Kreeftachtigen in het Haringvliet

Deskstudie: voor en na de opening van de kier

Auteur(s): B. Couperus, U. Beier, M. Boonstra, R. van Hal.

Wageningen University &
Research rapport C012/20

Kreeftachtigen in het Haringvliet

Deskstudie: voor en na de opening van de kier

Auteurs: B. Couperus, U. Beier, M. Boonstra, R. van Hal

WMR (Wageningen Marine Research)

Wageningen Marine Research
IJmuiden, 7/2 /2020

Wageningen Marine Research rapport C012/20

Keywords: Haringvliet, kreeftachtigen, hyperbenthos, macrofauna

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat West-Nederland Zuid
T.a.v.: Aniel Balla
Postbus 556
3000 AN Rotterdam

Dit rapport is gratis te downloaden van DOI: <https://doi.org/10.18174/514489>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Foto omslag: Oscar Bos

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut
binnen de rechtspersoon Stichting
Wageningen Research, hierbij
vertegenwoordigd door Dr. M.C.Th.
Scholten, Algemeen directeur

KvK nr. 09098104,
WMR BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor
gevolg schade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de
resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen
Marine Research opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van
aanspraken van derden in verband met deze toepassing.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag weergegeven en/of
gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden
zonder schriftelijke toestemming van de uitgever of auteur.

A_4_3_1 V29 (2019)

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	5
1.1 Achtergrond	5
1.2 Probleemstelling	5
1.3 Onderzoeksvragen	6
1.4 Afbakening van de werkzaamheden	6
2 Deskstudie	7
2.1 Historische informatie kreeftachtigen in het Haringvliet	7
2.1.1 Wetenschappelijke literatuur	7
2.1.2 Databases	7
2.2 Huidige bemonstering	15
2.2.1 Stichting ANEMOON	15
2.2.2 EIS Kenniscentrum Insecten	15
2.2.3 MWTL	17
2.2.4 WMR	17
2.3 Dekking van de soortgroepen	17
2.4 De soortsamenvatting van kreeftachtigen in het Haringvliet?	17
2.5 Rol van kreeftachtigen in het voedselweb	21
2.6 De mate waarin de kreeftachtigen zich zullen vestigen in het Haringvliet.	22
3 Bemonsteringsopzet Haringvliet kreeftachtigen	23
3.1 Monitoring van kreeftachtigen in het Haringvliet	23
3.2 Aansluiten bij bestaande monitoringsprogramma	24
3.3 Bemonsteringsopzet	25
3.4 Bemonsteringslocaties	26
3.5 Bemonsteringsperiode	27
3.6 Tijdstip van bemonstering	28
3.7 Vangstverwerking	28
3.8 Overige registratie en metingen	28
3.9 Personele inzet	29
3.10 Samenvatting bemonstering	29
4 Kwaliteitsborging	30
Literatuur	31
Verantwoording	33
Bijlage 1 Gebruikte bemonsterings-technieken	34
4.1.1 Van Veenhapper	34
4.1.2 Boxcorer	34
4.1.3 Flushing sampler	34
4.1.4 Vacuüm Steekbuis	34
4.1.5 Macro-invertebrate net sampler ("D-net")	35
4.1.6 Boomkor	35
4.1.7 Hyperbenthische slede (1 m)	35
4.1.8 Swedish LiNi® trap (Koese & Evers 2011)	36
4.1.9 Oesterkor	37
Bijlage 2 Schematische weergave van gegevensverzameling en opslag die kreeftachtigen in het Haringvliet bevatten of kunnen bevatten	38

Samenvatting

In november 2018 is gestart met het project “Lerend implementeren Kier”, kortweg project “de Kier” genoemd. Hierin worden de Haringvlietsluizen ook geopend als de waterstanden op zee hoger zijn dan de waterstanden op het Haringvliet. Het gevolg hiervan is dat zout water het Haringvliet in komt. Een van de ecologische vragen die is gesteld als onderdeel van dit project is hoe kreeftachtigen zich ontwikkelen in het Haringvliet na deze opening. Bijkomende vragen zijn welke rol kreeftachtigen zullen vervullen in het voedselweb van het Haringvliet en op welke manier de ontwikkeling van de kreeftachtigen gemonitord kan worden.

Om deze vragen te kunnen beantwoorden is er een literatuurreview uitgevoerd naar gegevens van kreeftachtigen uit het gebied voor de bouw van de Haringvlietdam en over de huidige aanwezigheid van de kreeftachtigen in het Haringvliet en de Voordelta. Om een uitspraak te kunnen doen over de verwachte ontwikkeling van kreeftachtigen is aanvullend gezocht naar gegevens van vergelijkbare systemen. Het voorspellen van deze ontwikkeling is echter lastig aangezien het nog onduidelijk is hoe de inlaat van zoutwater zal gaan plaatsvinden. Vanwege de noodzaak zout water niet te ver het binnenland in te laten trekken, zal in de situatie dat in een natuurlijke systeem het zoute water het verst naar binnen zou trekken, de kier gesloten worden en hoogst waarschijnlijk het Haringvliet “zoet-geespoeld” worden. Hierdoor wordt het tegenovergestelde van de natuurlijke situatie bereikt. Onder de verwachte omstandigheden zal er daardoor geen natuurlijke situatie ontstaan.

Het voorkomen van kreeftachtigen in het gebied en eerdere experimenten met het toelaten van zout in het Haringvliet laten zien dat het aannemelijk is dat er zich van deze groep voor enige tijd zout- of brakwatersoorten zullen vestigen in het Haringvliet. Deze kreeftachtigen kunnen een voedselbron zijn voor de aanwezige vogels en vissen. De meeste van deze kreeftachtigen zullen vanwege het zoetspoelen geen permanente bewoners worden, maar zullen iedere keer weer vanuit het omliggende gebied naar binnen spoelen worden gespoeld. Hier kan dan onder invloed van andere omstandigheden een mogelijke bloei optreden.

De eventuele ontwikkeling van kreeftachtigen in de diepere putten zal mogelijk anders verlopen dan in het omringende gebied, doordat dezemogelijk permanent of in ieder geval voor langere tijd brak zullen worden. In deze putten zal naast de ontwikkeling van het zoutgehalte ook de aanwezigheid van zuurstof een rol spelen bij de uiteindelijke ontwikkeling van kreeftachtigen.

Op basis van deze literatuurstudie adviseren wij de al eerder door Paalvast (2009) opgestelde bemonsteringsopzet te volgen met enkele aanpassingen, waarbij specifieke aandacht wordt gericht op de diepere putten en op de ondiepere oevers.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In november 2018 is gestart met het project Lerend implementeren Kier, kortweg project de Kier genoemd. Hierin worden de Haringvlietsluizen ook geopend als de waterstanden op zee hoger zijn dan de waterstanden op het Haringvliet. Het gevolg hiervan is dat zout water het Haringvliet in komt. Deze maatregel is primair gericht op het herstel van de mogelijkheden tot internationale vismigratie tussen de Noordzee en de rivieren Rijn en Maas. Daarnaast is de Kier belangrijk voor het ecologisch herstel van het Haringvliet als estuarium met bijbehorende Kaderrichtlijn Water (KRW) en Natura2000 doelstellingen. In de KRW wordt het Haringvliet getypeerd als een overgangswater (type O2b), terwijl het Haringvliet in de huidige situatie een volledig zoetwatersysteem is. In 1970 werd de Haringvlietdam gebouwd als onderdeel van grootschalige deltawerken en sindsdien bestaat bij de dam een harde gradiënt tussen zoet rivierwater en het zoute water van de Noordzee. Het toelaten van zout water moet dus gaan leiden tot een meer natuurlijk estuarium met een zoet-zout gradiënt.

Er zijn echter risico's ten aanzien van ongewenste zoutverspreiding. Om het drink- en landbouwwater te kunnen garanderen is door de overheid bepaald dat alleen het westelijk deel van het Haringvliet zouter mag worden en het zoute water niet ten oosten mag komen van de lijn Middelharnis-Spui. Bij hoge afvoer van rivierwater zal dit niet tot problemen leiden, maar bij lage afvoer zullen de Haringvlietsluizen bij vloed gesloten blijven. Voorafgaand aan dit sluiten zal het Haringvliet zoveel mogelijk "zoet-gespoeld" worden, wat betekent dat bij eb gespuid wordt om het zoute water in het Haringvliet kwijt te raken. Het systeem wordt dan in korte tijd weer nagenoeg volledig zoet. Het is echter onwaarschijnlijk dat al het zoute of brakke water het Haringvliet zal verlaten. De diepste putten en met name die nabij de Haringvlietdam zullen waarschijnlijk voor langere periode zout blijven. Op basis van de duur van de hoge - en lage rivier afvoerperiodes zal gemiddeld gedurende ruim drie maanden per jaar sprake zijn van een "zoet-gespoeld systeem", geconcentreerd in de periode rond oktober (Paalvast, 2016). In een natuurlijk overgangswater trekt juist tijdens de periodes van lage water rivierafvoer het zoute water het verst landinwaarts. In het beoogde sluisregime zal de situatie omgekeerd zijn. Dit geeft aan dat het onwaarschijnlijk is dat er een volledig natuurlijke situatie gaat ontstaan, welke vergelijkbaar zal zijn met gebieden als de Nieuwe Waterweg waar een natuurlijkere zoet-zout gradiënt heerst.

1.2 Probleemstelling

Het openen van de kier zorgt ervoor dat zoutwater het Haringvliet in komt. Dit zoute water zal het Haringvliet brakker maken en waarschijnlijk effect hebben op het aan zoete omstandigheden aangepaste ecosysteem (Griffioen e.a., 2017; Noordhuis, 2017). Het ecosysteem zal meer gaan lijken op dat van een overgangswater, wat een van de doelstellingen vanuit de KRW is.

Het is echter de vraag hoe deze ontwikkeling zal gaan verlopen, met name omdat in eerste instantie de kier maar beperkt geopend zal zijn en het waarschijnlijk nodig zal zijn/blijven om het Haringvliet geregeld zoet te spoelen. Om de ecologische ontwikkeling te volgen zal er gecoördineerd door RWS-monitoring van het Haringvliet plaats gaan vinden. Een van de soortgroepen waarvoor RWS de ontwikkeling in het Haringvliet wil gaan volgen zijn de kreeftachtigen. Kreeftachtigen zijn kenmerkende soorten in een estuarium en vormen een belangrijke link in het voedselweb als voedsel voor vissen en andere predatoren van zoöbenthos. Het is de verwachting dat de samenstelling van deze soortgroep tijdelijk zal veranderen wanneer het systeem zouter wordt.

Er is echter weinig bekend over deze soortgroep in het Haringvliet voor de kier, in de huidige zoete situatie en in de te verwachte brakke situatie. In 2009 en 2016 is er wel advies uitgebracht door Ecoconsult voor de monitoring van kreeftachtigen (Paalvast, 2009; Paalvast, 2016).

Het betreft een quick-scan die laat zien dat er op dit moment onvoldoende inzicht is in:

1. De mate waarin kreeftachtigen aanwezig zijn in het Haringvliet.
2. De mate waarin de kreeftachtigen zich zullen vestigen in het Haringvliet.
3. De wijze waarop gemonitord kan worden of kreeftachtigen zich vestigen.
4. In welke mate voor de monitoring aangesloten kan worden op bestaande monitoringstechnieken en bij lopende monitoringsprogramma's.

Dit gebrek aan inzicht is het probleem om tot een goed monitoringsprogramma te komen dat inzicht kan geven in de ontwikkeling van kreeftachtigen in het Haringvliet.

1.3 Onderzoeksvragen

De volgende vijf vragen komen aan de orde in deze deskstudie:

1. Welke historische informatie over kreeftachtigen in het Haringvliet is er?
2. Welke bemonsteringstechnieken zijn er in het verleden ingezet?
3. Wat zegt deze informatie over de soortsaamenstelling van kreeftachtigen in het Haringvliet?
4. Wat voor bemonsteringen vinden momenteel plaats en hoe kunnen deze bijdragen aan een bemonstering van kreeftachten in het Haringvliet?
5. Wat zou de rol van deze kreeftachtigen kunnen zijn in het voedselweb van het Haringvliet?

De verkregen informatie moet zorgen voor een wetenschappelijke basis onder een op te stellen bemonsteringsvoorstel voor een lange termijn-monitoring van kreeftachtigen. Het opstellen van het monitoringsplan (hoofdstuk 4) is ook onderdeel van deze opdracht.

1.4 Afbakening van de werkzaamheden

Gevraagd is om een deskstudie uit te voeren met daarin een voorstel voor de een lange termijn-bemonstering voor de ontwikkeling van kreeftachtigen in het Haringvliet. De deskstudie is uitgevoerd om beter geïnformeerd te zijn voordat begonnen wordt aan een nieuw lange termijn-bemonstering. Op voorhand is vanuit de quick-scan uitgevoerd door Ecoconsult (Paalvast, 2009; Paalvast, 2016) duidelijk dat de databeschikbaarheid beperkt is. De doelstelling is echter zo uitgebreid mogelijk op zoek te gaan naar beschikbare literatuur, databases en mogelijk andere bronnen welke inzicht kunnen geven in kreeftachtigen in relatie tot de onderzoeksvragen. We kunnen echter niet de garantie geven dat de zoektocht volledig was, het is heel goed mogelijk dat er bronnen gemist zijn, bijvoorbeeld ad hoc (studenten)onderzoek waarvan de data niet zijn gepubliceerd of bij de benaderde organisaties niet (meer) bekend is.

Op voorhand viel ook niet goed in te schatten of er substantiële informatie te vinden was, welke de beperkingen in inzicht geconcludeerd door Ecoconsult konden wegnemen. Bij gebrek hieraan is op basis van *expert judgement* en kennis over monitoringsprogramma's toch een advies opgesteld voor de monitoring.

De studie richtte zich op macrofauna, zoals aasgarnaaltjes (*Mysida*), vlokreeften (Amphipoda), steurgarnalen (*Palaemonidae*) en de gewone garnaal (*Crangon crangon*). Zoöplankton, zoals roeipootkreeftjes (*Copepoda*) en kieuwpootkreeftjes (*Branchiopoda*) zijn uitgesloten van de deskstudie. Ook endobenthos, oftewel in de bodem levende soorten, worden niet meegenomen. Voor grotere kreeftachtigen, zoals rivierkreeften en krabben, is wel naar historische informatie gezocht, maar er werd op voorhand vanuit gegaan dat deze groepen niet in een lange termijn monitoringprogramma worden opgenomen. Wel is voor deze groepen ingegaan op mogelijkheden om aan te sluiten bij bestaande monitoringsactiviteiten.

Het voorstel voor monitoring van kreeftachtigen is geheel gericht op het signaleren van trends in de ontwikkeling van de soortsaamenstelling.

Thans heeft RWS geen protocol voor het monitoren van kreeftachtigen. Ook elders is voor zover bekend, hier geen landelijke standaard voor.

2 Deskstudie

2.1 Historische informatie kreeftachtigen in het Haringvliet

2.1.1 Wetenschappelijke literatuur

Er is gezocht naar publicaties waarin historische gegevens van het voorkomen van kreeftachtigen in het Haringvliet worden beschreven. Specifiek is gezocht naar bentisch macrofauna. Naast gebruik te maken van bekende zoekmachines op internet, is een deel gevonden door mondelinge communicatie met collega's en andere experts. De gevonden studies die relevant werden bevonden met betrekking tot toekomstige monitoring zijn in Tabel 1 te vinden.

2.1.2 Databases

Naast wetenschappelijke literatuur zijn verschillende databases geraadpleegd om inzicht te krijgen in bestaande databestanden en monitoringsprogramma's. Naast de organisaties die hieruit naar voren kwamen, zijn ook organisaties benaderd die volgens eigen inschatting kennis hadden van het onderwerp of organisaties en personen waar in gesprekken naar werd doorverwezen. Bij deze organisaties is navraag gedaan naar eventuele aanwezige data van kreeftachtige in het Haringvliet, monitoringsactiviteit en andere kennis van dit onderwerp. Lopende monitoringsprogramma's worden verder besproken in 2.4.

Met de volgende organisaties is gesproken:

- Nationale Databank Flora en Fauna (NDFF)
- Stichting ANEMOON, Niels Schrieken
- Universiteit van Amsterdam (UvA), IBED, Harm van der Geest
- Good Fish Foundation
- RAVON, Sanne Ploegaert
- EIS - Kenniscentrum Insecten en andere Invertebraten
- GiMaRIS
- Waterfauna Hydrologisch Adviesbureau, Bram bij de Vaate
- Bureau Waardenburg
- Aquadesk (voorheen Donar) RWS

Good Fish Foundation, RAVON, Waterfauna Hydrologisch Adviesbureau en de UvA hadden zelf geen relevante data of monitoringsactiviteiten. Hun informatie bestond uit het verder bevestigen van het ontbreken van monitoringsactiviteiten buiten de eerdergenoemde en konden zij doorverwijzen.

Tabel 1 Eerdere studies van benthische macrofauna uit het Haringvliet.

Referentie	Data beschikbaar	Onderzoek	Tuig (relevant)	N monsters	Maanden	Jaar
(Bleijerveld, 2000) (Dijkstra, 1998)	-	Dichtheid en lengte van <i>Neomysis</i> , verband tussen jaarklassterkte en voedsel voor 0+ snoekbaars.	Macro-invertebrate net sampler ("D-net" 50 cm breed, 25 cm hoog), 1 mm maaswijdte	~65	mei-september	1998
(Fortuin, 1985)	-	Aantallen + biomassa van belangrijkste soorten, hun seizoensvariatie en verspreiding in relatie tot diepte en bodemsamenstelling.	Van Veenhapper, Flushing sampler, Oesterkor	~75	maart, september	1983
(Den Hartog, 1963a; Den Hartog, 1963b; Den Hartog, 1964)		Voorkomen <i>Talitridea</i> en <i>Gammaridea</i> in de delta-regio voor het sluiten van het Haringvliet				<1963
Heermans (1980)		Relatie tussen bodemfauna en aalstand – Abundantie van <i>Chironimidae</i> , <i>Oligogaetide</i> en <i>Gammaridae</i> .	Bodemhapper 416 cm ²	10 Haringvliet 14 Lauwermeer	??	1977-1979
(Koeze en Evers, 2011)	STOWA	Verspreiding van invasieve kreeften in Nederland.	Swedish LiNi® traps (www.lini.se)	11 per waterschap	augustus-oktober	2010
(Paalvast, 2016)	Aquadesk	Overzicht lopende monitoringsprogramma's	<2 m Vacuüm steekbuis, > 2 m boxcorer	24	augustus-oktober	2016
(Platvoet en Pinkster, 1995)		Vergelijking 30 jaar naar de inventarisatie van (Den Hartog, 1963a)	Schepnet (12 x 18 cm en 20 cm diep, maaswijdte 0.5 x 0.5 mm), kleine bodemschaaf, zuigbuis in vegetatie			1992
(Reinhold-Dudok van Heel, 1995)		Kier experiment, binnen en buitenkant metingen	Boxcorer; Sleepnet (breedte = 0,5 m; maaswijdte = 500 µm)	36 benthisch 18 pelagische	Juni, januari, maart	1993-1994

Referentie	Data beschikbaar	Onderzoek	Tuig (relevant)	N monsters	Maanden	Jaar
(Schmidt e.a., 2013)	Aquadesk	Biologische monitoring om effectiviteit van proefsanering in het Haringvliet te kunnen beoordelen.	Boxcorer 5 happen van de bovenste 10 cm, gezeefd over een 500 µm zeef, gezeefde macrofaunamonsters zijn bij elkaar gevoegd (één macrofaunamonster per monsterpunt).	~6x5 (5 samengevoegd per monsterpunt) per jaar	april	2002, 2003, 2005
(Sisternans e.a., 2002)	BIS (Benthos Informatie Systeem)	Macrobenthos in het kader van het Biologisch Monitorings Programma	Reineck boxcorer, drie deelmonsters genomen met een buis van 8 cm doorsnede	50	najaar	2001
(Smit e.a., 1995)		Macrozoobenthos bemonstering	Reineck boxcorer	14	Augustus, november	1988
(Tsehay, 1998)	-	Relatie tussen vis en macrobenthos (habitat).	Macro-invertebrate net sampler ("D-net" 50 cm breed, 25 cm hoog), 1 mm maaswijdte	25	juli, september	1997
(Wijnhoven en Hummel, 2008)	BIS (Benthos Informatie Systeem) + data van RIZA	Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschappen van de Rijn-Maas-monding (de voordelta, het Haringvliet, het Hollandsch Diep, de Biesbosch, en de water aanvoerende riviertakken) gedurende de periode 1960-2006.	Steekbuis (Dikke Bertha), steekbuis uit Reineck Boxcorer (verschillend), Van Veenhapper (verschillend)	-	Variërend	1960-2006
(Wijnhoven e.a., 2007)	BIS (Benthos Informatie Systeem)	Veranderingen in bodemdier dichtheden, aantallen soorten en soorten diversiteit in verband met veranderingen in waterkwaliteit en zoetheid in het Haringvliet 1961-2005.	Steekbuis (Dikke Bertha), steekbuis uit Reineck Boxcorer (verschillend),	-	Variërend	1961-2005

Referentie	Data beschikbaar	Onderzoek	Tuig (relevant)	N monsters	Maanden	Jaar
			Van Veenhapper (verschillend)			
(Wolff en Sandee, 1971; Wolff, 1973)			Van Veenhapper, 0,1 & 0,2 m ²		Juni, september	1961, 1963, 1968, 1969

2.1.2.1 NDFF

De database van NDFF bevat data van stichting ANEMOON en van Waarneming.nl. De data uit de NDFF-database vormt de onderliggende data voor de verspreidingsatlas.nl¹ waarin verspreidingsdata per soort en gebied te raadplegen zijn. NDFF bevat 30 records van kreeftachtigen rondom het gebied van het Haringvliet. Deze waarnemingen zijn toegevoegd in de periode 2003-2016. De waarnemingen zijn beperkt tot vier soorten: gevlekte Amerikaanse rivierkreeft (*Faxonius limosus*); rode Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus clarkii*); langspriet-slijkkreeftje/slijkgarnaaltje (*Corophium volutator*) en Pontokaspische – of reuzenvlokreeft (*Dikerogammarus villosus*). De rivierkreeften en de reuzenvlokreeft zijn exoten. Van het slijkkreeftje staat één waarneming in de NDFF-database, een andere bron² beschrijft een waarneming van een andere slijkkreeft (*Chelicorophium robustum*) in het Haringvliet.

2.1.2.2 NEM

De Netwerk Ecologische Monitoring (NEM) is een database die gefinancierd wordt door onder andere het Ministerie van Landbouw en Visserij (LNV), RWS en de provincies. Het NEM is het samenwerkingsverband van overheidsorganisaties voor de monitoring van de natuur in Nederland. De partners stellen gezamenlijk prioriteiten voor de meetdoelen en werken aan de optimalisatie van het verzamelen en bewerken van de gegevens. In het geval van kreeftachtigen bevat deze database gegevens van duiktransecten van stichting ANEMOON en fuikenregistratie door het EIS (zie 2.4). De NEM wordt ondersteund door het Centraal Bureau voor de Statistiek, die onder andere de kwaliteit bewaken (Tabel 2).

Tabel 2 Waarnemingen van gevlekte rivierkreeft (*Faxonius limosus*) in het Haringvliet door EIS in de NEM-database.

soort	datum	X	y	plaatsnaam
<i>Faxonius limosus</i>	27/09/2015	79530	418253	Tiengemeten - Wildernis
<i>Faxonius limosus</i>	23/08/2015	81226	416299	Tiengemeten - Wildernis
<i>Faxonius limosus</i>	18/09/2016	81149	416483	Tiengemeten - Wildernis
<i>Faxonius limosus</i>	13/10/2010	81177	419039	gemaal de Eendragt te Nieuwendijk
<i>Faxonius limosus</i>	12/10/2010	81177	419039	gemaal de Eendragt te Nieuwendijk
<i>Faxonius limosus</i>	13/08/2018	68039	426529	Hellevoetsluis

De exoot Amerikaanse gevlekte rivierkreeft (*Orconectes limosus*) is ook waargenomen oostelijk van de haringvlietbrug. Daarnaast bevat de NEM waarnemingen in de buurt van het Haringvliet bij Ooltgensplaat (Voormalig Fort Prins Frederik), hier is de exoot rode Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus clarkii*) waargenomen.

2.1.2.3 Aquadesk

RWS slaat data op in de database Aquadesk (vóór 2017 "Donar"). Ontsluiting vindt vanaf 2018 plaats via het Waterinfo portaal. Wij hebben voor het gebied Haringvliet (HARVT) data gekregen voor de periode 2012 tot 2016, inclusief (een deel van) de data uit Schmidt e.a. (2013). Ook de apart verkregen gegevens van de door Eurofins in 2017 en 2018 uitgevoerde bemonstering (Tabel 3) worden hierin opgeslagen.

¹ <https://www.verspreidingsatlas.nl/kreeftachtigen>

² Macrofaunanieuwsmail 70, 23 januari 2007 https://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/132167/macrofaunanieuwsmail_70.pdf

Tabel 3 Aantallen kreeftachtigen in bemonstering met boxcorer en steekbuizen door Eurofins in 2017 en 2018 in het Haringvliet.

Soort	2017		2018	
	Boxcorer	Steekbuis	Boxcorer	Steekbuis
<i>Chelicorophium</i>				1
<i>Chelicorophium curvispinum</i>	2	2	3	
<i>Chelicorophium robustum</i>	461		2003	
<i>Chelicorophium sowinskyi</i>	7			
Corophiidae			2819	5
<i>Corophium multisetosum</i>	1		4	1
<i>Dikerogammarus</i>	33			
<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	106		604	
<i>Dikerogammarus villosus</i>			10	
<i>Echinogammarus ischnus</i>			2	
<i>Eriocheir sinensis</i>			1	
Gammaridae	137		755	109
Gammarus	6	7		2
<i>Gammarus tigrinus</i>	17		5	2
<i>Hemimysis anomala</i>			1	
<i>Jaera (Jaera) istri</i>	39	2	504	5
<i>Katamysis warpachowskyi</i>			2	

2.1.2.4 WMR FRISBE database

De WMR FRISBE database bevat de gegevens van alle zoete en mariene vis en garnalenmonitoringsprogramma's uitgevoerd door of onder begeleiding van WMR (Tabel 4, Afbeelding 1 en 2). Dit zijn bemonsteringen waarbij vis of de gewone garnaal (*Crangon crangon*) de doelsoorten zijn, maar in veel gevallen worden ook de overige soorten in de vangst geregistreerd. De registratie hiervan is echter niet consistent en de determinatie is ook niet in alle gevallen tot op soortniveau.

Data voor kreeftachtigen in het Haringvliet in deze database zijn afkomstig van drie verschillende reguliere bemonsteringen (Van der Sluis e.a., 2018) aangevuld met een hierop aansluitende extra visbemonstering in het kader van de Kier (Tulp e.a., 2003):

1. Vismonitoring grote rivieren met actieve vistuigen (FGRA/Biota-monitoringsprogramma);
 - a. 3m boomkor, De maaswijdtes zijn: 35mm 22mm 18mm
 - b. Oevers met elektrovisapparatuur van ATKB (5 kWh aggregaat, type Looman en schepnet 8mm gestrekte maas)
2. Vismonitoring zoete Rijkswateren op basis van vangstregistratie van aalvissers buitenzijde haringvlietdam(FGRF)
 - a. grote staande fuiken gevist met een maaswijdte van minimaal 20 mm
3. Diadrome vis monitoring zoete Rijkswateren op basis van fuikregistraties (FDIA/Schier).
 - a. hokfuiken

Afbeelding 1. Fuik bemonsteringslocaties in het FDIA-programma van WMR.

Afbeelding 2. Bemonsteringslocaties met de boomkor in het FGRA-programma van WMR.

Tabel 4 Kreeftachtigen in de monitoring in het Haringvliet of meteen aan de buitenzijde. De getallen geven de totale aantallen geregistreerd in alle stations in het Haringvliet. In het rood zijn de soorten die beschouwd worden als exoten weergegeven. Uitleg afkorting van de bemonsteringsprogramma's, zie paragraaf 2.1.2.4.

Programma/vissoort	1992	1994	1996	2000	2001	2002	2003	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
FDIA/SCHIER																
Chinese wolhandkrab									310	1713	5948	3604	3870	5952	34476	
Geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft														2		
Gevlekte Amerikaanse rivierkreeft										14	28	56	15	12	23	
Rode Amerikaanse rivierkreeft													2			
Steurgarnalen indet.										3	38	8	134	192		
FGRA																
Brakwatersteurgarnaal	663															
Chinese wolhandkrab	3	6	40	44	63	15	63	9			23	31	96	230	330	674
Gevlekte Amerikaanse rivierkreeft	28	116	111	99	154	102	520				1		1	7	29	1
Penseelkrab													1			1
Steurgarnaal											124			50		
Zuiderzeekrabbetje						1							2	6	1	
FGRF																
Chinese wolhandkrab									734	489	157	213	282	188	316	
Gevlekte Amerikaanse rivierkreeft										30						
Gewone zwemkrab									30	4					5	
Steurgarnalen indet.										90	175	819	739	122	125	
Strandkrab									275		85			125		

2.2 Huidige bemonstering

Op dit moment zijn er verschillende lopende bemonsteringsprogramma's met verschillende doelstellingen. Deze programma's variëren sterk in opzet, frequentie, intensiteit en ook in de soorten die bemonsterd worden (**Error! Reference source not found.**).

2.2.1 Stichting ANEMOON

Stichting ANEMOON heeft in de jaren 2016 en 2017 door middel van een burgerinitiatief drie keer per jaar een duiktransect in het Haringvliet gedaan waarbij alle waarnemingen van grof gezegd groter dan 0,5 cm werden genoteerd. Dit werd gedaan volgens de "Roving Diver Technique". Dit initiatief had tot doel als nulmeting dienen voor de opening van de kier. De data afkomstig uit deze monitoring geldt als "aanwezigheidsdata", dat wil zeggen dat er geen aantallen werden bepaald.

2.2.2 EIS Kenniscentrum Insecten

In navolging van de telling in 2010 werd in het najaar 2019 weer een landelijke vrijwilligers monitoring uitgevoerd waarvan de resultaten bij het schrijven van dit rapport nog niet beschikbaar waren. De planning is deze elke zes jaar te gaan herhalen. Eén (KRW)meetpunt ligt aan de rand van het Haringvliet (gemaal Eendragt, Nieuwendijk), waar in 2010 twee gevlekte Amerikaanse rivierkreeften zijn aangetroffen gedurende 12 fuiknachten.

Tabel 5 Lopende bemonsteringsactiviteiten voor kreeftachtigen in het Haringvliet.

	tuig	freq	Data-base	data type	scope	reden
ANE-MOON	duiktransect	3 x per jaar	NDFF, NEM	Aanwezig-heid	alles >0,5cm	opening kier
EIS	korven (zonder aas)	1x per 6 jaar	NEM	aantallen, m/v/j/e	Kreeften	https://www.kreeftenonderzoek.nl/achtergrond.html
WMR	Boomkor	3jaarlijks, 1x per jaar	WMR Frisbe	aantallen, m/v/j/e	Vis, kreeftachtigen zijn bijvangst	Biotamonitoringsprogramma
WMR	Electroschepnet	3jaarlijks, 1x per jaar	WMR Frisbe	aantallen, m/v/j/e	Vis, kreeftachtigen zijn bijvangst	Biotamonitoringsprogramma
WMR	Fuiken	Jaarlijks	WMR Frisbe	aantallen, m/v/j/e	Vis, kreeftachtigen zijn bijvangst	Biotamonitoringsprogramma
RWS	Variabel	3-jaarlijks, 1x per jaar	Aqua-desk	aantallen, m/v/j/e	Benthische macrofauna	MWTL

2.2.3 MWTL

MWTL staat voor het de uitvoering van het chemisch en biologisch meetnet inzake het programma 'Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands' (MWTL) in de zoete en zoute Nederlandse rijkswateren. De verantwoordelijkheid voor de uitvoering van het meetprogramma ligt bij Rijkswaterstaat. Doelen van het meetprogramma zijn: trends en toestandsbeschrijving van watersystemen zowel chemisch als biologisch; toetsing aan de waterkwaliteitsdoelstellingen (normen) van het nationale beleid; nakomen van nationale en internationale afspraken en verplichtingen inzake het meten van de waterkwaliteit. Dit gebeurt één keer per drie jaar tussen 15 augustus en 15 oktober. De data zijn opgeslagen bij RWS in Aquadesk.

2.2.4 WMR

WMR is verantwoordelijk voor een aantal bemonsteringsprogramma's in/rondom het Haringvliet waarbij ook kreeftachtigen worden gevangen en dus relevant kunnen zijn. Dit zijn bemonsteringen waarbij vis of de gewone garnaal de doelsoorten zijn, maar in veel gevallen worden ook de overige soorten in de vangst geregistreerd. Het betreft grotere kreeftachtigen, die dus niet onder "macrofauna" vallen. De registratie van kreeftachtigen is op dit moment niet consistent en de determinatie is ook niet in alle gevallen tot op soortniveau. Hier liggen wel mogelijkheden als dit wenselijk zou zijn.

In het Haringvliet worden twee reguliere bemonsteringen uitgevoerd (Van der Sluis e.a., 2018). Dit zijn de Vismonitoring grote rivieren met actieve vistuigen (FGRA) en de Diadrome vis monitoring zoete Rijkswateren op basis van fuikregistraties (FDIA). Door de plannen om de Kier te openen is de status van het waterlichaam Haringvliet sinds 2011 een overgangswater en niet meer Grote Rivieren. Dit heeft consequenties gehad voor de frequentie van de monitoring die veranderd is van 3-jaarlijks naar jaarlijks.

De laatste drie jaar wordt de bemonstering uitgevoerd van FGRA vanaf het onderzoeksschip de Luctor met een 3m boomkor uitgevoerd door ATKB in opdracht van WMR binnen het RWS-WMR Biota-monitoringsprogramma. De bemonsteringen binnen FDIA worden, in voorjaar en najaar, met 7 hokfinken uitgevoerd.

2.3 Dekking van de soortgroepen

Uit het bovenstaand blijkt dat bemonstering en die hieraan gekoppelde dataopslag zich in het verleden heeft gericht op bentische kreeftachtigen. Daarnaast worden grotere kreeftachtigen als bijvangst geregistreerd in bemonsteringen die gericht zijn op vis. De visuele bemonsteringen van Stichting Anemoon door duikers zijn niet kwantitatief en zijn ook gericht op grotere exemplaren. Kleine kreeftachtigen (macrofauna: kleiner dan 2 cm) die zich boven de bodem ophouden (hyperbenthos) werden en worden nauwelijks bemonsterd. Het zijn dus vooral deze hyperbenthische kreeftachtigen waarvan nu maar heel sporadisch data beschikbaar zijn. Terwijl zoals uit de studie van Reinhold-Dudok van Heel (1995) blijkt dat dit de soorten zijn waarin op korte termijn veranderingen te verwachten zijn van het openen van de Kier.

2.4 De soortsamenvatting van kreeftachtigen in het Haringvliet?

In eerdere studies van kreeftachtigen (Tabel 1) in het Haringvliet (of vergelijkbare systemen) zijn minstens 41 groepen of soorten beschreven, die ook relevant worden geacht voor monitoring in het Haringvliet (Tabel 6).

Een van de oudere referenties over kreeftachtigen in het Haringvliet is een inventarisatie van *Amphipoda* in de Delta ingegeven door de geplande bouw van de Deltawerken. Deze inventarisatie geeft een beeld van een aantal soorten voordat het Haringvliet gesloten werd (Den Hartog, 1963a;

Den Hartog, 1963b; Den Hartog, 1964), bijv. aanwezigheid van *Gammarus duebeni* en *G. salinus* (Den Hartog, 1964). Latere referenties voor *Decapoda* en zacht substraat macrofauna in het algemeen (Wolff en Sandee, 1971; Wolff, 1973) zijn gebaseerd op dezelfde bemonstering en aanvullende bemonsteringen voor de sluiting van het Haringvliet. Deze referenties geven een beeld van een brakwater soortsaamenstelling aangepast aan een dynamisch systeem met steeds meer invloed van zoutwater dichter naar de monding toe. Dit is duidelijk te zien in de aanwezigheid van de gewone garnaal, de gewone zwemkrab (*Liocarcinus holsatus*), als *Macropipus holsatus* in Wolff en Sandee (1971), en de strandkrab (*Carcinus maenas*) (Wolff en Sandee, 1971; Paalvast e.a., 1998), maar ook zichtbaar in allerlei andere niet kreeftachtigen. Dit beeld wordt ondersteund door individuele waarnemingen gelinkt aan het Haringvliet zoals die van zout water soorten als de zeepok (*Sessilia*) (Verhey, 1966).

Gebruikmakend van deze gegevens is op verschillende momenten een vergelijking gemaakt tussen de macrofauna saamenstelling voor en na de sluiting van de Haringvlietdam (Platvoet en Pinkster, 1995; Wijnhoven e.a., 2007; Wijnhoven en Hummel, 2008). Deze studies laten grote veranderingen in de soortsaamenstelling naar een zoetsysteem zien. In 1962 werden zeven soorten *Amphipoda* soorten gevonden, waarvan vijf soorten niet meer aangetroffen werden in 1992/93. Twee invasieve soorten - *Gammarus tigrinus* en *Corophium curvispinum* - werden wel in grote aantallen aangetroffen (Platvoet en Pinkster, 1995). Voor de sluiting van het Haringvliet waren *Neomysis integer* en *Crangon crangon* kreeftachtigen die onderdeel uitmaakten van de typische bodemsoortsaamenstelling in het Haringvliet. In 2003/2005 waren er geen kreeftachtigen meer onderdeel van de typische bodemsoortsaamenstelling (Wijnhoven en Hummel, 2008). Sommige marine soorten hielden het echter nog wel enige tijd na de afsluiting uit, zoals bijvoorbeeld *Gammarus duebeni* (Dieleman en Pinkster, 1977) en ook in de diepere putten bleven voor enige tijd meer zoutere gemeenschappen enigszins intact (Wijnhoven en Hummel, 2008).

Het is duidelijk dat de waargenomen veranderingen een gevolg zijn van de afsluiting van het Haringvliet, echter verwijzen deze studies ook naar andere factoren welke het definiëren van de natuurlijke situatie bemoeilijkt. De historische gemeenschappen vertoonde de gevolgen van hoge concentraties verontreiniging en nutriënten (Platvoet en Pinkster, 1995; Smit e.a., 1995; Wijnhoven en Hummel, 2008). Ook in de eerste jaren na de sluiting was dit nog duidelijk en pas in de jaren 1980 trad hier verbetering in op. Zelfs op basis van in de 2003/2005 verzamelde data kon er nog niet gesproken worden van een schoon milieu. Het is mogelijk dat verontreinigingen lange tijd de gemeenschappen sterk hebben beïnvloed en dat verontreinigingsgevoelige soorten het gebied nog niet hadden weten te herkoloniseren. Het rekolonisatieprobleem kan door fysieke barrières, of door concurrentie van de reeds aanwezige soorten worden veroorzaakt (Wijnhoven en Hummel, 2008). Een andere ontwikkeling is het verschijnen van exoten welke tot verandering in soortsaamenstelling hebben gezorgd. Al in 1931 werden de eerste waarnemingen van de Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*) (Wolff en Sandee, 1971) gedaan en later zijn daar bijvoorbeeld de Amerikaanse rivierkreeften bijgekomen. Maar ook in de *Amphipoda* gemeenschap was de enige nieuwe soort, *Gammarus tigrinus*, in 1992/93 een exoot (Dieleman en Pinkster, 1977; Pinkster e.a., 1992; Platvoet en Pinkster, 1995). De introductie van deze soort heeft na de afsluiting mogelijk de verwachte opmars van de zoetwatersoort *Gammarus pulex* geremd (Dieleman en Pinkster, 1977).

Ondanks invloed van andere factoren lijkt een inschatting van de natuurlijke situatie wel mogelijk. Echter ligt een volledig natuurlijke situatie niet in de lijn der verwachting, door de beperkingen die worden opgelegd aan het binnendringen van het zout. Ter illustratie, de verwachting zou kunnen zijn dat de strandkrab terugkomt in het Haringvliet: deze soort kwam echter met name voor bij lage rivierafvoer en dus een grote zout intrek, terwijl deze in de winter tijdens hoge rivierafvoer haast niet werd gevangen (Wolff en Sandee, 1971). Vanwege het voorgenomen beleid om de sluizen bij lage rivierwaterafvoer gesloten te houden, is het waarschijnlijk dat deze soort ook in de nieuwe situatie niet in grote aantallen aangetroffen zal worden.

Daarnaast geeft de natuurlijke situatie geen beeld van de te verwachtte veranderingen op de korte termijn na de opening van de kier. De resultaten van de bemonstering voor - en nadat er in 1994 vier maanden lang zoutwater is toegelaten in het Haringvliet kunnen hier meer inzicht in geven (Reinhold-Dudok van Heel, 1995).

In de periode 22 maart tot 18 juli 1994 zijn de sluizen het eerste uur na de eb/vloed kentering opengezet zodat zout water het Haringvliet in kon. Voorafgaande in juni 1993 (alleen benthisch) en januari 1994 en 3 maanden na opening in juni 1994 zijn benthische en pelagische bemonsteringen uitgevoerd ten oosten en westen van de haringvlietssluizen. Tijdens de bemonsteringen voorafgaande de opening bestond de soortensamenstelling voornamelijk uit zoete estuarium soorten. De pelagische macrofaunagemeenschap werd gekarakteriseerd door de *Corophium multisetosum*, *C. curvispinum*; *Gammarus tigrinus* en de zoetwater steurgarnaal (*Palaemon longirostris*), in de benthische monsters werd *Corophium multisetosum* ook als een van de karakteristieke soorten beschouwd. Na de opening was er op alle monsterpunten een toename van zoutgehalte zichtbaar. In het benthische systeem resulteerde dit echter niet tot een waarneembare verandering in soortensamenstelling, wel trad er duidelijk sterfte op. In het pelagische systeem werden na opening *Crangon crangon* en *Neomysis interger* in duidelijk hogere dichtheden gevangen. Op de monsterpunten vlakbij de sluis werden zelfs de aasgarnalen *Gastrosaccus spinifer* en *Praunus flexuosus* aangetroffen. *Corophium spp.* en *Gammarus tigrinus* leken oostelijker weg te trekken, terwijl *Palaemon longirostris* westelijker leek te verschuiven.

De zout-tolerantere soorten waren duidelijk met het zoute water mee het Haringvliet binnengekomen. In de bemonsteringen ten westen van de sluizen werd onder andere ook *Mesopodopsis slabberi* aangetroffen, een soort die ook in de Westerschelde en het Eems estuarium wordt aangetroffen (Mees e.a., 1995).

Er traden dus veranderingen op, maar het systeem was na drie maanden niet dat wat verwacht werd bij natuurlijke omstandigheden. Dit werd waarschijnlijk vooral veroorzaakt door de grote zoutsprong direct bij de sluizen en de zuurstofproblemen in de bodem.

De studie van Reinhold-Dudok van Heel (1995) maakte gebruik van een pelagische bemonsteringstechniek, voor de rest valt op dat voornamelijk benthisch technieken als de Boxcorer, Van Veenhapper, en Vacuümsteekbuis zijn gebruikt. De enige andere studies die wij hebben kunnen vinden die gebruik maken van een pelagische methode waren gericht op voedsel voor vis (Dijkstra, 1998; Tsehaye, 1998; Bleijerveld, 2000). Er zijn dus maar beperkte gegevens beschikbaar uit het pelagische systeem.

De benthische bemonsteringen leveren, zoals beschreven, informatie op over kreeftachtigen, welke deels gebruikt kunnen worden voor het monitoren van veranderingen in de tijd. Echter zijn deze methodes voor de mobielere soorten niet echt geschikt. *Crangonidae* en *Mysidae* worden wel gevangen maar het is onduidelijk welk deel van de aanwezige individuen is ontsnapt (Wolff, 1973). Veranderingen in dichtheden van deze soorten kunnen dus niet goed worden bepaald aan de hand van de benthische bemonsteringen. Een ander gevolg van de lage/slechte vangbaarheid van deze soorten is dat de aandacht die ze krijgen in een deel van de studies zeer beperkt is en daarom niet - of maar deels op soort werden gebracht.

Tabel 6 Soorten gerapporteerd uit eerdere studies in het Haringvliet, met hun op World Register of Marine Species (Worms) gebaseerde habitat voorkeur (m=marien, b=brak, z=zoet), en voedselgilde (A: Grazers & Schrapers; D: Knippers; E: Verzamelaars; F: Actieve filteraars; H: Predatoren; J: Anders) (Peeters en Lange, 2012).

Orde	Familie	Groep	Scientific name	Habitat	Voedselgilde
Vlokreeften (Amphipoda)	Corophiidae	Slijkgarnalen	<i>Chelicorophium curvispinum</i>	b,z	F
Vlokreeften (Amphipoda)	Corophiidae	Slijkgarnalen	<i>Chelicorophium robustum</i>	b,z	F
Vlokreeften (Amphipoda)	Corophiidae	Slijkgarnalen	<i>Chelicorophium sowinskyi</i>	b,z	
Vlokreeften (Amphipoda)	Corophiidae	Slijkgarnalen	<i>Corophium multisetosum</i>	m	F/E
Vlokreeften (Amphipoda)	Corophiidae	Slijkgarnalen	<i>Corophium volutator</i>	m	
Vlokreeften (Amphipoda)	Corophiidae	Slijkgarnalen	<i>Apocorophium lacustre</i>	m	D
Vlokreeften (Amphipoda)	Gammaridae	Vlokreeften	<i>Gammarus crinicornis</i>	m	
Vlokreeften (Amphipoda)	Gammaridae	Vlokreeften	<i>Gammarus duebeni</i>	m	
Vlokreeften (Amphipoda)	Gammaridae	Vlokreeften	<i>Gammarus locusta</i>	m	
Vlokreeften (Amphipoda)	Gammaridae	Vlokreeften	<i>Gammarus pulex</i>	z	D/E/A/H
Vlokreeften (Amphipoda)	Gammaridae	Vlokreeften	<i>Gammarus salinus</i>	m,b	D/E/J
Vlokreeften (Amphipoda)	Gammaridae	Vlokreeften	<i>Gammarus spooneri</i>		
Vlokreeften (Amphipoda)	Gammaridae	Vlokreeften	<i>Gammarus tigrinus</i>	z,b	D/E
Vlokreeften (Amphipoda)	Gammaridae	Vlokreeften	<i>Gammarus zaddachi</i>	m,b	
Vlokreeften (Amphipoda)	Gammaridae	Vlokreeften	<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	m	
Vlokreeften (Amphipoda)	Gammaridae	Vlokreeften	<i>Dikerogammarus villosus</i>	b,z	H/D/E/A
Vlokreeften (Amphipoda)	Gammaridae	Vlokreeften	<i>Echinogammarus ischnus</i>	m	
Vlokreeften (Amphipoda)	Talitridae	Vlokreeften	<i>Deshayesorchestia deshayesii</i>	m	
Vlokreeften (Amphipoda)	Talitridae	Vlokreeften	<i>Orchestia gammarellus</i>	m,b	
Pissebedden (Isopoda)	Asellidae	Pissebedden	<i>Asellus (Asellus) aquaticus</i>	z	E/D/A
Pissebedden (Isopoda)	Asellidae	Pissebedden	<i>Proasellus meridianus meridianus</i>	z	D
Pissebedden (Isopoda)	Janiridae	Pissebedden	<i>Jaera (Jaera) albifrons</i>	m	
Pissebedden (Isopoda)	Janiridae	Pissebedden	<i>Jaera (Jaera) istri</i>	m	A
Pissebedden (Isopoda)	Janiridae	Pissebedden	<i>Jaera (Jaera) nordmanni</i>	m,b,z	
Aasgarnalen (Mysida)	Mysidae	Aasgarnalen	<i>Neomysis integer</i>	m,b	E/H
Aasgarnalen (Mysida)	Mysidae	Aasgarnalen	<i>Limnomysis benedeni</i>	f	F
Aasgarnalen (Mysida)	Mysidae	Aasgarnalen	<i>Hemimysis anomala</i>	b,z	
Aasgarnalen (Mysida)	Mysidae	Aasgarnalen	<i>Katamysis warpachowskyi</i>	m	
Aasgarnalen (Mysida)	Mysidae	Aasgarnalen	<i>Praunus flexuosus</i>	m,b	
Aasgarnalen (Mysida)	Mysidae	Aasgarnalen	<i>Mesopodopsis slabberi</i>	m,b	
Aasgarnalen (Mysida)	Mysidae	Aasgarnalen	<i>Gastrosaccus spinifer</i>	m,b	
Tienpotigen (Decapoda)	Crangonidae	Garnalen	<i>Crangon crangon</i>	m	

Tienpotigen (Decapoda)	Palaemonidae	Steurgarnalen	<i>Palaemon varians</i>	m	
Tienpotigen (Decapoda)	Palaemonidae	Steurgarnalen	<i>Palaemon longirostris</i>	m	
Tienpotigen (Decapoda)	Astacidae/Cambaridae	Kreeften	<i>Faxonius limosus</i>	z	
Tienpotigen (Decapoda)	Astacidae/Cambaridae	Kreeften	<i>Faxonius virilis</i>	z	
Tienpotigen (Decapoda)	Astacidae/Cambaridae	Kreeften	<i>Procambarus clarkii</i>	b,z	D
Tienpotigen (Decapoda)	Varunidae	Krabben	<i>Eriocheir sinensis</i>	m,b,z	
Tienpotigen (Decapoda)	Varunidae	Krabben	<i>Hemigrapsus takanoi</i>	m	
Tienpotigen (Decapoda)	Panopeidae	Krabben	<i>Rhithropanopeus harrisii</i>	m	
Tienpotigen (Decapoda)	Polybiidae	Zwemkrabben	<i>Liocarcinus holsatus</i>	m	

2.5 Rol van kreeftachtigen in het voedselweb

De omschrijving "rol van organismen in het voedselweb" houdt een beschrijving in van wie/wat ze eten en door wie ze gegeten worden en in dat laatste geval welke energetische bijdrage ze leveren aan het dieet van de predatoren. Voor een aantal in het Haringvliet aangetroffen kreeftachtigen is in Tabel 6 hun voedselgilde aangegeven gebaseerd op Peeters en Lange (2012) ter indicatie van hun mogelijke rol in het voedselweb.

Aanvullend is voor een aantal soorten specifiek gekeken naar eventuele dieet studies. Over het algemeen is het duidelijk dat veel van de gevonden kreeftachtigen omnivoor zijn en foerageren op detritus, algen, *Copepoda* en andere *Crustacea*. Bijvoorbeeld *Neomysis* eet voornamelijk detritus en daarnaast *Copepoda* (Bremer en Vijverberg, 1982; Focke dey en Mees, 1999; Lehtiniemi en Nordström, 2008), *Praunus flexuosus* lijkt in verhouding meer *Copepoda* te eten (Lehtiniemi en Nordström, 2008). Gewone garnaal daarentegen jaagt voornamelijk op *Mysidea* en *Amphipoda* (Chul-Woong e.a., 2001).

De Pontokaspische vlokreeft *Dikerogammarus villosus* is omnivoor, maar wordt gezien als de "killer shrimp" en blijkt net als *D. haemobaphes* inderdaad hoger in het voedselweb te staan dan bijvoorbeeld *Echinogammarus ischnus* en *Chelicorophium curvispinum*. Aangenomen wordt dat dit een van de redenen is dat *D. dikerogrammarus* het beter doet dan lokale soorten. Ondanks dit verschil eten ze allemaal voornamelijk detritus (Bacela-Spychalska en van der Velde, 2013).

Ook de grotere soorten als de rivierkreeften en krabben zijn omnivoor, waarbij de Amerikaanse kreeften voornamelijk plantaardig materiaal eten, terwijl *Chinese wolhandkrab* voornamelijk dierlijk materiaal lijkt te eten (Soes e.a., 2007).

De voedselweb relaties tussen de verschillende kreeftachtigen is in het licht van het doel van deze deskstudie geen voorname reden voor de interesse in de rol in het voedselweb. Dat veel van de kreeftachtigen voornamelijk detritus eten is echter wel interessant, want dit zou van invloed kunnen zijn op hun ontwikkeling na het openen van de Kier. De verwachting - en ook waargenomen in 1994 (Reinhold-Dudok van Heel, 1995) - is dat door het intrekken van het zoute water sterfte optreedt onder de lokale biota en dat dit opnieuw gebeurt na het intrekken van zoet water (Bogaards e.a., 1980), met als gevolg een verhoging van de hoeveelheid detritus. Afhankelijk van de zuurstofcondities is dit beschikbaar voor de kreeftachtigen die gedijen bij de dan geldende omstandigheden.

De interesse in de rol in het voedselweb is voornamelijk gericht op de beschikbaarheid van kreeftachtigen als voedsel voor andere soorten zoals (trek)vissen en vogels waarvoor KRW en Natura2000 doelstellingen zijn opgesteld. Hierover valt echter weinig concreets te zeggen, omdat er maar een zeer beperkt inzicht is in de te verwachten ontwikkeling in de kreeftachtigen, met name als gevolg van het hierboven genoemde sluiten van de sluizen bij een lage afvoer.

De meeste kleinere kreeftachtigen hebben een hoge reproductiesnelheid, met meerdere generaties per jaar (Gesche en Wulf, 2002; Luttikhuisen e.a., 2008). De zoete en zoute soorten kunnen vanuit de

rivier of zeezijde in korte tijd weer worden aangevoerd en snel gebruik maken van het beschikbare detritus (Lievaart en Pouwer, 2003). Afhankelijk van de zuurstofcondities zullen er in de meeste situaties dus kreeftachtigen, welke mogelijk tot een piek komen door het aanwezige voedsel, aanwezig zijn als voedselbron voor vis of vogels, aannemende dat het voor de vogels niet veel uitmaakt of hun prooi zoetwater - of zoutwater aasgarnalen zijn.

Specifiek gericht op de trekvissoorten als Atlantische zalm en zeeforel zal een veranderende kreeftensamenstelling direct weinig uitmaken, omdat deze soorten voornamelijk vis eten. Voor soorten als fint en elft vormen verschillende soorten kreeftachtigen zoals *Mysidae* en *Crangonidae* (Arahamian e.a., 2003) echter wel een belangrijke voedselbron. Ook veel andere estuariëne vissoorten foerageren met name op *Crustacea* (Lievaart en Pouwer, 2003).

2.6 De mate waarin de kreeftachtigen zich zullen vestigen in het Haringvliet.

Bij een volledig herstel van de natuurlijke zoet-zout gradiënt in het Haringvliet zouden de historische gegevens en die van omliggende natuurlijke(re) estuaria een te verwachten beeld van de ontwikkeling van de kreeftachtigen kunnen geven, waarbij het hyperbenthos gedomineerd wordt door kreeftachtigen zoals in andere estuaria als de Westerschelde, Eems en Gironde (Mees e.a., 1995). Echter door de beperkingen opgelegd aan de intrek van zout water ontstaat dit natuurlijke gradiënt niet, maar eerder het tegenovergestelde met hogere saliniteit bij hoge waterafvoer en nagenoeg zoete condities bij lage afvoer. Het zoet spoelen zorgt ook voor een abrupte verandering van zout naar volledig zoet, een verandering waar de meeste organismen waaronder ook de kreeftachtigen niet goed tegen kunnen.

Grote sterfte wordt dus steeds weer opnieuw verwacht met de daarbij behorende detritus vorming en het risico op zuurstofloosheid met name in de diepere putten, waarin waarschijnlijk ook bij zoetspoelen zout water achterblijft. Bij voldoende zuurstof zouden in deze putten mogelijk zouttolerante soorten kunnen overleven, welke weer snel tot bloei kunnen komen bij een nieuwe instroom van zout water. Als de zuurstofcondities hier echter te laag worden zal ook dit niet mogelijk zijn, wat zou betekenen dat de zouttoleranteren soorten na iedere keer zoetspoelen zich weer opnieuw moeten vestigen in het Haringvliet. Zoals waargenomen in de studie van Reinhold-Dudok van Heel (1995) kan dit in korte tijd gebeuren, omdat de mariene soorten zoals *Crangon crangon* en *Neomysis integer* aan de westzijde van sluizen aanwezig zijn. Echte brakwater soorten aangepast aan het dynamische estuariëne systeem zullen zich moeilijker hervestiging, omdat deze niet in dezelfde mate aanwezig zijn ten westen van sluizen.

Voor de zoetwatersoorten zal gelden dat deze zich steeds moeilijker gaan herkoloniseren naar mate de kier verder opengaat en het zoute water verder landinwaarts zal trekken. De verwachting is dat het zoetspoelen met name in de periode september-oktober zal gebeuren tijdens de periode van hoge zoetwaterafvoer, wat waarschijnlijk aan het einde van de gunstige groeiperiode ligt, wat herkoloniseren waarschijnlijk verder bemoeilijkt.

3 Bemonsteringsopzet Haringvliet kreeftachtigen

3.1 Monitoring van kreeftachtigen in het Haringvliet

In de gerefereerde literatuur en overige geraadpleegde bronnen worden verschillende monitoringstechnieken om gegevens van kreeftachtigen te verzamelen gebruikt. In bijlage 2 is een beschrijving gegeven van een aantal van deze technieken. De technieken verschillen in inzetbaar gebied (oever of dieper gelegen, zacht of hardsubstraat) en in vangstefficiëntie voor de verschillende soorten. De vangsten en resultaten die verkregen worden verschillen en daarmee dus welke kennis het gebruik kan opleveren.

Om een monitoringsplan op te stellen zal er dus eerste duidelijk moeten worden welk deel van de kreeftachtigen gemonitord moet worden en met welke vraagstelling.

De door RWS gestelde vraag was:

- Wat zijn de effecten van het openen van de kier op de samenstelling van kreeftachtigen en wat is de lange termijn ontwikkeling in kreeftachtigen.

Dit is een erg brede vraagstelling en zoals gezien zou dit de inzet van verschillende monitoringstechnieken vereisen om een beeld van alle kreeftachtigen te krijgen. De vraagstelling werd teruggebracht doordat grote kreeftachtigen (rivierkreeften, Chinese wolhandkrabben) en sessiele soorten (zeepokken) geen prioriteit hebben.

Het zijn met name de benthische en hyperbenthische kreeftachtigen waar de monitoring zich op moet richten. Voor de benthische kreeftachtigen geldt dat die nu al geregistreerd worden in de MWTL-bemonsteringen (zie volgende paragraaf voor aansluiting bij bestaande programma's). In de meeste rapportage zijn de kreeftachtigen niet het hoofdonderwerp en in de meeste analyses worden ze samengevoegd met het overige benthos waardoor tot nu toe veranderingen over tijd in deze soorten lastig te vinden was, maar de data worden dus al wel verzameld.

Het zijn vooral hyperbenthische soorten die die momenteel niet of nauwelijks bemonsterd worden. De bemonstering van deze soorten kan het best plaats vinden met een hyperbenthische slede (Mees en Jones, 1997; Paalvast, 2009), sleepnet (Reinhold-Dudok van Heel, 1995), een D-net (Steensma e.a., 1995) of in ondiep water met een schepnet.

Voor wat betreft de bemonsteringslocaties heeft de gestelde vraag twee kanten. Om de lange termijn veranderingen in het Haringvliet te volgen is een brede ruimtelijke bemonstering nodig waarin zowel gebieden die direct beïnvloed worden door het intrekkende zout als ook zoet blijvende gebieden bemonsterd dienen te worden. Zo kan een volledig beeld van de ontwikkeling van het hyperbenthos in het Haringvliet verkregen worden. Om de directe impact van de zoutinstroom op het hyperbenthos te kunnen analyseren is een studie zoals die van Reinhold-Dudok van Heel (1995) met een beperkte ruimtelijk schaal maar een hoge bemonsteringsintensiteit te verkiezen. In beide situaties zouden monsternames buiten het Haringvliet inzicht kunnen geven over het beschikbare potentieel aan marine soorten en mogelijk inzicht kunnen geven in een afwijkende ontwikkeling, bijvoorbeeld of een snelle toename van een soort het gevolg is van hogere instroom van deze soort of een lokale bloei in het Haringvliet.

Locaties die specifiek aandacht wensen zijn de diepere putten in het Haringvliet. De verwachting is dat er ook na zoutspoelen zout achter blijft in deze putten. In dat geval zouden hier marine soorten kunnen achterblijven welke zich bij hernieuwde instroom van zoutwater kunnen verspreiden. Dit is echter wel zeer afhankelijk van de zuurstofconcentraties.

Andere locaties zijn de oevers. In de studie van Reinhold-Dudok van Heel (1995) waren deze niet meegenomen. Daarin wordt een bemonstering in de oevers echter wel aanbevolen omdat in deze delen waarschijnlijk betere mogelijkheden zijn voor het ontwikkelen van brakke gemeenschappen.

De timing van de bemonstering dient ingegeven te worden door seizoensdynamiek van de soorten, maar ook door het Kier regime.

De voorjaarspiek in Chlorofyl is heftiger buiten (aan de Noordzee-kant) - dan in het Haringvliet (Noordhuis, 2017). Het openen van de Kier zou het mogelijk tot gevolg kunnen hebben dat de voorjaarspiek in Chlorofyl in april ook beschikbaar komt in het Haringvliet. Kort na die tijd bemonsteren is waarschijnlijk een gunstig moment om mogelijk hogere voedselbeschikbaarheid zichtbaar te kunnen maken in het hyperbenthos. Iets later in het jaar, in juni, geeft een grote garantie dat de sluizen al enige tijd geopend zijn en het systeem tijd heeft gehad zich aan te passen aan de zoutere situatie (Paalvast, 2009).

Een ander interessant moment zou zijn na het zoetspoelen om te zien of de zoete gemeenschap herkoloniseert en of er mariene soorten achterblijven in de putten. Dit zou een bemonstering in de periode september-oktober afhankelijk van de waterafvoer betekenen.

Als laatste is een winterbemonstering mogelijk interessant om overwintering bij lagere temperaturen te kunnen waarnemen. Dit zou dan in de periode februari-maart kunnen plaatsvinden.

Het tijdstip van bemonsteren is afhankelijk van het gedrag van de te bemonsteren organismen.

Hoogst waarschijnlijk vindt de bemonstering relatief dicht bij de bodem plaats (hyperbenthische slede, sleepnet) en om die reden adviseert Mees e.a. (1995) monsters overdag bij licht te nemen omdat het meeste hyperbenthos dan vlak bij de bodem zit. Als het donkerder wordt migreren veel soorten naar het oppervlak, bijv. *Neomysis integer* (Kotta en Kotta, 2001). Paalvast (2009) adviseert, met een slag om de arm, het tegenovergestelde namelijk om 's nachts te bemonsteren omdat overdag gewone garnaal zich ingraaft. *Crangon crangon* graaft zich inderdaad in, maar er is enige tegenstrijdigheid in het tijdstip waarop en ook laten studies zien dat er geen verschil tussen dag en nacht vangsten zijn (Adhub-Al en Naylor, 1975). In de exacte timing van de bemonstering moet er rekening gehouden worden met getij, zoals Paalvast (2009) aangeeft zijn de verwachte stroomsnelheden in het Haringvliet echter beperkt en zou een bemonstering praktisch altijd uitgevoerd kunnen worden. Maar hij adviseert om deze plaats te laten vinden vanaf halverwege vloed tot halverwege afgaand water.

De bemonstering moet zich in eerste instantie richten op de kreeftachtigen, maar het zou zonde zijn als de beschikbare tijd niet benut zou worden om ook andere gegevens te verzamelen. Zo zouden er op het moment van bemonsteringen metingen verricht moeten worden aan het zoutgehalte, zuurstofconcentraties en het doorzicht. Naast de abundantie bepaling van hyperbenthische kreeftachtigen in de vangst zouden ook larven van andere soorten geregistreerd kunnen worden (bijvoorbeeld die van Chinese wolhandkrab, welke in periode april-juli worden verwacht (Fladung, 2000)) of eventuele eieren in de vangst.

3.2 Aansluiten bij bestaande monitoringsprogramma

Het in dit rapport voorgesteld bemonsteringsplan richt zich op hyperbenthische soorten, omdat in deze groep duidelijke verandering verwacht worden, maar ook omdat andere groepen al in meer of mindere mate gedekt worden door lopende monitoringsprogramma's.

De benthische soorten worden door de MWTL-bodembemonstering gedekt. Het is zorg om deze soorten dan ook als doelsoorten van dit programma te maken zodat ze consistent geregistreerd worden, en indien mogelijk verder op soort worden gebracht dan dat er nu gebeurt. Het is dan ook van belang dat deze bemonstering voortgezet wordt zoals op dit moment al wel de bedoeling is.

Voor grotere exemplaren van grotere benthische soorten, maar ook voor de gewone garnaal en steurgarnalen kan er worden aangesloten bij de WMR Visbemonstering (FGRA; maaswijdte 2cm). Ook hierin zouden deze soorten dan als doelsoorten aangewezen moeten worden om registratie te garanderen. Daarnaast is het van belang om aandacht te besteden aan de determinatiekennis van deze soorten van de veldmedewerkers (van ATKB).

Uiteraard kunnen ook de gegevens uit de verschillende fuikenprogramma's zowel die van WMR als die van EIS worden gebruikt. Mogelijk dat ook voor de WMR-data nog gekeken zou moeten worden naar het verbeteren van de determinatie/registratie. Bij de bemonstering van het EIS is er sprake van maar één enkel monsterpunt aan de rand van het Haringvliet, wellicht zijn er mogelijkheden om in overleg met EIS het aantal locaties in het Haringvliet te verhogen zodat de gegevens beschikbaarheid over grote kreeftachtigen kan worden vergroot.

3.3 Bemonsteringsopzet

Hieronder volgt een uitgebreidere bemonsteringsopzet, waarbij wij ons vooral gericht hebben op de lange termijn ontwikkeling van hyperbenthische kreeftachtigen. Een directe impact bemonstering (vergelijkbaar met de studie van Reinhold-Dudok van Heel (1995)) is hierin niet opgenomen.

Het voorstel zoals opgesteld door Paalvast (2009) hebben wij grotendeels gevolgd. Zoals al in Paalvast (2009) aangegeven is er nog grote onzekerheid in de te verwachte ontwikkeling van kreeftachtigen, met name ingegeven door de onzekerheden die gepaard gaan met het lerend implementeren van de Kier. De hieronder voorgestelde bemonstering moet echter niet te strikt worden gezien. Mogelijk moeten aanpassingen plaatsvinden afhankelijk van de ontwikkelingen in het Kier regime.

Een grote zorg van ons ten aanzien van het creëren van een lange termijn serie om verandering te kunnen monitoren is de impact van andere factoren dan waarin we geïnteresseerd zijn. Uit andere bemonsteringen in getijdegebieden als de Westerschelde (de Boois en Couperus, 2017) blijkt er enorme variatie in vangstefficiëntie te zijn afhankelijk van het getij, getijcyclus en weersomstandigheden. Het is van belang om de variatie van de omgevingsvariabelen zo laag mogelijk te houden. Voor de meeste omgevingsvariabelen geldt echter dat het niet mogelijk is om ze in de hand te houden. De diepte, doorzicht en begroeiing hebben een grote invloed op de vangsten en het is zelfs goed denkbaar dat bepaalde methoden onder bepaalde omstandigheden zeer ineffectief worden of zelfs niet uitgevoerd kunnen worden. Dit zijn dan ook allemaal variabelen die geregistreerd dienen te worden, ook al is het niet direct mogelijk deze statistisch te gebruiken om afwijkende vangsten te verklaren. Deze variatie is mogelijk niet altijd willekeurig, omdat, met de veranderingen in het beheer, ook de karakteristieken van de te bemonsteren habitatten veranderen. Net als Paalvast (2009) stellen wij voor om met een boomkor en hyperbenthische slede te bemonsteren op de locaties die per boot te bereiken zijn, en mogelijk nog ondieper waar deze met de hand voortgetrokken kunnen worden. Het voorstel is om in de boomkor een net te gebruiken met een gestrekte maaswijdte van 1 cm en hiermee vooral te vissen op de grotere kreeftachtigen zoals de steurgarnalen en gewone garnaal, die mogelijk bij de lagere vissnelheid van hyperbenthische slede met een voorgestelde maaswijdte van 1 mm kunnen ontsnappen. Na een eerste keer bemonstering van de twee tuigen op dezelfde locatie kan er mogelijk bepaald worden of het vissen met de boomkor noodzakelijk is of dat de hyperbenthische slede ook de grotere exemplaren van deze soorten vangt. In dat geval zou het voldoende kunnen zijn om uitsluitend met de hyperbenthische slede te bemonsteren en voor de boomkor gegevens gebruik te maken van de al lopende bemonstering (FGRA).

Aanvullend stellen wij voor om in de ondiepste gedeeltes te bemonsteren met een schepnet (RWSV 913.00.B060) met een vergelijkbare maaswijdte als de hyperbenthische slede. De monsternamen met een schepnet levert data die vergeleken kunnen worden met gegevens uit de reguliere zoete oeverbemonstering van macrofauna elders in Nederland, bijvoorbeeld de Nieuwe Waterweg (Graveland, 2018).

Specificaties van de te gebruiken tuigen:

- Boomkor: 1.5m, 20 cm hoog, 1 cm gestrekte maaswijdte
- Hyperbenthische slede: aangepaste, verkleinde versie van de hyperbenthische slede zoals deze is beschreven op de website van het VLIZ met één compartiment van 50 cm hoogte en breedte en een maaswijdte van 1x1 mm. De hoogte van het vang-frame op ca. 10 cm hoogte, bij voorkeur verstelbaar tussen enkele cm's boven de bodem en 20 cm boven de bodem. De hoogte moet zo worden vastgesteld dat er geen of nauwelijks bodemmateriaal in het net terechtkomt.
- Schepnet: 40 x 25cm met 2m lange steel, 1x1mm maaswijdte.

Het uitgangspunt is dat de bemonstering van alle monsterpunten binnen vijf etmalen kan worden uitgevoerd vanuit een lichte boot of vanaf de oever. Met een lichte boot wordt een snelheid van 2 tot 3 km/uur aangehouden. Bemonstering vanaf de oever in waadpak vindt plaats op loopsnelheid.

Per locatie worden twee trekken van 50m gedaan met de boomkor en de hyperbenthische slede. In ondiep water wordt met het schepnet 2 maal bemonsterd door schoksgewijs 2 m over de bodem te bewegen.

3.4 Bemonsteringlocaties

Geheel volgens Paalvast (2009): "Bemonsteringen vinden zowel aan de buitenzijde van de sluizen als aan de binnenzijde plaats. Het merendeel van de trekken vindt echter aan de binnenzijde plaats, omdat daar de veranderingen in de levensgemeenschappen zich zullen voltrekken."

Afbeelding 3. Bemonsteringslocaties voor kreeftachtigen (Figuur uit Paalvast, 2009).

"De verdeling van de binnenlocaties (zie Afbeelding 3) is als volgt:

diepe geulen

1. een op 200 meter voor de schuiven welke bij eb en bij vloed geopend zijn, wanneer de afvoer bij Lobith de 1500 m³/s overschrijdt maar niet hoger is dan circa 2500 m³/s.
2. een op 200 meter voor de schuiven welke bij eb en bij vloed gesloten zijn, wanneer de afvoer bij Lobith de 1500 m³/s overschrijdt maar niet hoger is dan circa 2500 m³/s.
3. een op circa 500 meter voor Quackgors
4. een in het Aardappelengat tegenover Hellevoetsluis

Ondiep water/intergetijdengebied

- A. de ondiepe zone voor het recreatiestrand bij Gaarhoek aan de rechteroever
- B. de ondiepe zone achter de vooroeververdediging van Quackgors
- C. de ondiepe zone achter de vooroeververdediging van Scheelhoek
- D. de ondiepe zone achter de vooroeververdediging aan de westzijde van Slijkplaat

De verdeling van de buitenlocaties is als volgt:

diepe geul

5. een op 1000 meter voor de sluizen

ondiep water/intergetijdengebied

- E. een binnen het intergetijdengebied in het zuidelijk deel van de monding van het Haringvliet op circa 1500 meter afstand van de sluizen

In totaal worden 2*10 trekken met elk vangtuig gemaakt en dit tweemaal per jaar.

Aanvullend op Paalvast (2009) stellen wij voor om nog 2-4 oevermonsters te nemen (dit is een aantal vergelijkbaar met het aantal monsters in de Nieuwe Waterweg (Graveland, 2018)), waarbij aan de noord- en zuidzijde van het Haringvliet bemonsterd moet worden. Exacte locaties kunnen tijdens de eerste bemonstering in het veld bepaald worden afhankelijk van bereikbaarheid. De eerste logische locaties zouden dichtbij de ondiepe locaties A-D liggen (Figuur 3).

Ter overweging geven we mee om nog enkele aanvullende monsterlocaties te plannen in het gebied waar de zoutinvloed niet mag komen om zo ook de ontwikkeling in de zoet hyperbenthische gemeenschap te kunnen volgen. Hiervoor zouden 4-8 locaties ten oosten van de lijn Middelharnis-spuil bemonsterd kunnen worden. Deze monsters helpen ook eventuele veranderingen in de zoete gemeenschappen in het door zout beïnvloede gebied te kunnen duiden als een directe impact van het zout of een autonome verandering in de zoete soort.

3.5 Bemonsteringsperiode

Geheel volgens Paalvast (2009) stellen ook wij voor om tijdens twee momenten in het jaar te bemonsteren.

In het voorjaar wanneer er een grote zekerheid is dat het zo goed mogelijk gestabiliseerde brakke situatie aan de binnenzijde van de Haringvlietssluisen is ontstaan. Volgens Paalvast (2009) is de tweede week van juni het gunstigst omdat dan de kans het grootst is dat sluizen ook daadwerkelijk openstaan bij vloed.

Aan het eind van de zomer in de periode dat de grootste kans is dat er zoet gespoeld is en het Haringvliet weer zo goed als zoet is. Paalvast (2019) stelt de tweede week van september voor.

Als tijdens beide periodes niet voldaan wordt aan de intentie van bemonstering, dus in juni als er zoet is gespoeld of in september wanneer de sluizen open zijn, dan heeft het geen zin de bemonstering uit te voeren en dient het eerste volgende geschikte moment gekozen worden.

3.6 Tijdstip van bemonstering

Aangezien er ook locaties in het intergetijdengebied liggen, zou op deze locaties in elk geval bemonsterd moeten worden op het moment dat er water staat: halverwege de vloed tot halverwege eb. Aangezien het gedrag van sommige soorten bepaald wordt door de getijdestroom, is het verstandig om aan de buitenzijde van de sluizen de bemonstering te standaardiseren voor de periode tussen halverwege de vloed en de vloedkentering. Volgens Paalvast (2009) heeft dit ook de voorkeur, omdat op andere momenten in de getijdecyclus ongunstige stroming optreedt. Voor de binnenzijde is dit minder noodzakelijk, omdat de stroomsnelheden veel lager zijn. Het lijkt verstandig om wel de bemonsteringen wel te standaardiseren op dezelfde tijdstippen als aan de buitenzijde, maar het is de vraag of dit praktisch haalbaar is, aangezien er ook gekozen moet worden om 's nachts dan wel overdag te bemonsteren.

In tegenstelling tot Paalvast (2009) stellen wij voor om juist overdag te bemonsteren. Het belangrijkste argument voor 's nachts bemonsteren was het ingraven van *Crangon Crangon*, terwijl de geraadpleegde studies geen verschil in vangst tussen dag en nacht laten zien. Voor een andere relevante soort *Neomysis integer* wordt juist geadviseerd om overdag te bemonsteren omdat ze dan dichtbij de bodem zitten (Mees e.a., 1995).

3.7 Vangstverwerking

De vangsten worden eerst uitgezocht op grote exemplaren van bijvoorbeeld wolhandkrabben, strandkrabben, rivierkreeften en grote steurgarnalen. Deze worden op soort gebracht en per sekse en voor vrouwtjes met of zonder eieren apart geteld. Voor de boomkor vangsten betekent dit dat ze in het geheel aan boord verwerkt kunnen worden.

Voor de hyperbenthische slede en het handnet zal gelden dat de rest van de vangst zo goed mogelijk wordt schoongemaakt (water, zeef 1 mm) door te spoelen en grove verontreinigingen te verwijderen. De schone monsters worden overgebracht in 90% alcohol. In het laboratorium worden de monsters gesorteerd en geanalyseerd, waarbij - indien mogelijk - de soorten per sekse en levensstadia (larve, juveniele, adult, eierdragend) worden geteld.

Het bepalen van vangstgewichten en lengtefrequenties is in eerste instantie niet van belang. We stellen daarom voor om dit achterwege te laten omdat dit tijdrovend is. In het geval van garnalen zouden deze mogelijk wel door automatische beeldherkenning met het programma "Smart Shrimp" gemeten kunnen worden.

3.8 Overige registratie en metingen

Voorafgaand aan iedere bemonstering en aan het einde ervan worden de volgende abiotische factoren bepaald:

- Secchi-diepte
- substraattypen
- bewolking
- neerslag
- windsnelheid
- windrichting
- golfhoogte
- stroomsnelheid (schatting) en -richting

Tijdens de trek kan doormiddel van een CTD op de boomkor of eventueel de hyperbenthische slede de temperatuur, conductiviteit, turbiditeit en het zuurstofgehalte worden bepaald. Verder kan door middel van een flowmeter in het net van de hyperbenthische slede bepaald worden hoeveel water door het net heen gaat.

Eventueel zouden er watermonsters genomen kunnen worden om de hoeveelheid nutriënten en Chlorofyl te bepalen.

3.9 Personele inzet

- de veldbemonsteringen kunnen worden uitgevoerd door 2 personen
- voorbereiding kan gedaan worden door 1 persoon

3.10 Samenvatting bemonstering

Bemonsteringsmethode	
Worden uitgevoerd door twee personen	
Vangtuig bodem	Boomkor 1,5m; hoogte 20cm; gestrekte maaswijdte 1cm
Vangtuig waterkolom tot 70 cm hoogte	Hyperbenthische slede 50cm breed maaswijdte 1x1mm*
Vangtuig oever	Handnet maaswijdte 1x1mm
Lengte trek Boomkor/ slede	50m
Lengte trek - schepnet	2 x 2m
Periode	maart t/m juli en september
Moment	Bij vloed geopende sluizen Bij vloed gesloten sluizen
Tijdstip	overdag vanaf 3 uur tot vloedkentering
Bemonsteringslocaties binnen	4 trekken diepe geulen 4 trekken intergetijdengebied/ondiep water 4 locaties tegen de oever
Bemonsteringslocaties buiten	1 trek diepe geul 1 trek intergetijdengebied

*vergelijkbaar met het tuig gebruikt in (Mees e.a., 1995)

4 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. Dit certificaat is geldig tot 15 december 2021. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV GL.

Literatuur

- Adhub-Al, A. H. Y. en E. Naylor (1975) Emergence rhythms and tidal migrations in the brown shrimp Crangon crangon (L.). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 55: 801-810.
- Aprahamian, M. W., J. Bagliniere, M. R. Sabatie, P. Alexandrino, R. Thiel en C. D. Aprahamian (2003), Biology, status, and conservation of the anadromous Atlantic twaite shad Alosa fallax fallax American Fisheries Society Symposium 35:103-124.
- Bacela-Spychalska, K. en G. van der Velde (2013) There is more than one 'killer shrimp': trophic positions and predatory abilities of invasive amphipods of Ponto-Caspian origin. Freshwater Biology 58: 730-741.
- Bleijerveld, M. (2000) De invloed van seizoenspatronen in de abundantie van prooidieren op de groei van 0+ snoekbaars in het Haringvliet, Universiteit Wageningen Wageningen.
- Bogaards, R., J. Francke, R. Lambeck en C. Borghouts-Biersteker (1980) De afsluiting van de Grevelingen en de gevolgen voor de aan het harde substraat gebonden macrofauna. De Levende Natuur 82: 109-118.
- Bremer, P. en J. Vijverberg (1982) Production, population biology and diet of Neomysis integer (Leach) in a shallow Frisian lake (The Netherlands). Hydrobiologia 93: 41-51.
- Chul-Woong, O., G. H. Richard en D. M. N. Richard (2001) Feeding ecology of the common shrimp Crangon crangon in Port Erin Bay, Isle of Man, Irish Sea. Marine Ecology Progress Series 214: 211-223.
- de Boois, I. en A. Couperus (2017) Ankerkuilbemonstering in de Westerschelde: Resultaten 2017 en meerjarenoverzichten. Wageningen Marine Research.
- Den Hartog, C. (1963a) The amphipods of the deltaic region of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt in relation to the hydrography of the area part I. Introduction and hydrography. Netherlands Journal of Sea Research 2: 29-39.
- Den Hartog, C. (1963b) The amphipods of the deltaic region of the rivers rhine, meuse and scheldt in relation to the hydrography of the area part II. The talitridae. Netherlands Journal of Sea Research 2: 40-67.
- Den Hartog, C. (1964) The amphipods of the deltaic region of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt in relation to the hydrography of the area: Part III. The Gammaridae. Netherlands Journal of Sea Research 2: 407-457.
- Dieleman, J. en S. Pinkster (1977) Further observations on the range extension of the alien amphipod Gammarus tigrinus Sexton, 1939, in the Netherlands during the years 1974 to 1976. Bulletin Zoologisch Museum 6.
- Dijkstra, P. (1998) Habitat use and variation in abundance of larval and juvenile fish in Lake Haringvliet, Wageningen Agricultural University.
- Fladung, E. (2000) Untersuchungen zur bestandsregulierung und verwertung der Chinesischen Wollhandkrabbe (Eriocheir sinensis). Schriften des Instituts für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow Band 5. Institut für Binnenfischerei, Jägershof.
- Fockedeij, N. en J. Mees (1999) Feeding of the hyperbenthic mysid Neomysis integer in the maximum turbidity zone of the Elbe, Westerschelde and Gironde estuaries. Journal of Marine Systems 22: 207-228.
- Fortuin, A. W. (1985) Dichtheden en biomassa van de belangrijkste bodemdieren van het Hollandsch Diep en Haringvliet in 1983, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek.
- Gesche, W. en G. Wulf (2002) Laboratory studies of the effect of temperature on growth, moulting and reproduction in the co-occurring mysids Neomysis integer and Praunus flexuosus. Marine Ecology Progress Series 235: 177-188.
- Graveland, J. (2018) Beschrijving van de Rijkswaterstaat meetnetten voor natuur- en waterkwaliteit. RWS bedrijfsinformatie. RWS, 37 pagina's.
- Griffioen, A. B., H. V. Winter en R. v. Hal (2017) Prognose visstand in en rond het Haringvliet na invoering van het Kierbesluit in 2018. Wageningen Marine Research.
- Heermans, A., 1980. Resultaten van het onderzoek naar de talrijkheid van enige bodemdieren in het Lauwersmeergebied en het Haringvliet. RIVO Rapport ZA80-03: 14pp.
- Koese, B. en N. Evers (2011) A national inventory of invasive freshwater crayfish in the Netherlands in 2010. EIS-Nederland 2011-03, 56 pagina's.
- Kotta, I. en J. Kotta (2001) Vertical migrations of mysids in the Gulf of Riga. Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol 50: 248-255.

- Lehtiniemi, M. en H. Nordström (2008) Feeding differences among common littoral mysids, *Neomysis integer*, *Praunus flexuosus* and *P. inermis*. *Hydrobiologia* 614: 309-320.
- Lievaart, M. en A. Pouwer (2003) Move de Westerschelde als kraam- en kinderkamer voor vis en garnaal in relatie tot de verruiming, RIKZ/AB/2003..810x.
- Luttikhuisen, P. C., J. Campos, J. v. Bleijswijk, K. T. C. A. Peijnenburg en H. W. van der Veer (2008) Phylogeography of the common shrimp, *Crangon crangon* (L.) across its distribution range. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 46: 1015-1030.
- Mees, J., N. Fockedeij en O. Hamerlynck (1995) Comparative study of the hyperbenthos of three European estuaries. *Hydrobiologia* 311: 153-174.
- Mees, J. en M. B. Jones (1997) The hyperbenthos. *Oceanography and marine biology* 35: 221-256.
- Noordhuis, R. (2017) Het Haringvliet na de Kier; Samenvatting van hydrologische prognoses ten behoeve van effectinschattingen op vis en vogels. Deltares, 11200854-010-ZWS-0001 3.
- Paalvast, P., W. Iedema, M. Ohm en R. Posthoorn (1998) MER Beheer Haringvlietssluizen; Over de grens van zoet en zout. RIZA, 98.051.
- Paalvast, P. (2009) Monitoring van kreeftachtigen onder het beheerprogramma de Kier voor de Haringvlietssluizen - Plan van aanpak. Ecoconsult, 200902, 18 pagina's.
- Paalvast, P. (2016) Monitoringsplan ecologie project Kierbesluit. . Ecoconsult 2016-01., 66 pagina's.
- Peeters, E. T. H. M. en H. J. d. Lange (2012) Achtergrondrapport KRW-maatlat macrofauna R8. Ecofide.
- Pinkster, S., M. Scheepmaker, D. Platvoet en N. Broodbakker (1992) Drastic changes in the amphipod fauna (Crustacea) of Dutch inland waters during the last 25 years. *Bijdragen tot de Dierkunde* 61: 193-204.
- Platvoet, D. en S. Pinkster (1995) Changes in the amphipod fauna (Crustacea) of the Rhine, Meuse and Scheldt estuary due to the 'Delta plan' coastal engineering works. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 29: 5-30.
- Reinhold-Dudok van Heel, E. (1995) Verkennend onderzoek naar het voorkomen van brakwatermacrovertebraten aan de oost- en westzijde van de Haringvlietssluizen. RIZA, 95.059 X.
- Schmidt, C. A., C. Cuypers, T. M. ten Hulscher, M. A. A. Kamps, F. C. M. Kerkum, J. Oosterbaan en J. Postma (2013) Biologische Monitoring Proefsanerling Haringvliet. AKWA-RIZA afdeling W&I Water(bodem)kwaliteit.
- Sistmans, W. C. H., H. Hummel, O. J. A. v. Hoesel en B. P. M. Krebs (2002) Het macrobenthos in het westelijk deel van het Haringvliet en de Haringvlietmonding in het najaar 2001. Yerseke, Centrum voor Estuarine en Marine Ecologie (NIOO-CEME).
- Smit, H., H. C. Reinhold-Dudok Van Heel en S. M. Wiersma (1995) Sublittoral macrozoobenthic assemblages in the enclosed sediment-polluted Rhine-Meuse Delta; their relationship to environmental conditions. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 29: 31-47.
- Soes, D., P. van Horssen, S. Bouma en M. Collembon (2007) Chinese wolhandkrab. Een literatuurstudie naar ecologie en effecten. Rapportnummer: 07-234.
- Steensma, J. M., J. van Schie en R. Noordhuis (1995) Biologie en populatiedynamiek van de aasgarnaal *Neomysis integer* (Leach): populatieontwikkeling en voedselkeuze van *Neomysis integer* in het Wolderwijd (1989-1993). SBW Advies & Onderzoek, 95-10, 93 pagina's.
- Tsehay, I. (1998) Assessment of the biomass size distribution of the aquatic community in Haringvliet/Hollandsch Diep and development of a sampling strategy, Wageningen Agricultural University.
- Tulp, I. Y. M., H. V. Winter en J. J. d. Leeuw (2003) Vismonitoring in het kader van aanpassing beheer Haringvlietssluizen. RIVO.
- van Arkel, M. A. en M. Mulder (1975) A device for quantitative sampling of benthic organisms in shallow water by means of a flushing technique. *Netherlands Journal of Sea Research* 9: 365-370.
- Van der Sluis, M. T., N. S. H. Tien, A. B. Griffioen, O. A. van Keeken, E. van Os-Koomen, K. E. van de Wolfshaar en J. A. M. Wiegerinck (2018) Toestand vis en visserij in de zoete Rijkswateren 2016: Deel II: Methoden. Wageningen Marine Research, C034/18.
- Verhey, C. (1966) Een zeepok in de Biesbosch! *De Levende Natuur* 69: 141-142.
- Wijnhoven, S., W. Sistmans en H. Hummel (2007) Historische ontwikkeling bodemdier gemeenschappen Noordelijke delta: Analyse van het Haringvliet en vergelijking met het Hollands Diep en de Biesbosch. Yerseke, Nederlands Instituut voor Ecologie NIOO-KNAW.
- Wijnhoven, S. en H. Hummel (2008) Historische ontwikkeling macrofauna levensgemeenschappen Rijn-Maas-monding : Biesbosch, Hollandsch Diep, Haringvliet en Haringvliet voordelta vanaf 1960 met het oog op de toekomst: Monitor Taskforce publication series ; 2008-12. Yerseke, KNAW-NIOO, Centrum voor Estuariene en Mariene Ecologie.
- Wolff, W. en A. Sandee (1971) Distribution and ecology of the Decapoda Reptantia of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse, and Scheldt. *Neth. J. Sea Res* 5: 197-226.
- Wolff, W. J. (1973) The estuary as a habitat: an analysis of data on the soft-bottom macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt, Brill.

Verantwoording

Rapport C012/20

Projectnummer: 4316100197

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research

Akkoord: Ir. Olvin van Keeken
Onderzoeker

Handtekening:

Datum: 14 februari 2020

Akkoord: Dr. ir. Tammo Bult
Director Wageningen Marine Research

Handtekening:

Datum: 14 februari 2020

Bijlage 1 Gebruikte bemonsterings-technieken

In eerdere studies (Tabel 1) werden verschillende bemonsteringstechnieken ingezet. Een uitgebreide beschrijving van de ontwikkeling en het gebruik van enkele technieken is gegeven in Mees en Jones (1997). De volgende technieken worden relevant geacht voor mogelijke toekomstige monitoring in het Haringvliet.

4.1.1 Van Veenhapper

Een Van Veenhapper bemonstert effectief vlakke bodems met slib of zand zonder onregelmatigheden. Vanaf een onderzoeksvaartuig laat men de happer zakken, en door middel van een vergrendelingsmechanisme worden twee bakken in geopende stand naar de bodem afgevoerd. Bij contact met de bodem ontkoppelt de vergrendeling en de bakken worden tegen elkaar getrokken zodat een oppervlakkig sedimentmonster van de waterbodem genomen wordt (**Afbeelding 4**).

Afbeelding 4. Van Veenhapper.

4.1.2 Boxcorer

De Boxcorer is een geologisch bemonsteringsapparaat voor zachte sedimenten in meren of oceanen. Het wordt ingezet vanaf een onderzoeksschip en is geschikt voor elke waterdiepte. Het is ontworpen voor een minimale verstoring van het sedimentoppervlak door boeggolfeffecten, wat belangrijk is voor kwantitatief onderzoek van de benthische micro- tot macrofauna, geochemische processen, bemonstering van bodemwater of sedimentologie. De bemonsteringsoppervlakte ligt tussen de 200 en 2500 cm².

4.1.3 Flushing sampler

De 'flushing sampler' wordt meestal vanaf een boot voor bodems >2 m gebruikt. Door middel van een krachtige waterstraal door één van de twee buizen wordt opgewerveld materiaal via de andere buis over een zeef (1 mm) geleid (**Afbeelding 5**). Het apparaat dat werd gebruikt door Fortuin (1985) wordt beschreven door van Arkel en Mulder (1975).

4.1.4 Vacuüm Steekbuis

De Vacuüm Steekbuis bestaat uit een buis met lange stang en handvat met daaraan bevestigd een slang voor het vacuüm zuigen. De bemonstering met een Vacuüm Steekbuis is kwantitatief. De Steekbuis wordt op de bodem gezet en tot de voorgeschreven diepte bemonsterd. M.b.v. een gemonteerde slang kan het monster vacuüm worden gezogen. Deze methode kan bij "ondiep" sublitoraal water tot max. 2,5 m. worden gebruikt. De Vacuüm Steekbuis heeft een doorsnede van Ø

10 cm en een oppervlakte van 0,0079 m². Het aantal steken per locatie en/of monsterpunt kan per deelgebied verschillen. De bemonsterde steekdiepte is 15 - 35 cm.

Dit is de beschrijving uit RWSV B200, welke als voorschrift dient voor uit te voeren RWS-projecten.

Afbeelding 5. De flushing sampler zoals gebruikt door Fortuin (1985). De bestaat uit een buitenbuis (A) met een binnenbuis (B) die bovenaan verbonden zijn (C). Via de aansluiting (D) wordt met kracht water gepompt in de buitenbuis. Het water wordt met de opgewervelde deeltjes en organismen van de bodem door de binnenbuis geleid en opgevangen in zeef (E). Afbeelding uit van Arkel en Mulder (1975).

4.1.5 Macro-invertebrate net sampler ("D-net")

Vanuit een boot met snelheid ~0.5-1 m/s wordt de macrofaunanet ("D-net", ziet eruit als een liggende "D", 50 cm breed, 25 cm hoog), (**Afbeelding 6**) vastgemaakt aan touwen en voor ~3-5 minuten over de bodem gesleept (snelheid en tijd dienen gestandaardiseerd te zijn). Het macrofaunanet zou ook aan een paal vastgemaakt kunnen zijn om lopend monsters te nemen in ondiep water. Het D-net is in detail beschreven door Steensma e.a. (1995).

Afbeelding 6. Schematische weergave van het D-net Steensma e.a. (1995).

4.1.6 Boomkor

Kleine boomkor met een breedte van 1.5 tot 3 m kan worden ingezet vanaf een boot of in ondiepere zones lopend worden voortgetrokken. De maaswijdte van het want moet aan de te bemonsteren organismen worden aangepast. Een 3 m variant wordt gebruikt in het WMR FGRA programma en is in 2002 aanvullende door Tulp e.a. (2003) ingezet in het Haringvliet.

4.1.7 Hyperbenthische slede (1 m)

Om kreeftachtigen die hoger in de waterkolom (hyperbenthos) voorkomen te kunnen bemonsteren kan een hyperbenthische slede worden ingezet (**Afbeelding 7**). Het voornaamste verschil tussen een D-net, een boomkor en een hyperbenthische slede is dat bij de laatste de vangopening is opgetild boven de bodem. Hierdoor wordt minder bodemmateriaal en – organismen gevangen. De maaswijdte

van het want moet aan de te bemonsteren organismen worden aangepast. De hyperbenthische slede is bijvoorbeeld gebruikt in de studie in de Westerschelde (Mees e.a., 1995).

Afbeelding 7. Hyperbenthische slede. Deze versie heeft twee openingen met elk een aparte kuil (Website <http://www.vliz.be/nl/hyperbenthischeslee>).

4.1.8 Swedish LiNi® trap (Koese & Evers 2011)

De LiNi trap (**Afbeelding 8**), gebruikt voor bemonstering van kreeften, is een mini-fuik met acht middelste koorden (in plaats van een aaspin). Traps (>10 stuks) worden meestal door koorden met elkaar verbonden en 's nachts in het water gelaten.

Afbeelding 8. LiNi-trap gebruikt voor kreeftmonitoring (Koese en Evers, 2011).

4.1.9 Oesterkor

Dit is een ijzeren raamnet waarmee op oesters wordt gevist. Door het ijzeren net is dit al snel zwaarder dan een kleine boomkor en kan dus alleen vanaf een boot met voldoende motorvermogen worden ingezet. Het voordeel van de oesterkor is dat deze over grovere bodems zoals schelpdierbanken gebruikt kan worden. Fortuin (1985) maakte gebruik van een 1 m brede oesterkor (**Afbeelding 9**).

Afbeelding 9. Oesterkor.

Bijlage 2 Schematische weergave van gegevensverzameling en opslag die kreeftachtigen in het Haringvliet bevatten of kunnen bevatten