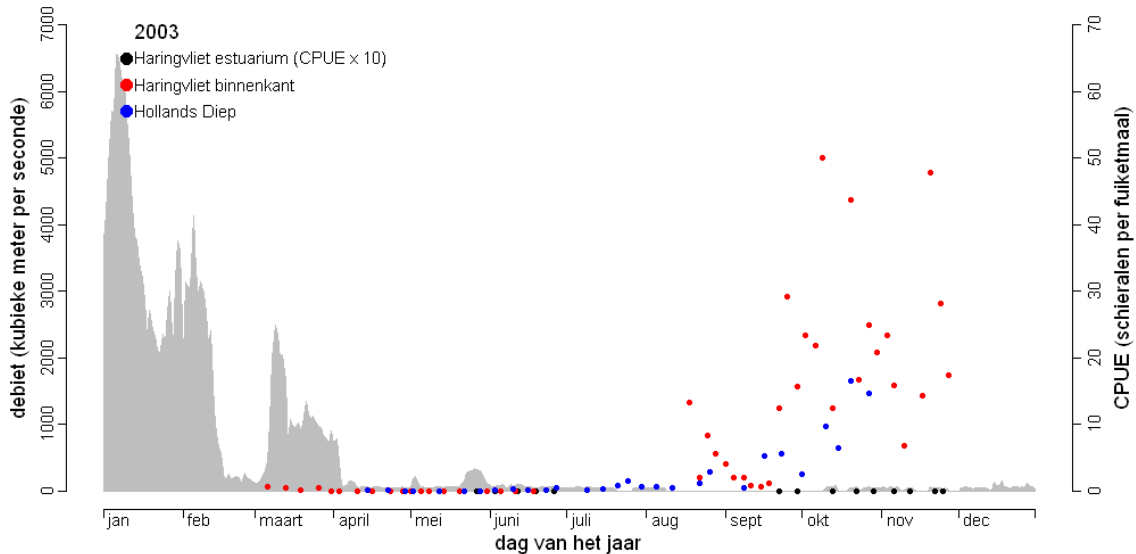


**Figuur 8.** Het spuidebiet per dag is ingedeeld in verschillende klassen (variërend van volledig gesloten '0' tot een hoge afvoer van meer dan 1000 m<sup>3</sup>/s), waarna voor elk jaar is bepaald welk percentage van de dagen een bepaalde debietsklasse voorkomt (boven), danwel voor elk schieraalseizoen van augustus-november (beneden).

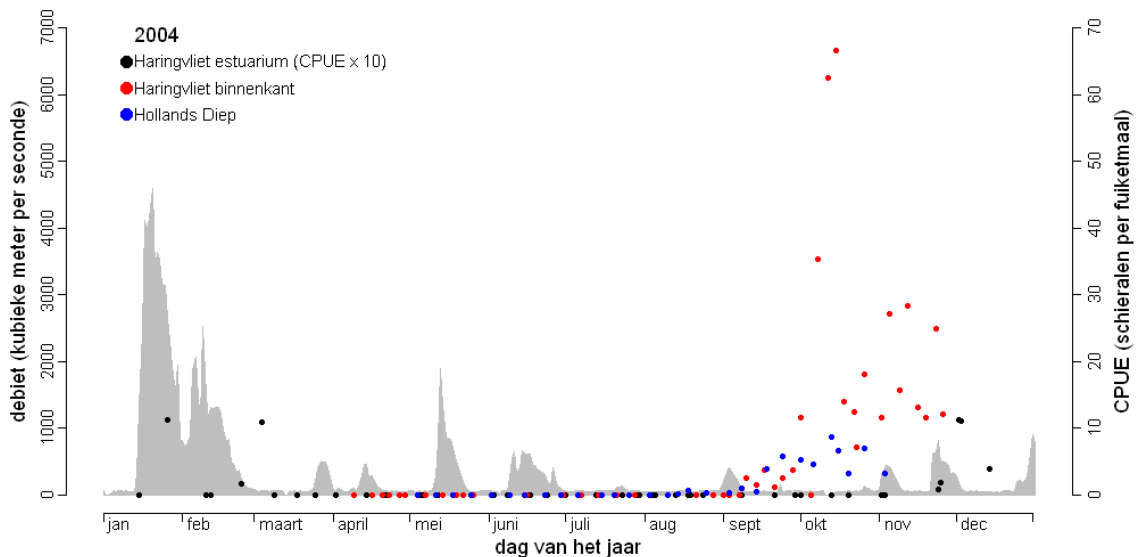
Uit figuur 8 blijkt ook duidelijk dat er tijdens het schieraal uittrekseizoen van 2003 zeer weinig uittrekmogelijkheden waren via de Haringvlietsluizen. In de helft van de periode waren de sluisen volledig gesloten en in de andere helft van de periode was het gespuide gebied lager dan 200 m<sup>3</sup>/s. In 1998 en 2002 lag het spuidebiet tijdens een kwart van de periode hoger dan 1000 m<sup>3</sup>/s, en zullen de uittrekmogelijkheden voor schieraal via de Haringvlietsluizen veel beter zijn geweest.

## 4.2. Vergelijking van het spuiregime met schieraalvangsten in fuiken

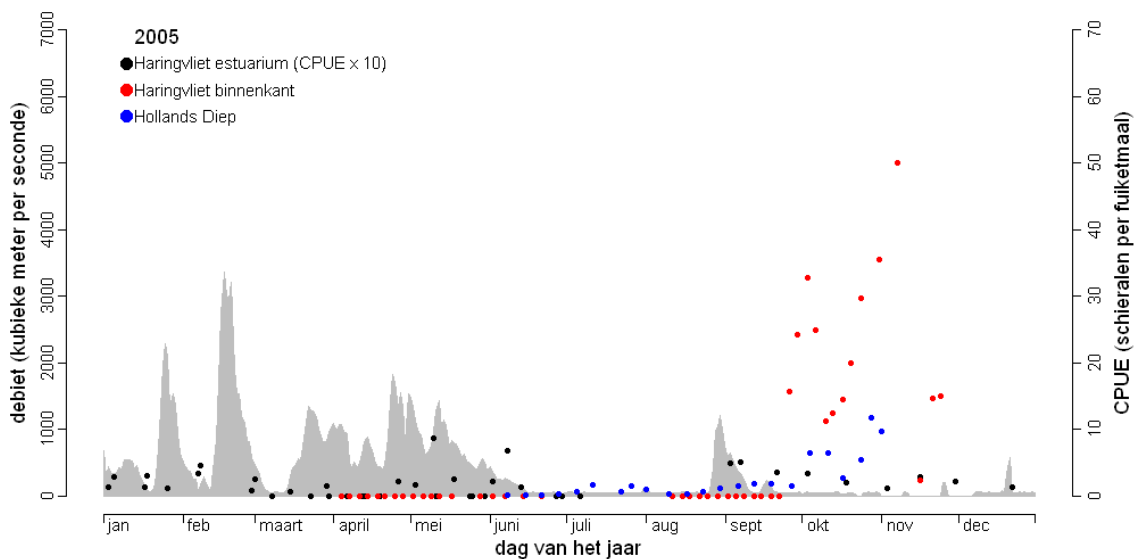
Vanaf 2003 is in de passieve monitoring onderscheid gemaakt in schieraal en rode aal. Voor de jaren 2003-2007 hebben we momenteel dus zowel schieraalvangstgegevens als dagelijkse spuidebieten beschikbaar. Per jaar geven wij een overzicht van het dagelijkse verloop van het spuidebiet via de Haringvliet-spuisluzen en de vangsten per fuiketmaal (CpUE) voor een drietal locaties: het Hollandsch Diep, het Haringvliet (binnenzijde), het Haringvliet-estuarium (figuur 9a-f).



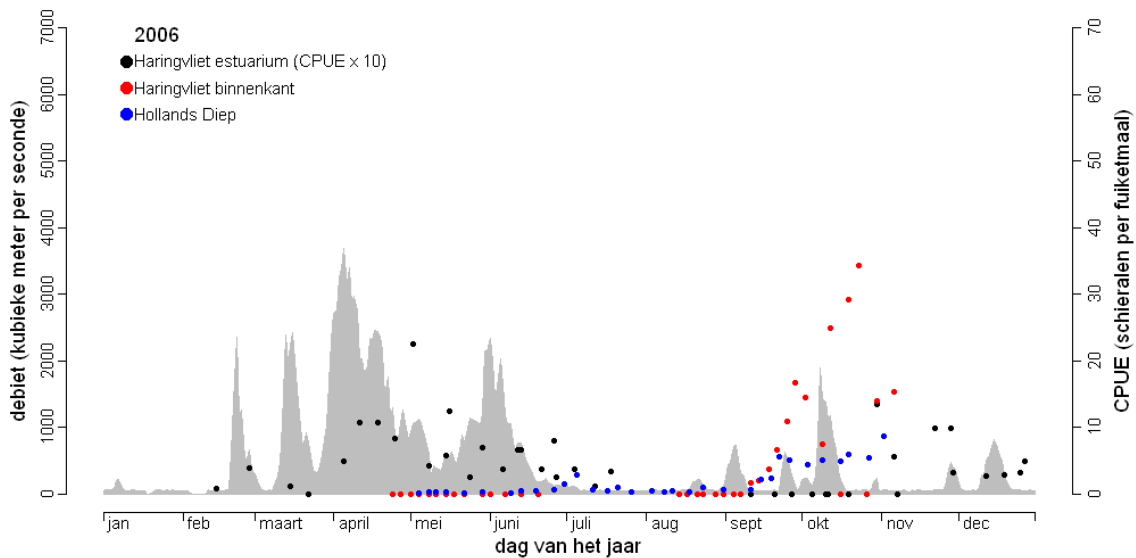
**Figuur 9a.** Verloop van dagelijkse spuidebiet bij de Haringvlietsluizen vergeleken met de schieraal vangsten op 3 locaties in 2003. Merk op dat de CpUE in het Estuarium een factor 10 lager ligt dan de rechter y-as aangeeft.



**Figuur 9b.** Verloop van dagelijkse spuidebiet bij de Haringvlietsluizen vergeleken met de schieraal vangsten op 3 locaties in 2004. Merk op dat de CpUE in het Estuarium een factor 10 lager ligt dan de rechter y-as aangeeft.

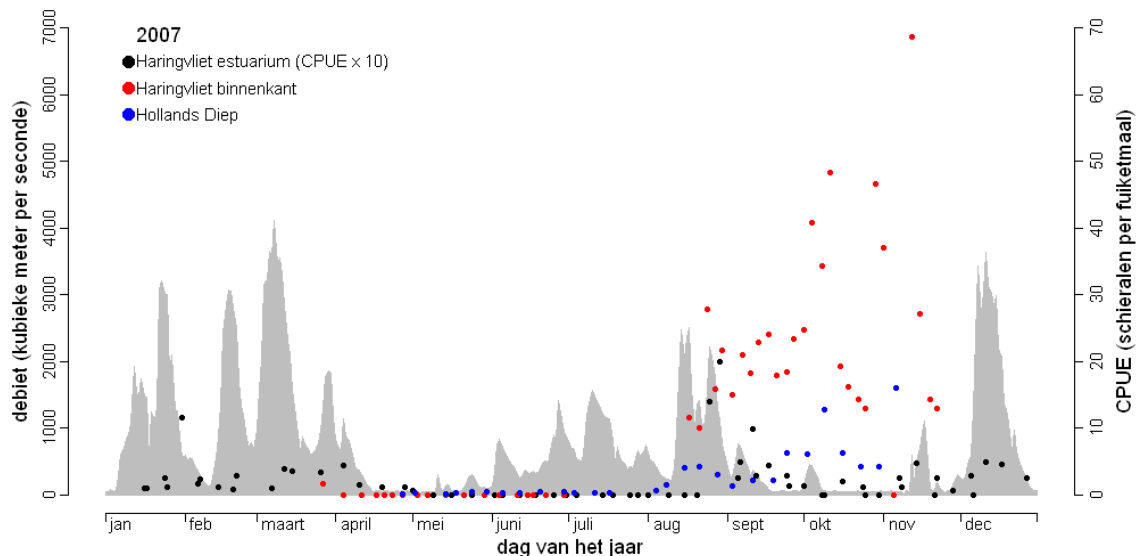


**Figuur 9c.** Verloop van dagelijkse spuidebiet bij de Haringvlietsluizen vergeleken met de schieraal vangsten op 3 locaties in 2005. Merk op dat de CpUE in het Estuarium een factor 10 lager ligt dan de rechter y-as aangeeft.



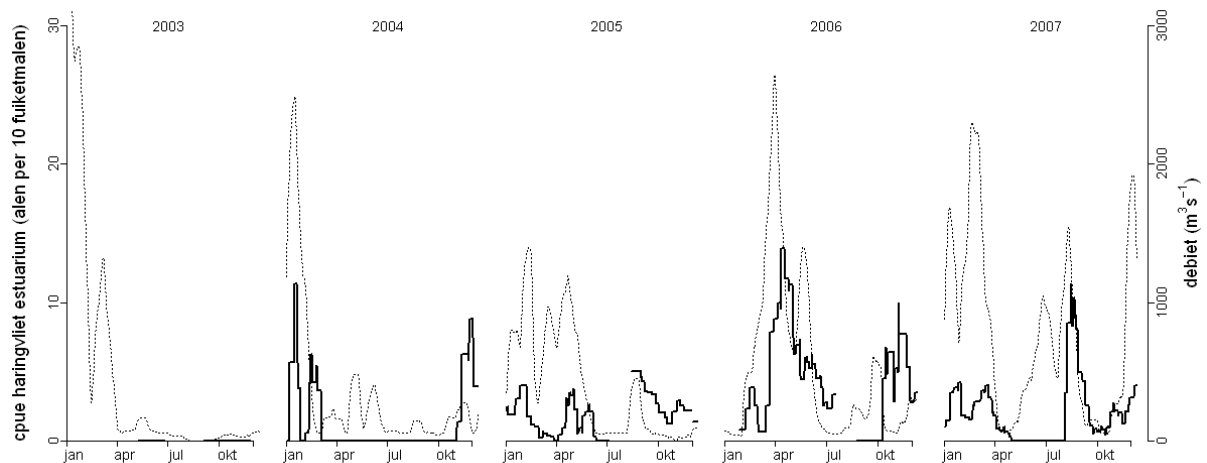
**Figuur 9d.** Verloop van dagelijkse spuidebiet bij de Haringvlietsluizen vergeleken met de schieraal vangsten op 3 locaties in 2006. Merk op dat de CpUE in het Estuarium een factor 10 lager ligt dan de rechter y-as aangeeft.





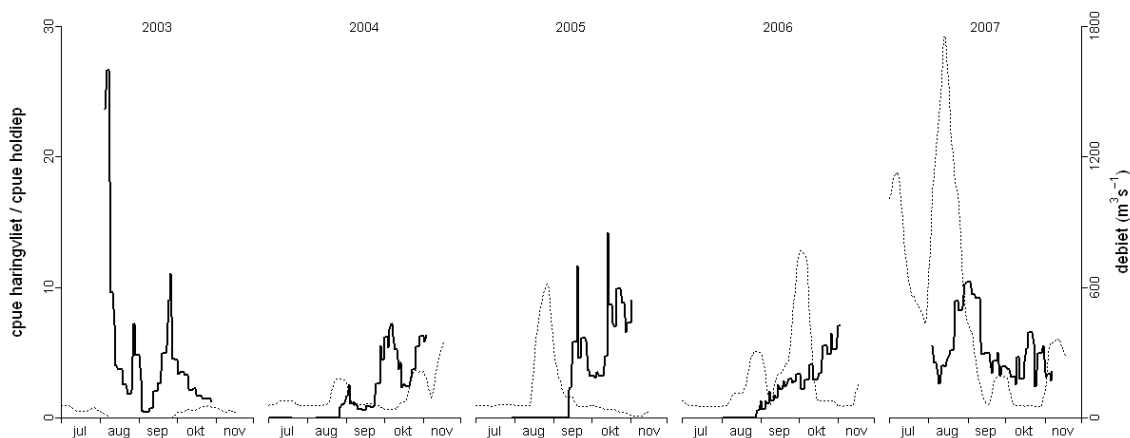
**Figuur 9f.** Verloop van dagelijkse spuidebiet bij de Haringvlietsluizen vergeleken met de schieraal vangsten op 3 locaties in 2007. Merk op dat de CPUE in het Estuarium een factor 10 lager ligt dan de rechter y-as aangeeft.

Aan de buitenzijde van de Haringvlietdam worden geringere hoeveelheden schieraal gevangen en uitsluitend tijdens of volgend op spuidebieten van enkele 100en m<sup>3</sup> of meer. In perioden met vrijwel geen of geen spuidebiet (zoals tijdens het grootste deel van 2003, figuur 9a) zijn de vangsten aan schieraal aan de buitenzijde in het Haringvliet-estuarium altijd nul (Figuur 10). Verder liggen de CPUE in het Haringvliet altijd hoger dan in het Hollandsch Diep. Als we kijken naar het verloop van de vangsten aan de zeezijde van de Haringvlietsluizen zien we dat de vangsten alleen hoger zijn tijdens of vlak na afvoerpieken. Vaak is er een vertraging van enkele dagen tussen een spuipiek en vangsten schieraal aan de zeezijde (Figuur 10).



**Figuur 10.** Gemiddelde debiet (gestippelde lijn; rechter y-as) en gemiddelde vangst per eenheid inspanning van de fuiken in het Haringvliet estuarium (dikke lijnen; linker y-as), voor de jaren 2003 - 2007. De gemiddelde waarden zijn berekend per dag,  $d$ , met alle beschikbare data in een tijdsinterval van  $d-10$  tot en met  $d+10$  dagen ('moving average' over 20 dagen).

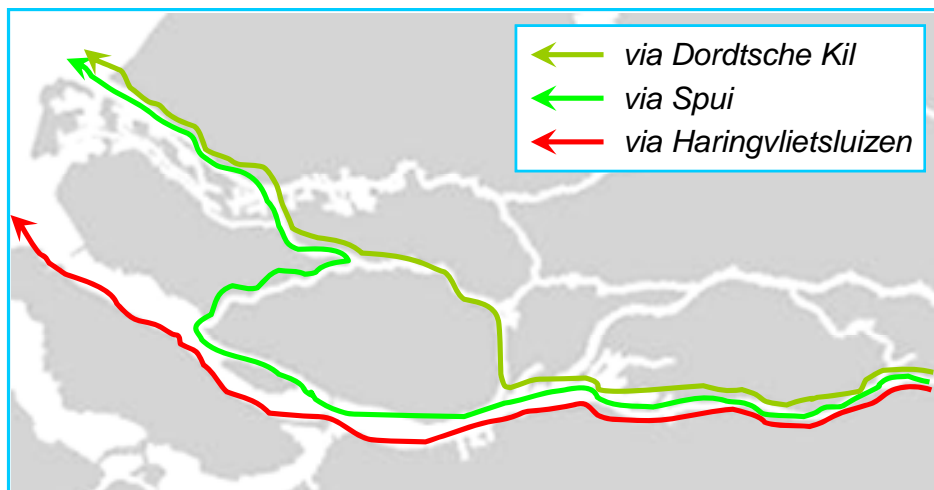
Om te onderzoeken of er aanwijzingen zijn of er ophoping van schieraal optreedt gedurende het schieraaltrekseizoen, hebben we het verloop in de verhouding tussen de vangsten aan de binnenzijde van de Haringvlietsluizen en de vangsten in het Hollandsch Diep (ratio Haringvliet:Hol. Diep) bepaald gedurende de jaren 2003-2007 (Figuur 11). Bij sterke ophoping is de verwachting dat deze ratio gedurende het trekseizoen sterk gaat toenemen in tijden dat er weinig of geen water wordt gespuid via de Haringvlietsluizen. Alleen aan het begin van het trekseizoen in het zeer droge 2003 zien we een zeer hoge ratio, terwijl deze snel daalt ondanks het feit dat er geen uitrekmogelijkheden waren via de Haringvlietsluizen. In 2004, 2005 en 2006 zien we een lichte stijging van de ratio zonder dat er een directe link lijkt te zijn met spuipeken. In 2007 is er geen toename in ratio te zien. Voor elk van de jaren is de ratio van dezelfde grootte-orde ondanks grote verschillen in afvoerdebieten.



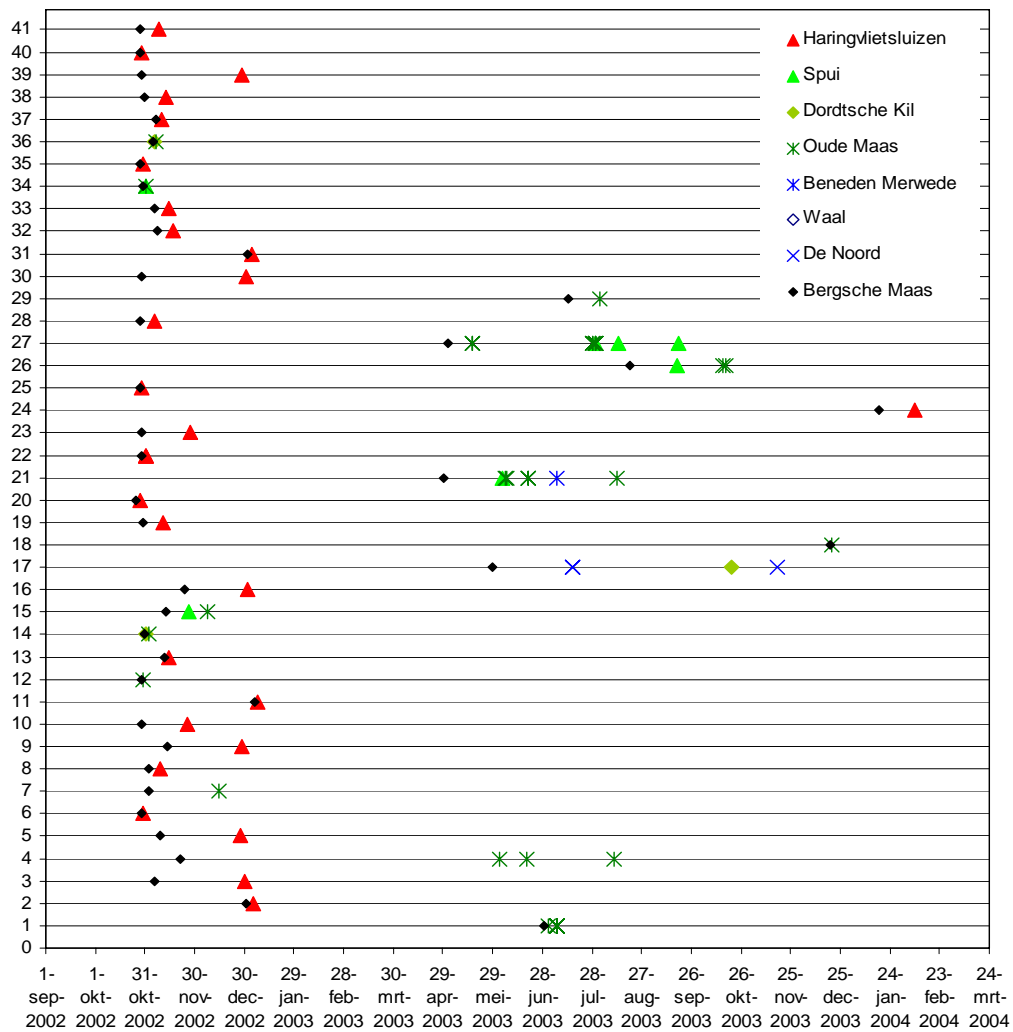
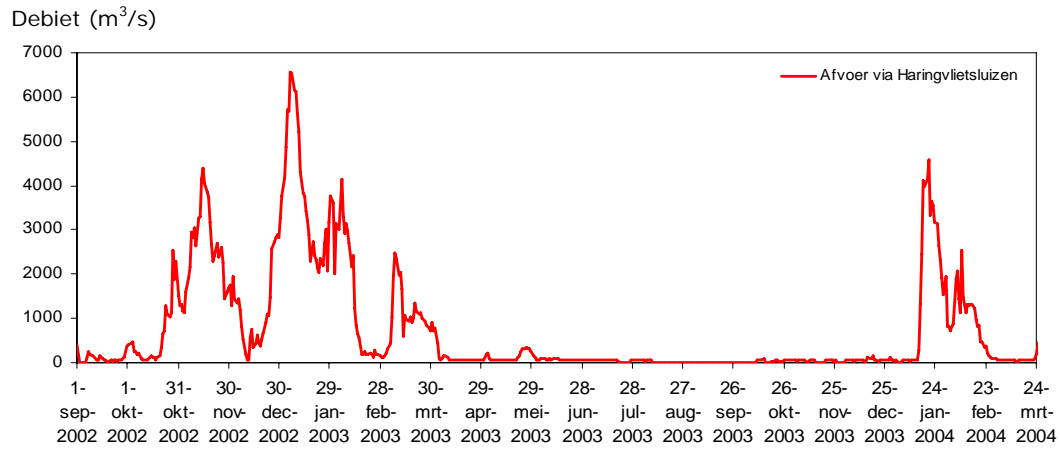
**Figuur 11.** Gemiddelde debiet (gestippelde lijn; rechter y-as) en gemiddelde ratio's in vangst per eenheid inspanning van de fuiken in het Haringvliet en het Hollandsch Diep (dikke lijnen; linker y-as), voor de maanden juli tot en met augustus 2003 - 2007. De gemiddelde waarden zijn berekend per dag  $d$  met alle beschikbare data in een tijdsinterval van  $d-7$  tot en met  $d+7$  dagen ('moving average' over 14 dagen).

### 4.3. Uittrekgedrag van schieraal voorzien van zenders

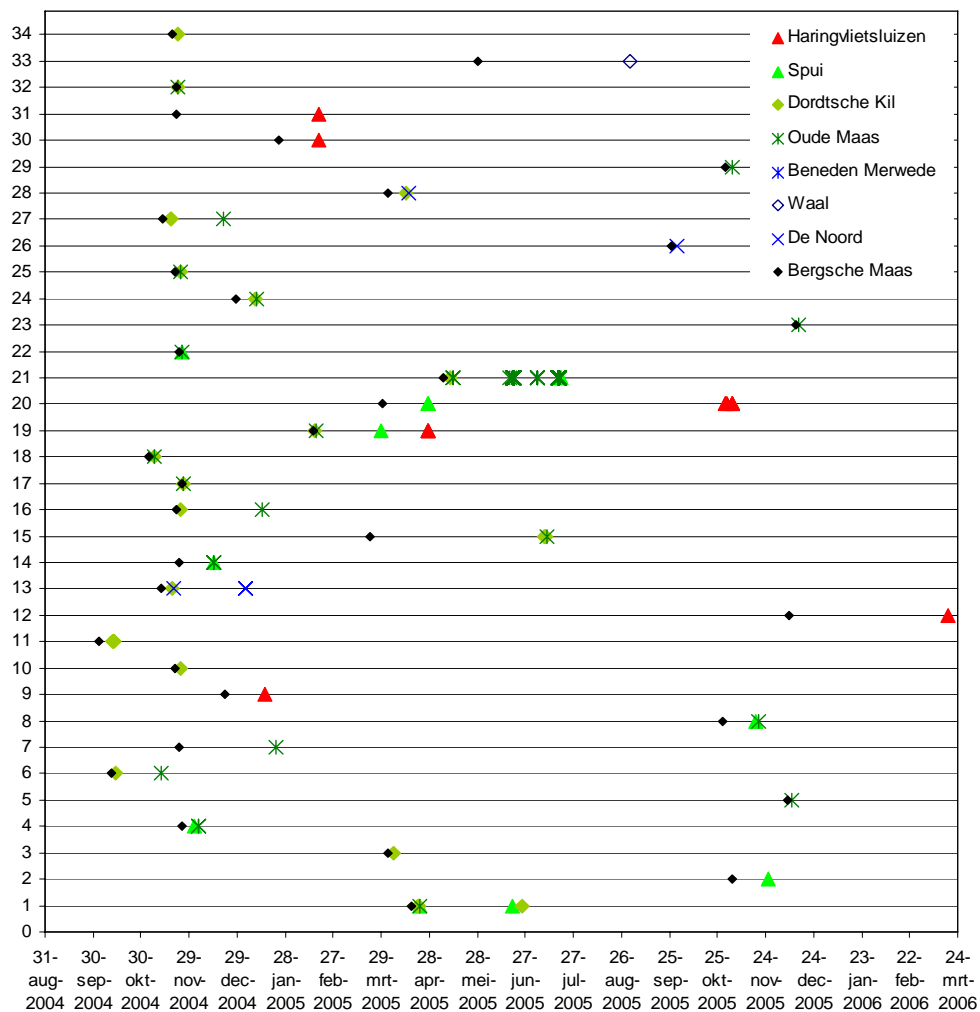
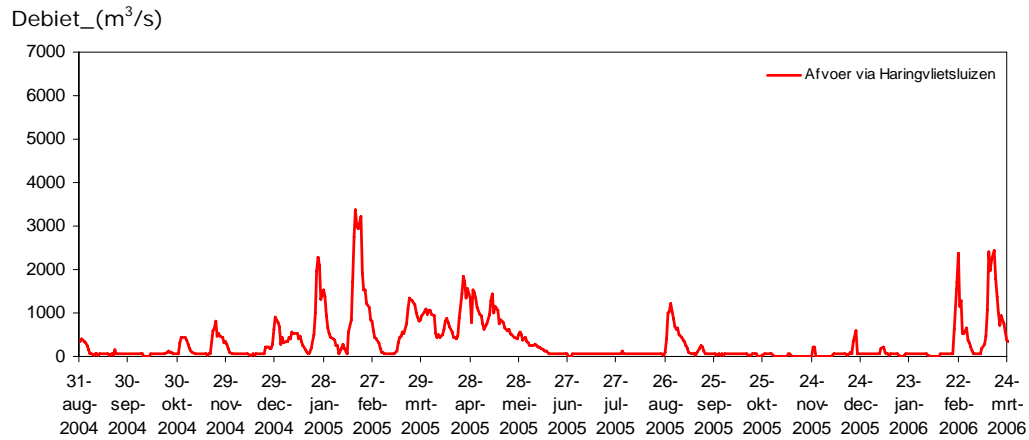
Om het daadwerkelijke uittrekgedrag van schieraal in relatie tot het spuidebiet via de Haringvlietsluizen verder te onderzoeken gebruiken we datasets van gezenderde schieralen die vanuit de Maas het Benedenrivierengebied intrekken (Winter & Jansen, 2006). De drie meest voorkomende uittrekroutes in deze gegevenssets zijn: via de Haringvlietsluizen, via het Spui en via de Dordtsche Kil (Figuur 12). Daarnaast hebben we voor elke schieraal de timing van de detecties vergeleken met het verloop in het spuidebiet via de Haringvlietsluizen (figuur 13a en 13b).



**Figuur 12.** De drie meest voorkomende uittrekroutes die gezenderde schieralen vanuit de Maas volgen.



**Figuur 13a.** Vergelijking van spuidebiet van de Haringvlietsluizen (boven) met de timing van station passages (zie figuur 5) voor de 41 gezenderde schieralen die naar zee zijn getrokken vanuit de Maas (uitzet sept 2002).



**Figuur 13b.** Vergelijking van spuidebiet van de Haringvlietsluizen (boven) met de timing van station passages (zie figuur 5) voor de 34 schieralen die naar zee zijn getrokken vanuit de Maas (uitzet sept 2004).

De gezenderde schieralen die vanuit de Maas het benedenrivierengebied introkken in het najaar van 2002 trokken vrijwel allemaal via de Haringvlietsluizen naar zee (26 via de Haringvlietsluizen, 2 via het Spui en 2 via de Dordtsche Kil). In het najaar van 2002 was het spuidebiet via de Haringvlietsluizen hoog vanaf eind oktober tot januari (figuur 13a). De overige 11 schieralen trokken na 2002 het benedenrivierengebied in.

In het najaar van 2003 is er gedurende een lange periode geen of vrijwel geen spuidebiet via de Haringvlietsluizen geweest. In deze periode is geen enkele gezenderde schieraal bij de Haringvlietsluizen opgedoken. Van de 7 gezenderde schieralen die zich in deze periode in het benedenrivierengebied bevonden, zijn er slechts 2 met zekerheid in het Haringvliet beland. Schieralen die na detectie in de Bergsche Maas gedetecteerd worden in het Spui of Haringvlietsluizen zonder eerst langs andere stations te zijn gedetecteerd moeten namelijk via het Haringvliet zijn getrokken. Beide schieralen trokken via het Spui weg. Eén schieraal trok in januari 2004 naar zee via de Haringvlietsluizen nadat er een periode met hoog spuidebiet was geweest.

Van de 17 gezenderde schieralen die in het najaar van 2004 (waarin slechts een paar spuidebiet-pieken, allen lager dan 1000 m<sup>3</sup>/s, voorkwamen) vanuit de Maas het Benedenrivierengebied introkken, trokken 11 via de Dordtsche Kil. Van de 6 die zeker het Haringvliet bereikten, trokken er 3 via het Spui weg, en 3 trokken in januari en februari 2005 via de Haringvlietsluizen weg tijdens hogere afvoerpieken > 2000 m<sup>3</sup>/s.

In de eerste helft van 2005 arriveerden 9 gezenderde schieralen in het Benedenrivierengebied vanuit de Maas. Hiervan bereikten 4 met zekerheid het Haringvliet (eentje via een omweg door het Dordtsche Kil en Spui, nr19, Figuur 13b), waarvan er 2 via de Haringvlietsluizen weg trokken tijdens afvoerpieken en 2 via het Spui (waarvan er één weer via het Spui terugkeerde, nr 20, Figuur 13b).

In het najaar van 2005 arriveerden 7 gezenderde schieralen in het Benedenrivierengebied vanuit de Maas. Hiervan zijn 3 met zekerheid in het Haringvliet aangeland, waarvan er vervolgens 2 via het Spui weg trokken in november 2005 met weinig spuidebiet, en één pas maart 2006 met een afvoerpiek via de Haringvlietsluizen.

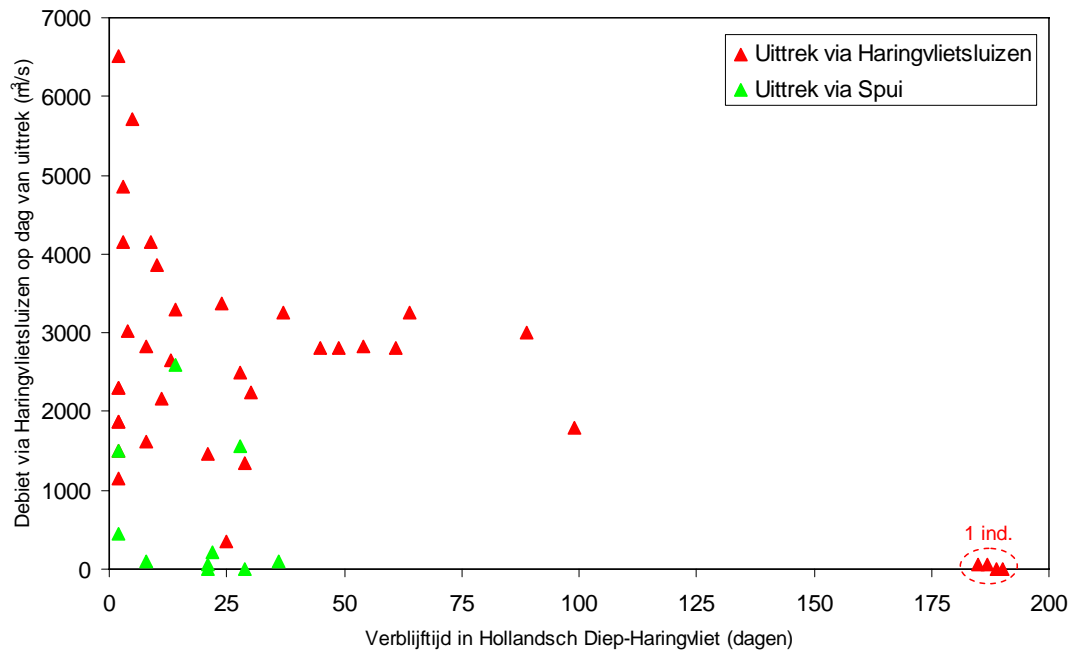
Een opmerkelijke waarneming was schieraal 20 (figuur 13b), die vanuit het Haringvliet eerst het Spui opzwoom, daarna via het Spui weer terugkeerde en in het najaar van 2005 opdook bij de Haringvlietsluizen op 4 van 6 opeenvolgende dagen. De eerste dagen was het spuidebiet ca 50 m<sup>3</sup>/s, de laatste 2 dagen waren de sluisen volledig gesloten. Deze schieraal kan dus niet via de spuisluizen naar buiten zijn getrokken. Dit is de enige schieraal die de Haringvlietsluizen heeft benaderd terwijl er vrijwel geen spuidebiet was, en ook de enige schieraal die gedurende meerdere dagen bij de sluisen is gedetecteerd.

Uit de individuele patronen van de gezenderde schieralen uit figuur 13a en 13b komt een duidelijke relatie tussen het spuidebiet via de Haringvlietsluizen en de uittrekroute die schieraal neemt naar voren. Om dit verder te onderzoeken hebben we voor elk van de gezenderde schieralen die met zekerheid in het Haringvliet zijn geweest, bepaald hoe hoog het spuidebiet was ten tijde van uittrek via hetzij de Haringvlietsluizen, danwel het Spui. Verder hebben we voor elk van deze schieralen bepaald hoeveel dagen er waren verstreken tussen het tijdstip dat ze de Bergsche Maas passeerden en het tijdstip dat ze ofwel via de Haringvlietsluizen, dan wel via het Spui het Haringvliet weer verlaten hebben (Figuur 14).

Van de 29 schieralen die via de Haringvlietsluizen naar zee zijn getrokken, is er maar 1 naar buiten getrokken bij een spuidebiet lager dan 1000 m<sup>3</sup>/s. Terwijl schieralen die via het Spui wegtrokken dit voornamelijk deden bij een spuidebiet van minder dan 1000 m<sup>3</sup>/s. Slechts 3 van de 10 gevallen betrof

een spuidebiet van meer dan 1000 m<sup>3</sup>/s. Zeven schieralen trokken via het Spui bij lage spuidebieten variërend van 0 tot 457 m<sup>3</sup>/s. Eén gezenderde schieraal is wel bij de Haringvlietsluizen aangekomen, maar voor een 'dichte deur' blijven steken en niet gepasseerd (zie hierboven beschreven voor schieraal nr 20 uit figuur 13b).

De tijd die schieralen spendeerden in het Hollandsch Diep en Haringvliet voor uittrek varieerde van enkele dagen tot enkele maanden. De spreiding in verblijftijd lijkt voor de schieraal die via het Haringvliet uittrekken iets groter (2-89 dagen) dan voor de schieraal die via het Spui uittrekt (2-36 dagen).



**Figuur 14.** Voor elk van de gezenderde schieralen die met zekerheid in het Haringvliet zijn aangeland is bepaald wat het spuidebiet via de Haringvlietsluizen bedroeg ten tijde van de uittrek via hetzij de Haringvlietsluizen (rood), dan wel het Spui (groen). Daarnaast is voor elk van deze schieralen bepaald hoeveel dagen er zijn verstreken tussen het tijdstip dat deze via de Bergsche Maas in het Hollandsch Diep zijn gezwommen en het tijdstip van uittrek uit het Haringvliet. De omcirkelde waarnemingen betreft dezelfde schieraal die op 4 verschillende dagen bij de Haringvlietsluizen is gedetecteerd, maar uiteindelijk niet naar zee is gemigreerd.

## 5. Discussie en conclusies

Uit de tijdreeksen van dagelijkse spuidebieten via de Haringvlietsluizen gedurende 1992-2007 blijkt dat er voor het overgrote deel van de tijd dagelijks water wordt gespuid. Het voorkomen van perioden met volledig gesloten sluisen is beperkt. In elk jaar waren er tijdens het schieraaltrekseizoen minimaal op 40 % van de dagen, en vaak op meer dan 90 %, mogelijkheden om via één of meerdere spuisluisen met het naar zee stromende water weg te trekken. Maar er komen enkele jaren voor dat de uittrekmogelijkheden via de Haringvlietsluizen veel beperkter waren. Met name in 2003 waren de uittrekmogelijkheden zeer beperkt, met 81 dagen volledig gesloten sluisen en geen enkele dag met een spuidebiet boven de 500 m<sup>3</sup>/s (Figuur 8). Er zijn voor schieraal dus in vrijwel alle jaren veel uittrekmogelijkheden beschikbaar via de spuisluisen in het Haringvliet.

De vraag is of schieraal deze uittrekmogelijkheden ook daadwerkelijk weet te vinden en benut. Het spuien van minder dan 50 m<sup>3</sup>/s via een enkele spuikoker met een licht geheven sluisdeur zal veel moeilijker vindbaar en merkbaar zijn voor schieraal die zich in het in die situatie vrijwel stagnante Haringvliet ophoudt dan wanneer alle spuisluisen volledig geopend zijn en vele duizenden m<sup>3</sup>/s naar zee stromen, en een duidelijke merkbare stroming in het Haringvliet teweegbrengen, waar schieraal zich op kan oriënteren.

De fuikvangsten van schieraal op de drie verschillende locaties (Hollands Diep, Haringvliet-binnenzijde en Haringvliet-estuarium) laten zien dat er aan de buitenzijde alleen schieraal wordt gevangen als er kort daarvoor is gespuid via de sluisen (Figuur 10).

Het verloop van de verhouding tussen de fuikvangsten in het Hollandsch Diep en het Haringvliet over de jaren 2003-2007 laat zien dat er geen aanwijzingen zijn voor sterke ophoping van schieraal direct aan de binnenzijde van de Haringvlietdam. Afgezien van een kortstondige hoge ratio in 2003, die ondanks dat er geen uittrek via de spuisluisen mogelijk was weer snel daarna afnam, is de orde grootte van de ratio zeer vergelijkbaar tussen de verschillende jaren. Ondanks het feit dat de afvoerdebieten van de Haringvlietsluizen sterk verschilden van jaar tot jaar. Ook is er geen verband tussen het afvoerdebiet van de spuisluisen en de ratio in vangsten. De toename in ratio die we zien in de jaren 2004, 2005 en 2006 valt mogelijk te verklaren doordat de schieralen eerder in het Hollandsch Diep aankomen en doortrekken dan dat deze in het Haringvliet aankomen en weer vertrekken. De fuikgegevens suggereren derhalve dat er geen sprake is van een zich opbouwende ophoping van schieraal direct aan de binnenzijde van Haringvlietdam in tijden dat er niet of nauwelijks wordt gespuid.

De zendergegevens van uittrekkende schieralen laat een zeer duidelijk patroon zien. Uittrek via de Haringvliet-sluizen vindt vrijwel uitsluitend plaats bij hoge spuidebieten van meer dan 1000 m<sup>3</sup>/s (Figuur 13 en 14). Bij lagere spuidebieten gebruiken de gezenderde schieralen die vanuit het Haringvliet wegtrekken het Spui om via de Oude Maas en Nieuwe Waterweg naar zee weg te trekken. Dus ook bij een volledige sluiting van de Haringvlietsluizen vormt het Spui een alternatieve route die altijd beschikbaar is voor schieraal en die ook daadwerkelijk als zodanig wordt gebruikt door tenminste een deel van schieralen die zich dan in het Haringvliet bevinden.

Daarnaast lijken een deel van de gezenderde schieralen gedurende perioden met geringere afvoer voor langere tijd in het Haringvliet te verblijven om vervolgens met een hogere afvoerpiek naar buiten te trekken via de Haringvlietsluizen (figuur 12 en 13). In hoeverre dit komt doordat ze wel willen maar niet kunnen uittrekken of dat ze bewust voor kiezen pas weer verder te trekken bij hogere afvoer kan niet worden bepaald met onze gegevens. Aangezien we weinig aanwijzingen hebben voor uitgebreid zoekgedrag in de nabijheid van de Haringvlietsluizen (slechts één schieraal kwam bij de Haringvlietsluizen tijdens lage spuidebieten) en een deel het Spui wel weet te vinden in perioden met



lage spuidebieten, lijkt het ons aannemelijk dat het 'wachten' met uittrekken eerder een 'keuze' is van de schieraal dan dat het gerelateerd is aan een ernstige belemmering van de uittrek.

### **Concluderend**

Schieraal die vanuit het Haringvliet naar zee trekt, gaat voornamelijk via de Haringvlietsluizen wanneer het spuidebiet hoger is dan 1000 m<sup>3</sup>/s. Bij lagere spuidebieten 'kiezen' schieralen ervoor om via het Spui naar zee te trekken ondanks het feit dat het vaak wel mogelijk is om via tenminste één of enkele van de spuisluizen in de Haringvlietdam naar zee te trekken. Er zijn geen aanwijzingen gevonden voor ophoping van schieraal of uitgebreid zoekgedrag in de directe nabijheid van de Haringvlietsluizen in tijden van laag spuidebiet. De uittrek van schieraal vanuit het Haringvliet lijkt nauwelijks beperkt te worden door de spuisluizen, omdat het Spui een goede alternatieve route is voor wegtrekkende schieraal tijdens lage rivierafvoeren.

### **Aanbevelingen**

Naast de gebruikte datasets zijn er nog meer datasets voor gezenderde schieraal beschikbaar (vanuit de Rijn en vanuit de Maas in recentere jaren, door RWS Waterdienst in samenwerking met Visadvies, Breukelaar et al. 2009, Spiertz et al. 2009). Wanneer ook de recentere spuidebieten van het Haringvliet 2008-2010 beschikbaar komen, zou eventueel de analyse in dit rapport kunnen worden uitgebreid en gebaseerd worden op grotere aantallen en een groter aantal jaren. Gezien de duidelijkheid in gevonden patronen in dit rapport, is het de vraag of dit een ander beeld zal opleveren.

Om de uittrek van schieraal via alternatieve routes, zoals via het Spui, beter te kunnen relateren aan de stromingscondities, zou het goed zijn om ook een tijdreeks te genereren van de debieten per uur via het Spui. Bij ons weten zijn hierover geen meetreeksen beschikbaar, maar deze zouden gegenereerd kunnen worden door modelberekeningen op basis van rivierafvoer, getij en gemeten waterstanden. Dan kan worden bepaald of de keuze van schieraal voor een alternatieve route daadwerkelijk wordt ingegeven door sterkte en richting van de 'merkbare' stromingen in het Haringvliet.

## **Kwaliteitsborging**

IMARES beschikt over een ISO 9001:2000 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 08602-2004-AQ-ROT-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2012. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Het laatste controlebezoek vond plaats op 22-24 april 2009. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

## Referenties

- Breukelaar, A. W., Ingendahl, D., Vriese, F. T., de Laak, G., Staas, S., Klein Breteler, J. G. P., 2009. Route choices, migration speeds and daily migration activity of European silver eels *Anguilla anguilla* in the River Rhine, north-west Europe. *Journal of Fish Biology* 74 (9): 2139-2157.
- Jansen, H.M., H.V. Winter, M.C.M. Bruijs & H. Polman, 2007. Just go with the flow? Route selection and mortality during downstream migration of silver eels in relation to discharge. *ICES Journal of Marine Science* 64: 1437-1443.
- Hees, J. van & Peters, H. (redactie), 1998. MER Beheer Haringvlietsluizen: Over de grens van zout en zoet. Deelrapport Water- en Zoutbeweging. ISBN: 903694871. RWS, notanummer: apv 98/093.
- Krefeld, A. van, A. van Winden, P. Jacobs, P. Souwerbren, A. Gilbert, A. te Linde, G. Zwolsman, 2009. Het Benedenrivierengebied in tijden van klimaatverandering. Klimaat voor Ruimte Rapport KvR 014/2009.
- Kerff, E. van der, 1996. OVB-Bericht 1996-4. III.
- Spierts, I.L.Y., Vis, H. & Vriese, F.T., 2009. Migratiegedrag van schieraal in de Maas: najaar 2008. VisAdvies Rapport: VA2008\_55.
- Winter, H.V. & H.M. Jansen, 2006. De effecten van waterkracht en visserij tijdens de stroomafwaartse trek van schieraal in de Maas: zender-onderzoek gedurende 2002-2006. IMARES-rapport C072/06.
- Winter, H.V., Jansen, H.M. & Bruijs, M.C.M., 2006. Assessing the impact of hydropower and fisheries on downstream migrating silver eel, *Anguilla anguilla*, by telemetry in the River Meuse. *Ecology of Freshwater Fish* 15: 221-228.

## Verantwoording

Rapport C155/10

Projectnummer: 4308601009

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: Dr. I. Tulp  
Onderzoeker

B/a:

Handtekening:



Datum: 16 december 2010

Akkoord: Drs. J. Asjes  
Hoofd afdeling Vis

Handtekening:



Datum: 16 december 2010