



Kreeftensterfte in de Oosterschelde: Een verkenning van mogelijke oorzaken

Auteur(s): Jildou Schotanus¹, Marc Engelsma², Caroline Dirks³, Els Faassen³, Nathalie Steins¹

¹ Wageningen Marine Research (WMR)

² Wageningen Bioveterinary Research (WBvR)

³ Wageningen Food Safety Research (WFSR)

Wageningen University &
Research rapport C078/24

Kreeftensterfte in de Oosterschelde: Een verkenning van mogelijke oorzaken

Auteur(s): Jildou Schotanus¹, Marc Engelsma², Caroline Dirks³, Els Faassen³, Nathalie Steins¹

¹ Wageningen Marine Research (WMR)

² Wageningen Bioveterinary Research (WBvR)

³ Wageningen Food Safety Research (WFSR)

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Marine Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Duurzame voedselvoorziening, & -productieketens & Natuur' (projectnummer BO-43-119.01-000, Kennisdeskvraag KD-2024-027).

Wageningen Marine Research
Yerseke, december 2024

Wageningen Marine Research rapport C078/24

Jildou Schotanus, Marc Engelsma, Caroline Dirks, Els Faassen, Nathalie Steins, 2024. Kreeftensterfte in de Oosterschelde: Een verkenning van mogelijke oorzaken. Wageningen, Wageningen Marine Research, Wageningen Marine Research rapport C078/24.

Keywords: Kreeft, *Homarus gammarus*, Oosterschelde, sterfte, ziekteverwekkers, zware metalen, toxines

Opdrachtgever Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
T.a.v.: Angelo Kouwenhoven
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag

BO-43-119.01-000 / KD-2024-027

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/680366>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Foto omslag: Jildou Schotanus

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut binnen de
rechtspersoon Stichting Wageningen Research,
hierbij vertegenwoordigd door
Drs.ir. M.T. van Manen, directeur bedrijfsvoering

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
gevolgschade, 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 V34 (2024)

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	5
1.1 Achtergrond	5
1.2 Onderzoeksvraag	6
2 Methoden	7
2.1 Verzamelen van kreeften	7
2.2 Ziekteverwekkers	7
2.3 Zware metalen en toxines	8
2.3.1 Analyse van zware metalen	8
2.3.2 Analyse van cylindrospermopsines	8
2.3.3 Analyse van tetrodotoxine	8
2.3.4 Analyse van DST's	8
2.4 Enquête	9
3 Resultaten	10
3.1 Ziekteverwekkers	10
3.2 Zware metalen	10
3.3 Toxines	11
3.4 Enquête	11
4 Discussie en conclusies	15
4.1 Ziekteverwekkers	15
4.2 Zware metalen	15
4.3 Toxines	16
4.4 Enquête	16
4.5 Massale sterfte in Engeland	16
4.6 Conclusie	17
4.7 Aanbevelingen	17
5 Referenties	19
6 Bijlage 1: Elementenlijst	20
7 Bijlage 2: Vragenlijst kreeftenvissers	21
8 Kwaliteitsborging	25
Verantwoording	26

Samenvatting

De onverklaarbare massale sterfte onder Europese zeekeeftes (*Homarus gammarus*) in de Oosterschelde en de waarneming van verzwakte kreeften in het najaar van 2023 en het voorjaar van 2024 vormen een ernstig probleem. Zowel duikers als vissers merken op dat het bestand drastisch is gedaald en daarmee kan de sterfte ernstige gevolgen hebben voor zowel de kreeftenvisserij als het behoud van deze genetisch unieke kreeftenpopulatie.

In dit verkennend onderzoek is een beperkt aantal kreeften uit de Oosterschelde, die door vissers als verzwakt werden binnengebracht, vergeleken met enkele kreeften uit de Grevelingen, waar geen abnormale sterfte is waargenomen. Er is onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van ziekteverwekkers, waaronder virussen, bacteriën en parasieten, en naar bekende toxines en zware metalen. Daarnaast is er een enquête gehouden onder kreeftenvissers om inzicht te krijgen in hun observaties met betrekking tot het "ziektebeeld" van de verzwakte kreeften en de afname in de vangsten.

De resultaten van de analyses van de kreeften toonden geen duidelijke aanwijzingen voor de aanwezigheid van ziekteverwekkers, toxines of significante verschillen in metaalconcentraties tussen de Oosterschelde en het Grevelingenmeer. Hierdoor blijft de oorzaak van de sterfte en het beeld van verzwakte kreeften vooralsnog onverklaard. Uit de enquête bleek dat aan het begin van het kreeftenseizoen in 2024 op alle vijf locaties aanzienlijk minder maatse kreeften werden gevangen dan in 2023. Bovendien werden op alle locaties waar de deelnemende vissers actief waren, in 2024 zwakke of slappe kreeften aangetroffen. De enquête bracht daarnaast het volgende "ziektebeeld" aan het licht: aangroei op de kreeft, afwijkingen op het kopschild (zoals spikkels, puntjes en bloedingen), slappe kreeften, een levenloos aanvoelen, en minder vlees. Het gedrag van de kreeften werd beschreven als futloos en niet-agressief.

Verdere monitoring en onderzoek zijn essentieel om andere mogelijke oorzaken, zoals omgevingsveranderingen en cumulatieve stressoren, te identificeren en te evalueren. Aanvullend onderzoek is nodig om factoren die mogelijk onvoldoende onderzocht zijn, beter in kaart te brengen. Voorstellen voor vervolgonderzoek en toekomstige activiteiten omvatten:

- monitoren veranderingen in kreeftenbestand en populatiedynamiek;
- screening op onbekende ziekteverwekkers;
- onderzoeken van de impact van omgevingsveranderingen;
- uitvoeren van analyses van de waterkwaliteit en vervuiling van sediment;
- uitvoeren van experimentele studies naar stressfactoren kunnen helpen om de directe effecten van specifieke stressoren op de gezondheid en sterfte van kreeften beter te begrijpen;
- samenwerking met vissers en systematisch verzamelen van hun kennis;
- internationale samenwerking intensiveren door deelname aan ICES WGCRAB.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Sinds enkele jaren lijkt er sprake te zijn van onverklaarbare sterfte onder de zeekreeften (*Homarus gammarus*) in de Oosterschelde. Wageningen Marine Research (WMR) voerde in 2021 in Yerseke een experiment uit waarbij kreeften uit verschillende locaties in de Oosterschelde werden gehouden in doorstroombakken, waarin continu vers water uit de Oosterschelde werd gepompt. Het doel van het experiment was om de groei en ontwikkeling van de kreeften over de tijd te meten. In de nazomer van 2021 stierven vijf van de twintig kreeften. Hoewel dit opmerkelijk was, werd er destijds niet iets opvallends aan de kreeften opgemerkt en leken er geen aanwijzingen te zijn dat het om iets chronisch zou kunnen gaan. Wel gaven enkele vissers, met name rondom Goese Sas, aan dat ze het idee hadden dat er al langer een verhoogde sterfte onder kreeften was. Andere kreeftenvissers herkenden dit echter niet.

In het najaar van 2022 vond er een massale sterfte plaats onder de kreeften in het experiment: zestien van de negenentwintig kreeften stierven binnen korte tijd. Ook werd er een aantal dode kreeften door vissers bij WMR langs gebracht. Onderzoek naar *Gaffkemia* – een bacteriële infectie die sterfte bij kreeften kan veroorzaken en met name bij de Amerikaanse zeekreeft wordt gesignaleerd – leverde negatieve resultaten op. Wageningen Bioveterinary Research (WBVR) heeft daarnaast drie van de overgebleven kreeften bacteriologisch onderzocht. Uit kweken van de kreeften werden verschillende bacteriën geïsoleerd, maar er zijn geen directe aanwijzingen gevonden voor betrokkenheid van deze bacteriën bij de sterfte onder de kreeften.

In het begin van het kreeftenseizoen in 2023, dat loopt van midden maart tot en met midden juni, meldden vissers in de buurt van Goese Sas dat zij opnieuw dode kreeften aantroffen in hun vistuigen, die recent waren gestorven. Ook deze kreeften vertoonden geen zichtbare afwijkingen aan de buitenkant, gelijk aan de kreeften gehouden in de doorstroombakken in Yerseke. Het experiment bij Wageningen Marine Research zou in juni 2023, vlak na het kreeftenseizoen worden stopgezet, maar er werd besloten om de kreeften in de doorstroombakken te houden om te observeren of er opnieuw sterfte zou optreden. In juli stierven opnieuw veel kreeften binnen enkele dagen. De stervende kreeften vertoonden vlak voor hun dood afwijkend gedrag, zoals stoppen met eten, lethargie en het overdag niet meer wegkruipen in schuilplekken. Er werd gedacht aan zuurstofgebrek in het water, maar metingen toonden aan dat de zuurstofconcentraties voldoende waren.

In het najaar van 2023 ontstond grote bezorgdheid toen duikers meldden dat er veel recent gestorven kreeften op de bodem van de Oosterschelde lagen. Daarnaast werd gemeld dat er ook meer dode diersoorten, behorend tot de klasse Crustacea, zoals Noordzeekrabben (*Cancer pagurus*) en strandkrabben (*Carcinus maenas*), werden aangetroffen. Wageningen Marine Research stuurde enkele levende maar, verzwakte kreeften en Noordzeekrabben afkomstig uit de Oosterschelde naar het WBVR voor onderzoek. De kreeften zijn onderzocht op mogelijke aanwezigheid van bacteriën, parasieten en/of virussen. Er werd geen WSSV (White Spot Syndrome Virus) aangetroffen, een virus dat massale sterfte kan veroorzaken bij garnalen maar ook bij kreeften is gevonden. Bij het histologisch onderzoek, waarbij weefsels microscopisch worden onderzocht om afwijkingen en ziekteverwekkers te identificeren, werden geen duidelijke tekenen van bacteriën, virussen of parasieten aangetroffen. Aanvullend onderzoek door het World Organisation for Animal Health (WOAH) Centre for Emerging Aquatic Animal Diseases (CEFAS, Verenigd Koninkrijk) heeft ook geen duidelijke oorzaak van de sterfte opgeleverd.

Aan het begin van het kreeftenseizoen in 2024 bleek de kreeftenpopulatie zwaar getroffen. Vissers meldden een sterke afname van het aantal maatse kreeften (kreeften van de gewenste vangstgrootte) en van het aantal zaadkreeften (volwassen vrouwtjes met eieren). De aanhoudende sterfte vormt een ernstig en onverklaard probleem, met negatieve gevolgen voor zowel het voortbestaan van een genetisch unieke kreeftenpopulatie (Ellis et al., 2024) als voor de visserijsector in de Oosterschelde. Omdat er geen duidelijke aanwijzingen waren voor veranderende omgevingsfactoren, zoals zuurstoftekort of

temperatuurschommelingen, die de massale sterfte in 2024 zouden kunnen verklaren, werd een verkennend onderzoek gestart. Dit onderzoek, gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselveiligheid en Natuur (LVVN) en de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA), richtte zich vooral op de kreeften zelf, door te kijken naar mogelijke ziekteverwekkers en hoge concentraties zware metalen of toxines. Dit verslag biedt een kort overzicht van de bevindingen uit dit eerste verkennende onderzoek.

Dit onderzoek test meerdere hypothesen om de sterfteoorzaak te achterhalen, waaronder de aanwezigheid van ziekteverwekkers. Daarnaast is er aandacht voor de bezorgdheid over het storten van staalslakken in de Oosterschelde, die mogelijk zware metalen zoals vanadium en chroom vrijlaten (Wijsman et al., 2024). Verder richt het onderzoek zich op toxines zoals cylindrospermopsines (CYN), tetrodotoxine (TTX) en Diarrhetic Shellfish Toxins (DST's), die recent in Zeeuwse schelpdieren zijn aangetroffen en mogelijk ook in kreeften aanwezig kunnen zijn.

Er bestaat veel onduidelijkheid over de schadelijkheid van specifieke concentraties zware metalen en toxines voor kreeften. Daarom wordt in dit onderzoek een vergelijkende analyse uitgevoerd, waarbij de concentraties van 50 verschillende elementen, waaronder zware metalen, in kreeften uit de Oosterschelde (waar sterfte optreedt) worden vergeleken met die in kreeften uit het Grevelingenmeer (waar geen sterfte is waargenomen). De hypothese is dat hogere concentraties in de Oosterschelde zouden kunnen wijzen op een verband met de kreeftensterfte in dat gebied. Daarnaast wordt een enquête gehouden onder kreeftenvissers om beter inzicht te krijgen in hun observaties met betrekking tot het "ziektebeeld" van de zieke kreeften en de afname in de vangsten. Deze informatie zal helpen om een beter beeld te krijgen van het patroon van de kreeftensterfte en de richting voor verder onderzoek te bepalen.

1.2 Onderzoeksvraag

Wat zijn de mogelijke oorzaken van de onverklaarbare sterfte onder zee-kreeften in de Oosterschelde, met nadruk op ziekteverwekkers, toxines en zware metalen?

2 Methoden

2.1 Verzamelen van kreeften

Om de kreeften (*Homarus gammarus*) te kunnen testen op mogelijke ziekteverwekkers, is het noodzakelijk om levende, zieke exemplaren te onderzoeken. Aan begin van dit onderzoek was nog niet helemaal duidelijk wat het volledige "ziektebeeld" van de kreeften was vlak voordat ze dood gingen. Eén van de doelen van de enquête was om hier meer duidelijkheid over te krijgen. Om toch kreeften te kunnen verzamelen om te testen voor eventuele ziekteverwekkers hebben we een oproep gedaan aan kreeftenvissers om slappe, verzwakte kreeften naar Wageningen Marine Research (WMR) te brengen. Vervolgens werden deze kreeften op 25 april 2024 door de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) naar Wageningen Bioveterinary Research (WBvR) in Lelystad vervoerd voor verder onderzoek. Naast de verzwakte kreeften uit de Oosterschelde zijn er ook enkele kreeften uit het Grevelingenmeer, waar geen sterfte is waargenomen, verzameld. Deze kreeften vertoonden reactief en agressief gedrag wanneer ze werden opgetild, wat wordt gezien als normaal gedrag voor gezonde kreeften. Deze kreeften dienen als controlegroep om verschillen tussen de populaties beter te kunnen vaststellen. Uiteindelijk werden er 6 kreeften uit de Oosterschelde verstuurd, 3 vrouwtjes en 3 mannetje met een gemiddelde kopschildlengte van 7.22 cm en gemiddelde gewicht van 315 gram naar het lab verstuurd en 4 kreeften uit het Grevelingenmeer, 2 vrouwtjes en 2 mannetjes met een gemiddelde kopschildlengte van 8.7 cm en een gemiddeld gewicht van 494 gram.

2.2 Ziekteverwekkers

Na aankomst van de kreeften in het laboratorium van Wageningen Bioveterinary Research (WBvR) in Lelystad werden de kreeften geëuthanaseerd en werden er weefselmonsters verzameld van verschillende organen voor verder onderzoek. Van diverse organen (kieuw, spier, hart, gonaden, hepatopancreas, huid, zenuw) is weefsel verzameld voor histologisch onderzoek en moleculaire analyses. Spierweefsel uit de staart en scharen is verzameld voor onderzoek op toxines en zware metalen door WFSR (zie paragraaf 2.3).

Voor histologisch onderzoek zijn de weefsels gefixeerd om de structuren te behouden, waarna ze in zeer dunne plakjes werden gesneden. De weefselplakjes werden gekleurd met speciale kleurstoffen om cellulaire structuren beter zichtbaar te maken. Onder de microscoop werd gekeken naar, parasitaire infecties, indicaties voor bacteriële of virale infecties en andere afwijkingen.

Voor specifieke ziekteverwekkers is aanvullend moleculair onderzoek mogelijk, zoals PCR (Polymerase Chain Reaction) analyses. Deze techniek maakt het mogelijk om specifieke pathogenen, zoals bacteriën, virussen of schimmels, op genetisch niveau te detecteren. Dit wordt uitgevoerd aan de hand van indicaties uit het histologisch onderzoek of naar aanleiding van regelgeving (voor White Spot Syndrome Virus).

Een deel van het materiaal is doorgestuurd naar World Organisation for Animal Health (WOAH) Centre for Emerging Aquatic Animal Diseases (CEFAS, VK). Hierop is aanvullend onderzoek uitgevoerd: aanvullende histologie, elektronenmicroscopisch onderzoek en metagenoom analyse. Bij dit laatste onderzoek wordt al het aanwezige genetische materiaal in het monster breed onderzocht op mogelijk aanwezige ziekteverwekkers.

2.3 Zware metalen en toxines

Bij de bemonstering van weefsels van de kreeften bij WBVR is spierweefsel van de staart en de scharen van de kreeften verzameld en naar het laboratorium van Wageningen Food Safety Research (WFSR) gestuurd. In dit laboratorium werden de monsters van zowel de kreeften afkomstig uit de Oosterschelde als uit het Grevelingenmeer getest op de aanwezigheid van verschillende zware metalen en een aantal toxines. Voor zowel de zware metalen als de toxines wordt gewerkt met een kwantificeringsgrens. Deze grens verwijst naar de laagste concentratie van een stof die nauwkeurig en betrouwbaar kan worden gemeten met de gebruikte analysemethode. Voor de analyses werd het vlees uit de staart en scharen van elke kreeft samengevoegd. Er werd een algehele screening uitgevoerd voor de aanwezigheid van 50 verschillende elementen (zie bijlage 1 voor de gehele lijst). Voor de analyse naar toxines werd gekeken naar een aantal stoffen die de afgelopen jaren in schelpdieren uit de Zeeuwse productiegebieden zijn aangetoond en die dus ook in kreeften zouden kunnen voorkomen. Het gaat hierbij om cylindrospermopsines, toxines die geproduceerd worden door bepaalde soorten blauwalgen (cyanobacteriën), tetrodotoxine (TTX) dat wordt geproduceerd door verschillende soorten bacteriën en een aantal DST's, oftewel Diarrhetic Shellfish Toxines, mariene toxines die voornamelijk worden geproduceerd door bepaalde soorten dinoflagellaten, een type plankton. Deze toxines kunnen zich ophopen in filtervoeders zoals mosselen en oesters.

2.3.1 Analyse van zware metalen

De zware metalenanalyse werd uitgevoerd volgens de standaardwerkwijze SOP-A-1120-v10. Het kreeftenvlees werd gedestruëerd met salpeterzuur, waarna het mengsel werd aangevuld tot een eindvolume van 50 ml met water en werd gehomogeniseerd. Het resulterende destruaat werd minimaal vijf keer verdund, waarna goud en de interne standaard rhodium werden toegevoegd. De eindoplossing werd geanalyseerd met inductief gekoppeld plasma-massaspectrometrie (ICP-MS) in de kinetische energie-dispersieve (KED) modus. Er werd gescreend op 50 verschillende elementen, waaronder een aantal zware metalen waarvan wordt gedacht dat deze uit staalslakken kunnen logen (Foekema et al., 2016; Wijsman et al., 2024) en zich zouden kunnen ophopen in kreeften, zoals vanadium, barium en chroom (zie bijlage 1 voor de gehele lijst).

2.3.2 Analyse van cylindrospermopsines

De analyse van cylindrospermopsines (cylindrospermopsine en 7-epi-cylindrospermopsine) werd uitgevoerd volgens de standaardwerkwijze SOP-A-1282-v4. Het kreeftenvlees werd geëxtraheerd met 0,1% mierenzuur bij 95 °C. Na extractie werd een deelmonster gefilterd en geanalyseerd met vloeistofchromatografie-massaspectrometrie (LC-MS/MS).

2.3.3 Analyse van tetrodotoxine

De tetrodotoxine-analyse volgde de standaardwerkwijze SOP-A-1373-v4. Het kreeftenvlees werd geëxtraheerd met methanol waaraan azijnzuur was toegevoegd. De extracten werden vervolgens geanalyseerd met behulp van LC-MS/MS.

2.3.4 Analyse van DST's

De DST-analyse werd uitgevoerd volgens SOP-A-1127-v9. Het kreeftenvlees werd tweemaal geëxtraheerd met methanol. Het extract werd gefilterd en overgebracht naar een vial voor meting met LC-MS/MS. De volgende DST's zijn bepaald met deze methode: okadazuur, en okadazuur hydro, dinophysistoxine 1 en 2 (DTX's), gymnodimine (GYM) en azaspiracide 1, 2 & 3 (AZA's), yessotoxine, homo-yessotoxine, 45 OH yessotoxine, 45 OH homo-yessotoxine (YTX's), 13-desmethyl-spirolide C, 13,19 didesmethyl-spirolide C, 20-methyl-spirolide G (SPX's), pinnatoxine-F en G (PnTX's).

2.4 Enquête

Een andere belangrijke stap in het onderzoek was het uitzetten van een korte vragenlijst onder 26 vissers, die in bezit zijn van een vergunning om te vissen op kreeften in de Oosterschelde. Bij de start van het huidige onderzoek was er nog geen duidelijke beschrijving van het "ziektebeeld" van de kreeften in de Oosterschelde. Om hier meer inzicht in te krijgen, werd gevraagd naar de waarnemingen van de vissers tijdens het visseizoen van 2023 en 2024, met betrekking tot het gedrag en de uiterlijke kenmerken van verzwakte of dode kreeften. Daarnaast werd gevraagd naar observaties over de samenstelling van de vangst, specifiek de verhouding tussen maatse en ondermaatse kreeften, en de bijvangst die werd gevangen, en of deze in 2023 en 2024 afweek van voorgaande jaren.

3 Resultaten

3.1 Ziekteverwekkers

Bij aankomst in het laboratorium in Lelystad viel op dat alle kreeften vrij actief waren en geen tekenen van lethargie vertoonden, zoals eerder werd geobserveerd toen de kreeften bij WMR werden binnengebracht door kreeftenvissers. De kreeften zijn onderzocht met histologie en daarnaast moleculair op aanwezigheid van het meldingsplichtige White Spot Syndrome Virus (WSSV). In de histologie werden er bij zowel de kreeften uit de Oosterschelde als die uit het Grevelingenmeer geen aanwijzingen gevonden voor de aanwezigheid van ziekteverwekkers, zoals bacteriën, virussen of parasieten. Ook de PCR-test voor WSSV was negatief, wat betekent dat het virus niet is aangetoond.

Door het WOA Centre for Emerging Aquatic Animal Diseases (CEFAS, VK) is aanvullend onderzoek uitgevoerd met histologie, elektronenmicroscopie en metagenoom sequencing. Ook dit onderzoek leverde geen directe aanwijzingen op voor een ziekteverwekker als oorzaak van de sterfte. Er werden geen weefselafwijkingen, micro-organismen of genetische sporen van specifieke pathogenen gevonden die op een infectieuze oorzaak wijzen.

3.2 Zware metalen

Tabel 1 geeft een overzicht van de 15 elementen die meetbaar waren in kreeften uit de Oosterschelde en het Grevelingenmeer, op basis van een uitgebreide screening op 50 verschillende elementen (Bijlage 1). Voor de 7 van deze 15 elementen zijn de gehalten gelijk in kreeften uit beide gebieden (t-test, $p > 0,05$). Koper ($p=0,02$), kwik ($p<0,001$) en magnesium ($p=0,01$) waren in hogere gehalten aanwezig in de kreeften uit het Grevelingenmeer dan in kreeften uit de Oosterschelde.

Chroom en lithium, werden niet in kreeften uit het Grevelingenmeer aangetoond, maar wel in enkele kreeften uit de Oosterschelde (onderste kwantificeringsgrens is 0,03 mg/kg). Of de chroom en lithium gehalten in Oosterschelde kreeften hoger zijn dan in kreeften uit het Grevelingenmeer is niet statistisch te testen omdat er onvoldoende gegevens beschikbaar waren omdat enkele waarden onder de onderste kwantificeringsgrens lagen. Barium is in 2 kreeften uit de Oosterschelde en in 1 kreeft uit het Grevelingenmeer aangetoond, ook voor dit element kan daarom niet bepaald worden of de gevonden gehalten significant verschillen. De natrium en fosforgehalten lagen in een deel van de kreeften boven de kwantificeringsgrens en zijn daarom ook niet getoetst.

Tabel 1 Overzicht van elementen die in minimaal 1 kreeft detecteerbaar waren in de door WFSR onderzochte kreeften uit de Oosterschelde (6 stuks) en het Grevelingenmeer (4 stuks). Geel gekleurde cellen geven aan dat het betreffende element slechts in een deel van de monsters binnen de kwantificeringsrange viel. Blauw gekleurde cellen geven aan dat de gemeten concentratie verschillend is tussen de kreeften uit de twee gebieden (t-test).

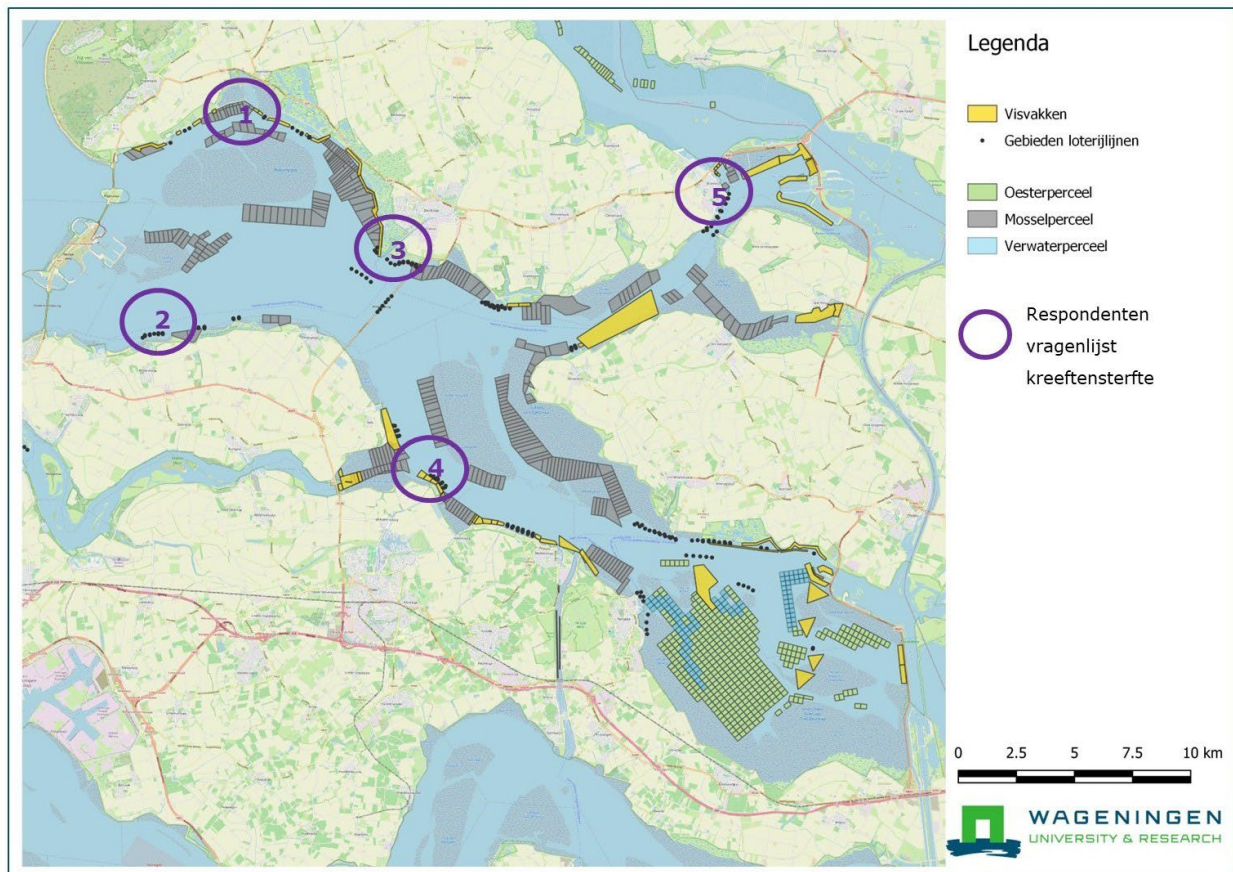
Element	Oosterschelde					Grevelingen					p waarde
	n niet detecteerbaar	n in range	n boven range	gemiddelde (mg/kg)	stdev	n niet detecteerbaar	n in range	n boven range	gemiddelde (mg/kg)	stdev	
Strontium	0	6	0	5,48	3,8	0	4	0	3,9	2,2	> 0,05
Kwik	0	6	0	0,29	0,10	0	4	0	0,77	0,15	< 0,001
Barium	4	2	0	0,090		3	1	0	0,092		
Natrium	0	5	1	1700	190	0	4	0	1500	120	
Rubidium	0	6	0	1,1	0,15	0	4	0	1,3	0,08	> 0,05
Arseen	0	6	0	5,6	2,9	0	4	0	9,1	0,84	> 0,05
Zink	0	6	0	26	6,1	0	4	0	30	6,1	> 0,05
Koper	0	6	0	6,0	0,78	0	4	0	9,1	2,4	0,02
IJzer	0	6	0	1,2	0,42	0	4	0	0,92	0,13	> 0,05
Mangaan	0	6	0	1,9	2,5	0	4	0	1,7	1,2	> 0,05
Chroom	3	3	0	0,047	0,018	4	0	0			
Magnesium	0	6	0	320	26	0	4	0	370	26	0,01
Fosfor	0	1	5	2500		0	0	4			
Titanium	0	6	0	0,13	0,020	0	4	0	0,13	0,01	> 0,05
Lithium	4	2	0	0,036	0,003	4	0	0			

3.3 Toxines

Er werden geen cylindrospermopsines gedetecteerd boven de kwantificeringsgrens van 2,5 µg/kg. De kwantificeringsgrens verwijst naar de laagste concentratie van een stof die nauwkeurig en betrouwbaar kan worden gemeten met de gebruikte analysemethode. Ook werd er geen TTX waargenomen boven de kwantificeringsgrens van 10 µg/kg. Verder zijn er geen DST's aangetroffen boven hun respectieve kwantificeringsgrenzen van 5 µg/kg (SPX's), 20 µg/kg (OA, DTX's, AZA's, GYM, PnTX's), en 62,5 µg/kg (YTX's). Deze resultaten laten zien dat de concentraties van deze toxines in de onderzochte kreeften onder de detecteerbare niveaus lagen.

3.4 Enquête

De 5 kreeftenvissers die de enquête hebben ingevuld, opereren in vijf verschillende gebieden verspreid over de Oosterschelde (Figuur 1).



Figuur 1 Overzicht visgebieden in de Oosterschelde van deelnemers vragenlijst kreeftensterfte. 1. Schelphoek, 2. Sophiahaven, 3. Zeelandbrug/Zierikzee, 4. Goese Sas, 5. Bruinisse

Het algemene beeld uit de enquête is dat aan het begin van het kreeftenseizoen in 2024 op alle vijf locaties aanzienlijk minder maatse kreeften werden gevangen - kreeften die groot genoeg zijn voor de verkoop. Op vier van de vijf locaties werd ook gerapporteerd dat er minder ondermaatse kreeften en kreeften met eieren (zaadkreeften) werden waargenomen. Op de vijfde locatie werd geen duidelijk verschil met voorgaande jaren geconstateerd, Tabel 2 geeft een overzicht.

Naast veranderingen in de kreeftenvangsten observeerden vissers in 2024 ook veranderingen in bijvangst van andere soorten vergeleken met 2023 (Tabel 3). Opvallend is dat in drie gebieden wordt gerapporteerd dat er weinig krab (*Brayura*) wordt gevangen. Fluwelen zwemkrab (*Necora puber*) lijkt hier op een uitzondering. In de twee gebieden ten westen van de Zeelandbrug worden meer bijvangsten van congeraal (*Conger conger*) en gewone zeekat (*Sepia officinalis*) gerapporteerd.

Vissers werden ook gevraagd of zij dode of slappe kreeften in hun vistuigen aantreffen en of dit anders was vergeleken met 2023 (Tabel 4). Vier van de vijf vissers merkten op dat dit voornamelijk bij maatse kreeften voorkwam, terwijl één visser aangaf dat het verschijnsel in alle grootteklassen zichtbaar was. Eén visser meldde bovendien al in 2023 dode en zwakke kreeften te hebben gevangen in gebied Goese Sas. De vissers observeerden ook dat in deelgebied Bruinisse de vangsten van slappe en zwakke kreeften in de periode medio maart tot eind april afnamen. Voor Goese Sas, Schelphoek en Sophiahaven bleef dit hetzelfde. Voor het gebied Zeelandbrug/Zierikzee kon de respondent dit niet beoordelen.

Tabel 2 Kwalitatieve beoordeling ontwikkeling in kreeften vangsten in vijf deelgebieden periode media maart-april 2024 ten opzichte van medio maart – medio juli 2023.

	Bruinisse	Goese Sas	Schelphoek	Sophiahaven	Zeelandbrug / ZZ
Maats	Veel minder	Veel minder	Veel minder	Veel minder	Veel minder

Ondermaats	Ongeveer hetzelfde	Veel minder	Minder	Minder	Veel minder
Zaadkreeft	Ongeveer hetzelfde	Veel minder	Minder	Minder	Veel minder

Tabel 3 Kwalitatieve beoordeling ontwikkeling bijvangsten in vijf deelgebieden periode media maart-april 2024 ten opzichte van medio maart – medio juli 2023.

	Observaties
Bruinisse	Weinig krabben Weinig leven
Goese Sas	Meer fluweelkrabben
Schelphoek	Weinig krabben Meer congeraal en sepia
Sophiahaven	Weinig krabben Meer congeraal en sepia
Zeelandbrug/ZZ	-

Tabel 4 Kwalitatieve beoordeling ontwikkeling bijvangsten in vijf deelgebieden periode media maart-april 2024 ten opzichte van medio maart – medio juli 2023.

	Dode 2023	Dode 2024	Dode 2024	Slap/ zwak 2023	Slap/ zwak 2024	Slap/ Zwak 2024
Bruinisse	-	Nee	-	Nee	Ja	Vooral maats
Goese Sas	Ja	Ja, veel meer	Vooral maats	Ja	Ja, veel meer	Vooral maats
Schelphoek	-	Nee	-	Weet niet meer	Ja	Vooral maats
Sophiahaven	-	Nee	-	Weet niet meer	Ja	Vooral maats
Zeelandbrug/ZZ	-	Nee	-	Nee	Ja	Alle maten

In Tabel 5 is een overzicht opgenomen van de uiterlijke en gedragskenmerken van verzwakte kreeften die door de vissers zijn opgemerkt. Twee vissers gaven bovendien aan dat de kreeften anders aanvoelden: ze leken levenloos of lichter van gewicht.

Tabel 5 Overzicht van door vissers geselecteerde uiterlijke en gedragskenmerken van verzwakte kreeften. Meerkeuzevragen 14 (kenmerken) en 26 (gedrag) in enquête (Bijlage 2), meerdere antwoorden mogelijk. Kenmerken die niet werden geselecteerd: Kopschild: schade, Kopschild: abnormale groei; Staart: (witte) puntjes of spikkels, Staart: beschadigingen; Buik: verkleurd (bijv. roze/rood); Poten: schimmels of oppervlakte aangroei/aantasting.

Uiterlijke kenmerken	Aantal keer genoemd	Gedragskenmerken	Aantal keer genoemd
Aangroei op kreeft	3	Erg rustig, niet agressief	3
Vlees: weinig vlees	2	Scharen bewegen niet	2
Kopschild: puntjes, spikkels	1	Ze lopen niet	1
Kopschild: bloedingen	1	Anders: laten scharen hangen, laten staart hangen. weinig reactie. geen geklapper met de staart	1
Parasieten op kreeft	1	-	-
Voelen levenloos aan	1	-	-

In de enquête werd ook de vraag gesteld welke oorzaken voor de sterfte volgens de vissers het meest voor de hand liggen. Ook hier konden zij meerdere meerkeuzeantwoorden selecteren (Bijlage 2, vraag 28). Het vaakst genoemd werden ziektes (3) en zware metalen (staalslakken) (3), gevolgd door veranderingen in het zoutgehalte van het water (2). Veranderingen in de zuurgraad van het water, toxines door zware metalen en gifstoffen vanaf land werden ieder één keer geselecteerd. Bij 'anders' vulde één respondent in 'afval drugslab Burgh-Sluis'.

Tenslotte kregen de vissers de (open) vraag voorgelegd of zij nog andere veranderingen in de Oosterschelde hebben opgemerkt. Hier werden genoemd:

- waterkwaliteit: troebel en stinkend;
- veranderingen door aanleg door windparken waardoor er risico ontstaat voor schadelijke algen of diertjes;
- stijging van de gemiddelde watertemperatuur;
- zaadkreeften dragen minder zaad;
- veel meer zeehonden, wat schade aan fuiken oplevert;
- geen bruinvissen meer waargenomen bij Bruinisse.

4 Discussie en conclusies

4.1 Ziekteverwekkers

Onderzoek naar ziekteverwekkers en parasieten van de Europese zeekeeft (*Homarus gammarus*) is relatief beperkt, vooral in vergelijking met de Amerikaanse zeekeeft (*Homarus americanus*) (zie ook de review van Davies & Wootton, 2018). Een van de bekendste ziekteverwekkers bij Europese kreeften is de bacterie *Aerococcus viridans*, verantwoordelijk voor Gaffkemia, een ziekte die snel dodelijk kan zijn (Stewart et al., 1969). Een andere veelvoorkomende parasiet is de roeipootkeeft *Nicothoe astaci*, die zich aan de kieuwen van kreeften hecht. Hoewel deze parasiet meestal niet dodelijk is, kan hij ademhalingsproblemen veroorzaken (Davies et al., 2014).

Daarnaast lijden kreeften vaak aan "shell disease syndrome (SDS)", een aandoening waarbij het exoskelet wordt aangetast. Dit is een algemene term voor ziekten die het exoskelet van kreeften en andere schaaldieren aantasten (Rowley & Coates, 2023). Het verwijst naar een groep aandoeningen waarbij bacteriën, schimmels of andere pathogenen het exoskelet aanvallen, wat leidt tot erosie of beschadiging. Een voorbeeld van een schaal aantastende ziekte is Epizootic Shell Disease (ESD), die grote schade heeft toegebracht aan kreeftenpopulaties aan de oostkust van de Verenigde Staten. Hoewel ESD tot nu toe voornamelijk Amerikaanse kreeften treft, vormt het een potentiële bedreiging voor de Europese kreeft. Een andere parasitaire bedreiging is de watermijtachtige schimmel *Haliphthoros milfordensis*, die infecties kan veroorzaken bij verschillende schaaldieren, inclusief kreeften (Fisher et al., 1975).

Opkomende ziekteverwekkers, zoals het White Spot Syndrome Virus (WSSV), vormen een groeiend risico. Dit virus staat bekend om massale sterfte bij garnalen (Sánchez-Paz, 2010), maar is ook gedetecteerd bij kreeften en andere schaaldieren. Daarnaast is er de verspreiding van *Microsporidia*, intracellulaire parasieten die schade kunnen veroorzaken aan schaaldieren.

Uit het huidige onderzoek zijn geen aanwijzingen naar voren gekomen voor de aanwezigheid van ziekteverwekkers zoals virussen, bacteriën of parasieten. Zowel histologisch als moleculair onderzoek toonde geen tekenen van infecties. Opmerkelijk is dat de kreeften bij aankomst in het laboratorium normaal gedrag en activiteit vertoonden, in tegenstelling tot de lethargie die eerder bij zieke kreeften was waargenomen. Dit herstel werd ook gezien bij kreeften in de doorstroombakken van WMR in Yerseke en bij kreeften die door vissers langer werden bewaard.

Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de kreeften herstelden tegen het einde van de sterfteperiode. De onderzochte kreeften kunnen daardoor overlevers zijn geweest, wat het moeilijker maakte om eventuele ziekteverwekkers te detecteren. Dit suggereert dat de sterftepiek wellicht al voorbij was op het moment van bemonstering, wat kan hebben bijgedragen aan het uitblijven van detectie van pathogenen.

4.2 Zware metalen

Schaaldieren, zoals kreeften, zijn door hun benthische levensstijl gevoelig voor vervuiling door zware metalen in aquatische ecosystemen. Dit komt doordat kreeften direct in contact staan met sedimenten, waar zware metalen zich vaak ophopen (Waqas et al., 2024). Uit de analyse van 50 verschillende elementen in dit onderzoek bleken er 15 meetbaar te zijn in (een deel van) de kreeften uit de Oosterschelde en het Grevelingenmeer. Twee van deze elementen, chroom en lithium, werden alleen in een deel van de Oosterschelde kreeften aangetoond en in geen enkele kreeft uit het Grevelingenmeer. De aangetoonde chroom en lithium gehalten in de Oosterscheldekreeften lagen net boven de kwantificeringslimiet, dus in hoeverre deze gehalten ook daadwerkelijk hoger waren dan in de kreeften uit het Grevelingenmeer, of in hoeverre hier sprake is van toeval door een kleine set monsters, is niet te bepalen.

Koper, kwik en magnesium waren in hogere gehalten aanwezig in de kreeften uit het Grevelingenmeer dan in die uit de Oosterschelde. Omdat deze verhoogde gehalten niet geassocieerd lijken te zijn met sterfte in het Grevelingenmeer, suggereren de bevindingen dat zware metalen waarschijnlijk geen directe oorzaak zijn van de kreeftensterfte in de Oosterschelde.

Er zijn regelmatig zorgen geuit over het potentiële effect van het storten van staalslakken in de Oosterschelde en de mogelijke uitloging van zware metalen zoals vanadium en chroom (Wijsman et al., 2024). In dit onderzoek kon echter geen oorzakelijk verband worden bevestigd tussen het gebruik van staalslakken en verhoogde concentraties zware metalen in kreeften uit de Oosterschelde. Deze bevindingen komen overeen met eerdere studies (Foekema et al., 2016; Wijsman et al., 2024), waaronder een onderzoek uit 2015 (Tangelder et al., 2015) waarbij de gehalten aan zware metalen in kreeften uit de Oosterschelde werden vergeleken tussen locaties waar recentelijk staalslakken en breukstenen waren gestort en locaties met oudere bestortingen. In die studie kon evenmin een duidelijke relatie worden aangetoond tussen het gebruik van staalslakken en verhoogde concentraties zware metalen in de kreeftenpopulaties, één van de zorgen die kreeftenvissers hebben en die in de enquête ook als één van de belangrijkste mogelijke sterfteoorzaken naar voren kwam.

4.3 Toxines

Uit de toxine-analyse bleek dat er geen cylindrospermopsines, TTX of DST's werden gedetecteerd. Deze resultaten suggereren dat deze toxines op dit moment geen significante rol spelen in de kreeftensterfte die is waargenomen. Cylindrospermopsine is een toxine dat voornamelijk door cyanobacteriën wordt geproduceerd en schadelijk kan zijn voor zowel dieren als mensen bij consumptie. TTX, dat meestal wordt geassocieerd met kogelvissen en enkele andere zeeorganismen, is een neurotoxine dat verlammingen kan veroorzaken. Hoewel TTX regelmatig wordt aangetroffen in mosselen en oesters in de Oosterschelde, wijst deze studie erop dat het waarschijnlijk geen belangrijke factor is in de huidige kreeftensterfte. TTX verschijnt meestal in vaste periodes, midden juni, en blijft dan enkele weken tot maanden aanwezig. Dit komt niet overeen met het moment van monstername, wat verder suggereert dat TTX, een snelwerkend toxine, waarschijnlijk niet betrokken is geweest bij de sterfte. De afwezigheid van DST's is eveneens een belangrijke bevinding, aangezien deze toxines, geproduceerd door dinoflagellaten, ernstige gezondheidsproblemen kunnen veroorzaken bij consumptie van besmette schaaldieren.

4.4 Enquête

Uit de enquête onder kreeftenvissers blijkt dat in 2024 op alle vijf de onderzochte locaties minder maatse kreeften werden gevangen in vergelijking met voorgaande jaren. Daarnaast werd op vier van de vijf locaties ook een daling van ondermaatse kreeften en zaadkreeften gerapporteerd. De vissers gaven verder aan dat ze op alle locaties verzwakte kreeften aantroffen, voornamelijk onder de maatse kreeften. Een visser meldde dat hij al in 2023 zwakke en dode kreeften had gevangen. De observaties van de vissers ondersteunen de zorgen over de verzwakte dieren en de afname van de kreeftenpopulatie.

Daarnaast namen de vissers in 2024 minder krabben waar, met uitzondering van de fluwelen zwemkrab. Krabben behoren net als kreeften tot de familie van schaaldieren. In het vervolgonderzoek naar de sterfte is aan te bevelen ook krabben mee te nemen, mede gelet op eerdere massale sterfte in Engeland (zie sectie 4.5). De enquête heeft ook waardevolle inzichten opgeleverd over de uiterlijke kenmerken en gedrag van zieke en kreeften (Tabel 5). Dit kunnen belangrijke aanknopingspunten zijn in de zoektocht naar de oorzaken van de sterfte.

4.5 Massale sterfte in Engeland

In 2021 werd een enigszins vergelijkbare massale sterfte onder kreeften als in de Oosterschelde waargenomen in Engeland. Tussen oktober en december van dat jaar spoelden ongewoon grote aantallen

dode en stervende krabben en kreeften aan langs delen van de noordoostkust van Engeland. De dieren vertoonden symptomen zoals ongecontroleerde "trekkingen" en lethargie. Dit leidde tot een diepgaand onderzoek door het Crustacean Mortality Expert Panel (CMEP, 2023), dat mogelijke oorzaken onderzocht, waaronder ziekteverwekkers, milieuvervuiling en natuurlijke verschijnselen zoals algenbloei. Uitgebreide testen op virussen, bacteriën en parasieten gaven geen aanwijzingen voor een bekende ziekteverwekker als oorzaak van de sterfte.

Een andere mogelijke oorzaak die werd onderzocht was de aanwezigheid van pyridine. De stad Teesside, waar de dode krabben en kreeften werden aangetroffen, heeft een lange geschiedenis van industriële activiteiten, waaronder de productie van giftige chemische stoffen zoals pyridine, dat giftig is voor krabben bij concentraties van ongeveer 10 mg/liter. Metingen van zeewater door het Milieuagentschap en de Universiteit van York, ook tijdens de sterfteperiode, detecteerden echter geen pyridine. Daarnaast toonden modelleringen van pyridineverspreiding aan dat de concentraties ver onder de dodelijke niveaus voor krabben bleven. Het onderzoeksteam concludeerde daarom dat het zeer onwaarschijnlijk was dat pyridine de oorzaak was van de schaaldiersterfte.

Daarnaast werden natuurlijke factoren, zoals een ongewoon sterke algenbloei, overwogen. Tests toonden echter aan dat toxines van deze algen niet in significante hoeveelheden aanwezig waren. Het onderzoek in Engeland kon dus geen duidelijke enkele oorzaak identificeren voor de ongebruikelijke sterfte van schaaldieren. Het onderzoeksteam beschouwd een nieuw pathogeen als de meest waarschijnlijke oorzaak van de sterfte (ondanks het gebrek aan direct bewijs), omdat dit zowel de waargenomen spiertrekkingen als de langdurige sterfte, vooral in de wintermaanden, zou kunnen verklaren.

4.6 Conclusie

Het verkennende onderzoek naar de oorzaak van de kreeftensterfte in de Oosterschelde heeft geen duidelijke oorzakelijke factoren opgeleverd. Zowel histologisch als moleculair onderzoek wees niet op de aanwezigheid van ziekteverwekkers. Ook de analyses van toxines en zware metalen leverden geen abnormale waarden op in de Oosterschelde ten opzichte van het Grevelingenmeer die de sterfte zouden kunnen verklaren.

4.7 Aanbevelingen

De afname van de genetisch unieke kreeftenpopulatie in de Oosterschelde, in combinatie met de waarnemingen van verzwakte kreeften, is een grote bron van zorg. Om de oorzaken van de sterfte beter te begrijpen, is aanvullend onderzoek nodig naar factoren die mogelijk nog onvoldoende zijn onderzocht. Dit kan onder meer onbekende ziekteverwekkers omvatten, evenals de invloed van omgevingsveranderingen, zoals veranderingen in waterkwaliteit, temperatuur, zuurstofniveaus en de aanwezigheid van verontreinigingen die mogelijk nog niet zijn geïdentificeerd. De volgende aanbevelingen kunnen helpen om verdere inzichten te verkrijgen:

Monitoren veranderingen in kreeftenbestand en populatiedynamiek

Om inzicht te krijgen in wanneer de sterfte optreedt, hoe deze de populatiedynamiek beïnvloedt, en of deze te linken is aan veranderingen in de omgeving is een gedetailleerde monitoring van het kreeftenbestand van groot belang. Door veranderingen in populatie-aantallen, leeftijdsopbouw en sterfjepatronen nauwkeurig te volgen op verschillende locaties in de Oosterschelde, kan men mogelijk de invloed van uiteenlopende omgevingsfactoren en stressoren beter begrijpen. Het verzamelen van dergelijke gegevens op lange termijn kan namelijk waardevolle inzichten opleveren over seizoensgebonden en jaarrond veranderingen, die weer in verband kunnen worden gebracht met factoren zoals vervuiling, temperatuurvariaties en de beschikbaarheid van voedselbronnen of schuilplaatsen.

Screening op onbekende ziekteverwekkers

Uitgebreidere moleculaire en microbiologische analyses zijn essentieel om mogelijke nieuwe of tot nu toe onopgemerkte pathogenen te identificeren. Het is belangrijk om deze analyses uit te voeren bij kreeften die abnormaal gedrag vertonen, zoals lethargie of andere tekenen van ziekte. Specifieke monsters kunnen worden genomen van kreeften uit sterftegebieden en worden vergeleken met kreeften uit niet-sterfte gebieden om ziekteverwekkers te detecteren die anders onopgemerkt blijven.

Impact van omgevingsveranderingen

Het is belangrijk om te onderzoeken hoe opeenvolgende veranderingen in het ecosysteem bijdragen aan de kreeftensterfte. Factoren zoals het storten van vervuילend materiaal, de opwarming van het water door klimaatverandering en visserijdruk kunnen cumulatief een negatieve impact hebben. Monitoring van verschillende stressfactoren in combinatie met het in kaart brengen van sterfte kunnen inzicht bieden in de regionale verschillen en risicofactoren.

Waterkwaliteit en vervuiling van sediment

Een analyse van de waterkwaliteit en de bodem is belangrijk, aangezien kreeften hun leven doorbrengen op de bodem van het ecosysteem en daardoor direct worden blootgesteld aan verontreinigingen die zich in sediment ophopen. Parameters zoals zware metalen, toxines en andere verontreinigende stoffen zouden regelmatig gemonitord kunnen worden, zowel in sterfte- als in niet-sterftegebieden.

Experimentele studies naar stressfactoren

Experimentele studies met gecontroleerde variaties in omgevingsfactoren, zoals temperatuur, verontreiniging en zuurstofgebrek, kunnen helpen om de directe effecten van specifieke stressoren op de gezondheid en sterfte van kreeften beter te begrijpen.

Samenwerking met vissers

De vangstgegevens en observaties van vissers vormen een waardevolle bron van informatie. Het is van belang om deze gegevens systematisch te verzamelen en te analyseren om trends in vangst, gedrag en de gezondheid van kreeften beter te begrijpen. Door nauw samen te werken met vissers kan men ook tijdig patronen van sterfte identificeren en snel reageren op veranderingen in de kreeftenpopulatie.

Internationale samenwerking

Het onderzoek naar de Europese zeekeeft is tot nu toe relatief beperkt, met name op het gebied van ziekteverwekkers en toxines. Hoewel er soms gevallen van massale sterfte optreden, worden deze niet altijd gedocumenteerd in de wetenschappelijke literatuur. Het opzetten van een internationaal netwerk kan kennisdeling bevorderen en maakt het mogelijk om vergelijkingen te maken met soortgelijke situaties in andere regio's. Door internationaal onderzoek te vergelijken naar de aanwezigheid van ziekteverwekkers, de concentraties van zware metalen en bepaalde toxines in verschillende leefgebieden, kan men een beter beeld krijgen van wat als "normaal" beschouwd kan worden voor gezonde kreeftenpopulaties. Dit netwerk biedt tevens toegang tot een bredere expertise en kan zorgen voor snellere identificatie van mogelijke oorzaken van sterfte, waardoor vroegtijdige interventies beter mogelijk worden.

5 Referenties

- Crustacean Mortality Expert Panel (CMEP). (2023). *Independent Expert Assessment of Unusual Crustacean Mortality in the North-east of England in 2021 and 2022*. Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/assessment-of-unusual-crustacean-mortality-in-the-north-east-of-england-in-2021-and-2022>
- Davies, C. E., Thomas, G. R., Maffei, T. G. G., Wootton, E. C., Penny, M. W., & Rowley, A. F. (2014). Detailed surface morphology of the "lobster louse" copepod, *Nicothoe astaci*, a haematophagous gill parasite of the European lobster, *Homarus gammarus*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 122(August 2011), 48–51.
- Ellis, C. D., Josephine, R. P., Jenkins, T. L., Stralen, M. R. Van, Steins, N. A., Sc, J., & St, J. R. (2024). *Genetic divergence and adaptation of an isolated European lobster population in the Netherlands*. 0(0), 1–14.
- Fisher, W. S., Nilson, E. H., & Shleser, R. A. (1975). Effect of the fungus *Haliphthoros milfordensis* on the juvenile stages of the American lobster *Homarus americanus*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 26(1), 41–45.
- Foekema, A. E. M., Sonneveld, C., Hoornsman, G., & Blanco, A. (2016). *Uitloging en effecten van metalen uit staalslakken beoordeeld in mesocosms*. IMARES Rapport C063/16.
- Rowley, A. F., & Coates, C. J. (2023). Shell disease syndromes of decapod crustaceans. *Environmental Microbiology*, 25(5), 931–947.
- Sánchez-Paz, A. (2010). White spot syndrome virus: An overview on an emergent concern. *Veterinary Research*, 41(6).
- Stewart, J. E., Arie, B., Zwicker, B. M., & Dingle, J. R. (1969). Gaffkemia, a bacterial disease of the lobster, *Homarus americanus*: effects of the pathogen, *Gaffkya homari*, on the physiology of the host. *Canadian Journal of Microbiology*, 15(8), 925–932.
- Tangelder, M., Goudswaard, P. C., & Es, Y. van. (2015). *Bepaling zware metalen in kreeften op nieuwe vooroevers in de Oosterschelde*. Retrieved from <https://edepot.wur.nl/335041>
- Waqas, W., Yuan, Y., Ali, S., Zhang, M., Shafiq, M., Ali, W., ... Ma, H. (2024). Toxic effects of heavy metals on crustaceans and associated health risks in humans: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 22(3), 1391–1411.
- Wijnsman, J. W. M., Foekema, E. M., & van den Heuvel-Greve, M. J. (2024). *Uitloging LD-staalslakken: Overzicht bestaande kennis van de effecten bij toepassing in de Ooster- en Westerschelde*. Wageningen University & Research rapport C025/24.

6 Bijlage 1: Elementenlijst

Lijst van 50 elementen waarop de kreeften zijn getest. Waar relevant zijn ook de onderste of bovenste kwantificeringslimieten (in mg/kg) gegeven.

Symbol	Element	Onderste kwantificeringsgrens	Bovenste kwantificeringsgrens	Symbol	Element	Onderste kwantificeringsgrens	Bovenste kwantificeringsgrens
Li	Lithium	0,03		In	Indium	0,03	
Be	Beryllium	0,03		Sb	Antimoon	0,1	
Na	Natrium		2500	Te	Telluur	0,03	
Mg	Magnesium			Cs	Cesium	0,03	
P	Fosfor		2500	Ba	Barium	0,03	
Sc	Scandium	0,03		La	Lanthaan	0,03	
Ti	Titanium			Ce	Cerium	0,03	
V	Vanadium	0,03		Pr	Praseodymium	0,03	
Cr	Chroom	0,03		Nd	Neodymium	0,03	
Mn	Mangaan			Sm	Samarium	0,03	
Fe	IJzer			Eu	Europium	0,03	
Co	Kobalt	0,03		Tb	Terbium	0,03	
Ni	Nikkel	0,1		Dy	Dysprosium	0,03	
Cu	Koper			Ho	Holmium	0,03	
Zn	Zink			Er	Erbium	0,03	
Ga	Gallium	0,03		Tm	Thulium	0,03	
Ge	Germanium	0,03		Yb	Ytterbium	0,03	
As	Arseen	0,03		Lu	Lutetium	0,03	
Rb	Rubidium			W	Wolfraam	0,03	
Sr	Strontium			Re	Renium	0,03	
Y	Yttrium	0,03		Hg	Kwik		
Zr	Zirkonium	0,1		Tl	Thallium	0,03	
Mo	Molybdeen	0,03		Pb	Lood	0,03	
Cd	Cadmium	0,03		Bi	Bismut	0,03	
U	Uranium	0,03		Th	Thorium	0,15	

7 Bijlage 2: Vragenlijst kreeftenvissers

Hieronder de vragenlijst zoals online is uitgezet onder de kreeftenvissers.

Wat is er aan de hand met de kreeften in de Oosterschelde? Wij zijn bezig met onderzoek naar de oorzaken. Op dit moment worden zwakke kreeften (Oosterschelde) en gezonde (Grevelingen) onderzocht. We kijken naar ziektes, toxines en zware metalen (inclusief vanadium uit staalslakken). Ook werken we samen met de onderzoekers die naar sterfte van mosselen en tapijtschelpen kijken. Het achterhalen van de oorzaak of oorzaken zal niet makkelijk zijn. De kans is dat het om een combinatie van factoren gaat. Bij ons onderzoek is de hulp van kreeftenvissers enorm welkom. Waarnemingen uit de visserijpraktijk zullen ons helpen bij de zoektocht naar de oorzaken. We hebben daarom deze vragenlijst opgesteld die we naar alle kreeftenvissers die op de Oosterschelde vissen hebben gestuurd.

We vragen u om deze vragenlijst **uiterlijk dinsdag 7 mei** in te vullen. Invullen kost ongeveer 15 minuten. De vragenlijst bestaat voor het grootste deel uit meerkeuzevragen. U selecteert het antwoord dat voor u van toepassing is. Soms kunt u ook meerdere antwoorden kiezen. De vragenlijst is opgedeeld in onderdelen. Aan het einde van ieder onderdeel zie u een groene knop 'Next'. door hier op te klikken gaat u door naar de volgende vraag. Als u de laatste vraag hebt ingevuld, ziet u een groene knop 'Submit'. Door hier op te klikken wordt de vragenlijst ingezonden.

De vragenlijst is anoniem. Resultaten worden zo gepresenteerd dat zij niet naar individuele vissers kunnen worden teruggeleid. Alle antwoorden worden op een beveiligde locatie opgeslagen.

Heeft u vragen, dan kunt u contact opnemen met Nathalie Steins (telefoonnummer; verwijderd hier verwijderd) of Jildou Schotanus (telefoonnummer; hier verwijderd) van Wageningen Marine Research in Yerseke.

1. Ik heb de bovenstaande informatie gelezen. Ik ga akkoord met het verwerken en gebruik van mijn anonieme antwoorden voor het onderzoek naar kreeftensterfte.

Akkoord

Niet akkoord (u hoeft geen verdere vragen meer in te vullen).

Als eerste krijgt u een paar vragen over uw belangrijkste visgebied en uw vangsten.

2. In welke gebied in de Oosterschelde heeft u de meeste lijnen uitstaan? (bijvoorbeeld: Goese Sas, Kats, Ouwerkerk, noordzijde Zeelandbrug, etc.)

.....

3. Vink aan wat van toepassing is. Vergelijken met vorig visseizoen zijn de vangsten van **maatse** kreeft in het gebied waar mijn meeste lijnen uitstaan:

- Veel minder
- Minder
- Ongeveer hetzelfde
- Meer
- Veel meer
- Weet ik niet meer

4. Vink aan wat van toepassing is. Vergelijken met vorig visseizoen zijn de vangsten van **kleine, ondermaatse** kreeft in het gebied waar mijn meeste lijnen uitstaan:

- Veel minder
- Minder
- Ongeveer hetzelfde
- Meer
- Veel meer
- Weet ik niet meer

5. Vink aan wat van toepassing is. Vergelijken met vorig visseizoen zijn de vangsten van **kreeft met zaad** in het gebied waar mijn meeste lijnen uitstaan:

- Veel minder
- Minder
- Ongeveer hetzelfde

-
- Meer
 - Veel meer
 - Weet ik niet meer

6. Ziet u vergeleken met vorig jaar, veranderingen in de andere vangsten die in uw kreeftentruigen terechtkomen?

- Ja > naar volgende
- Nee > ga door naar dode

7. U ziet veranderingen in andere vangsten in uw kreeftenvistuigen. Kunt u hieronder beschrijven wat de belangrijkste veranderingen zijn?

We hebben nu een aantal vragen over dode en over zwakke/slappe kreeften. De eerste set vragen gaan over dode kreeften. Daarna komen er vragen over zwakke/slappe kreeften.

8. Vink aan wat van toepassing is. In het gebied waar mijn meeste lijnen uitstaan is er sprake van kreeftensterfte (**dode kreeften** in de vistuigen).

- Ja > door naar volgende
- Nee > door naar de vraag over slappe/zwakke kreeft

9. Zag u vorig jaar (kreeftenseizoen 2023) ook al **dode kreeften** in uw het gebied waar uw meeste lijnen uitstaan?

- Ja > ga door naar 3
- Nee > sla de volgende over
- Weet ik niet meer > sla de volgende over

10. Vorig jaar zag u ook **dode kreeften** in het gebied waar uw meeste lijnen uitstaan. Kruis aan wat van toepassing is. Vergeleken met vorig jaar is de sterfte in mijn belangrijkste visgebied:

- Veel minder
- Minder
- Ongeveer hetzelfde
- Meer
- Veel meer
- Weet ik niet meer

11. De **dode kreeften** in mijn vistuigen zijn vooral:

- Maatse kreeften
- Ondermaatse kreeften
- Maakt niet uit

12. Het geslacht van de **dode kreeften** in mijn vistuigen is vooral:

- Mannetjes
- Vrouwtjes
- Kan ik niet zeggen

13. Selecteer wat van toepassing is. De sterfte van kreeften in het gebied waar mijn meeste vislijnen staan is sinds de start van dit visseizoen:

- Afnemen
- Toegenomen
- Ongeveer hetzelfde gebleven
- Kan ik niet zeggen

14. Hieronder staat een lijstje met uiterlijke kenmerken die zieke kreeften kunnen hebben. Kunt u aankruisen welke van deze kenmerken u ziet bij **dode kreeften**:

- Kopschild: schade
- Kopschild: bloedingen
- Kopschild: abnormale groei
- Kopschild: (witte) puntjes of spikkels
- Staart: (witte) puntjes of spikkels
- Staart: beschadigingen
- Buik: verkleurd, bijvoorbeeld roze/rood
- Vlees: weinig vlees
- Schimmels / aantasting
- Aangroei op de kreeft, zoals pokken
- Parasieten op de kreeft
- Ik zie (ook) iets anders, namelijk

15. Hieronder kunt u, als u dat wilt, een verdere toelichting geven op uw observaties over de uiterlijke kenmerken van de **dode kreeften**. (optioneel).

Dank u wel voor uw antwoorden tot nu toe. We gaan nu verder met de vragen over **zwakke/slappe kreeften**.

16. Selecteer wat van toepassing is. In het gebied waar mijn meeste lijnen uitstaan vind ik **zwakke/slappe** kreeften in de vangst

- Ja > door naar volgende
- Nee > door naar laatste

17. Zag u vorig jaar (kreeftenseizoen 2023) ook al **zwakke/slappe** kreeften in het gebied waar uw meeste lijnen uitstaan?

- Ja > ga door naar volgende
- Nee > sla volgende over
- Weet ik niet meer > sla volgende over

18. Vorig jaar zag u ook **zwakke/slappe** kreeften in het gebied waar uw meeste lijnen uitstaan. Kruis aan wat van toepassing is. Vergeleken met vorig jaar is de sterfte in mijn belangrijkste visgebied:

- Veel minder
- Minder
- Ongeveer hetzelfde
- Meer
- Veel meer
- Weet ik niet meer

19. De **zwakke/slappe** kreeften in mijn vistuigen zijn vooral:

- Maatse kreeften
- Ondermaatse kreeften
- Maakt niet uit

20. Het geslacht van de **zwakke/slappe** in mijn vistuigen is vooral:

- Mannetjes
- Vrouwtjes
- Kan ik niet zeggen

21. Selecteer wat van toepassing is. De aanwezigheid van **slappe/zwakke** kreeften in het gebied waar mijn meeste vislijnen staan is sinds de start van dit visseizoen:

- Afgenomen
- Toegenomen
- Ongeveer hetzelfde gebleven
- Kan ik niet zeggen

22. Hieronder staat een lijstje met uiterlijke kenmerken die **zwakke/slappe** kreeften kunnen hebben. Kunt u aankruisen welke van deze kenmerken u ziet bij zieke/zwakke kreeften:

- Kopschild: schade
- Kopschild: bloedingen
- Kopschild: abnormale groei
- Kopschild: (witte) puntjes of spikkels
- Staart: (witte) puntjes of spikkels
- Staart: beschadigingen
- Buik: verkleurd, bijvoorbeeld roze/rood
- Vlees: weinig vlees
- Poten, schimmels of oppervlakte aangroei / aantasting
- Aangroei op de kreeft, zoals pokken
- Parasieten op de kreeft
- Ik zie (ook) iets anders, namelijk

23. Hieronder kunt u, als u dat wilt, een verdere toelichting geven op uw observaties over de uiterlijke kenmerken van de **zwakke/slappe kreeften**. (optioneel)

U bent bijna aan het einde van de vragenlijst. We hebben nog een paar vragen over zwakke/slappe kreeften.

24. Voelen de zwakke/slappe kreeften anders aan dan gezonde kreeften?

- Ja > naar volgende

-
- Nee > naar vraag gedrag
 - Weet ik niet > naar vraag gedrag

25. U gaf aan dat de **zwakke/slappe** kreeften anders aanvoelen dan gezonde kreeften. Kunt u beschrijven hoe de **zwakke/slappe** kreeften aanvoelen?

26. Welk gedrag vertonen de **zwakke/slappe** kreeften?

- Ze lopen niet
- Scharen bewegen niet
- Ze zijn erg rustig, ze zijn niet agressief
- Anders, namelijk

27. Als u meer informatie heeft over het gedrag van **zwakke/slappe** kreeften, dan kunt u dit hieronder toelichten. (optioneel)

Nu volgen de laatste drie vragen.

28. Wat zijn volgens u de drie meest voor de hand liggende oorzaken van de kreeftensterfte? (max 3 antwoorden mogelijk)

- Ziektes
- Toxines veroorzaakt door algen of andere giftige organismen (bijv. TTX)
- Zware metalen (inclusief staalslakken)
- Verontreinigingen (bijv. PFAS)
- Gifstoffen vanaf het land
- Veranderingen in de watertemperatuur
- Veranderingen in het zoutgehalte van het water
- Veranderingen in de zuurgraad (pH-waarde) van het water
- Anders, namelijk:

29. Zijn u het afgelopen 3 jaar andere veranderingen opgevallen in de Oosterschelde?

- Ja > naar volgende
- Nee > naar laatste
- Weet ik niet > naar laatste

30. Kunt u hieronder beschrijven welke andere opvallende veranderingen in de Oosterschelde u het afgelopen 3 jaar heeft gezien?

31. Hartelijk dank voor uw tijd. Mocht u nog iets kwijt willen over de kreeftensterfte of het onderzoek dat nog niet aan de orde is geweest, dan kunt u dit hieronder doen. (optioneel)

8 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV.

Verantwoording

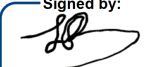
Rapport: C078/24

Projectnummer: 1247439801

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: L.J. Bouwman
Onderzoeker

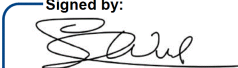
Handtekening:

Signed by:

750E960FFA334F7...

Datum: 5 december 2024

Akkoord: Dr. C.J. Wiebinga
Business Manager Projecten

Handtekening:

Signed by:

D41E9304A710493...

Datum: 5 december 2024

Wageningen Marine Research
T +31 (0)317 48 70 00
E marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Bezoekersadres:

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden



Wageningen Marine Research levert met kennis, onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en advies een wezenlijke bijdrage aan een duurzamer, zorgvuldiger beheer, gebruik en bescherming van de natuurlijke rijkdommen in zee-, kust- en zoetwatergebieden.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.