

# Het Duiken Gebruiken 5

Het bepalen van aantalsveranderingen van Zeekreeften in de Oosterschelde op basis van duikwaarnemingen gedaan in het kader van het Monitoringproject Onderwater Oever

Stichting ANEMOON

2023



Stichting ANEMOON

**Titel:** Het Duiken Gebruiken 5. Het bepalen van aantalsveranderingen van Zeekreeften in de Oosterschelde op basis van duikwaarnemingen gedaan in het kader van het Monitoringproject Onderwater Oever.

**Datum:** 8-10-2023

**Foto op kft:** Europese zeekreeft bij de Zeelandbrug - Marion Haarsma  
**Projectnaam:** ZEEKREEFT-1  
**Rapportage:** Arco van Strien & Adriaan Gmelig Meyling  
**Eindredactie:** Inge van Lente

**Contactpersoon:** Adriaan Gmelig Meyling  
**E-mail contactpersoon:** anemoon@cistron.nl

**Opdracht:** Wageningen Marine Research  
**Contactpersonen:** Nathalie Steins & Jasper Bleijenberg  
Postbus 57  
1780 AB Den Helder

**Citatie:** Strien, A. & Gmelig Meyling, A.W. (2023). Het Duiken Gebruiken 5. Het bepalen van aantalsveranderingen van Zeekreeften in de Oosterschelde op basis van duikwaarnemingen gedaan in het kader van het Monitoringproject Onderwater Oever. Stichting ANEMOON, Lisse. 40 pp. 1 bijlage.



Dit project is mede-gefinancierd met een bijdrage uit het Europese Fonds voor Visserij en Maritieme Zaken

© 2023, Stichting ANEMOON. Niets uit deze uitgave mag worden veeleelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting ANEMOON.



**Stichting ANEMOON**

ANalyse Educatie en Marien Oecologisch ONderzoek  
Postbus 29, 2120 AA Bennebroek  
Tel: 06-11442009  
Kvk: 41226121  
BTW: NL 8016.68.165.B01  
E-mail: anemoon@cistron.nl  
Website (ANEMOON): [www.anemoon.org](http://www.anemoon.org)

# Inhoud

1. Inleiding.....	4
2. Data .....	5
3. Complicaties in de data .....	6
4. Aanpak van de complicaties .....	7
4.1 Ontbrekende waarden.....	7
4.2. Aantalsklassen .....	7
4.3. Beperkte standaardisatie van de tellingen.....	11
4.4. Bijstellen van de klassengrenzen ten behoeve van methode 4 .....	17
5. Tijdreeksen van de Zeekreeft t/m 2022.....	21
5.1. Uitbreiden van de dataset met gegevens van na 2018.....	21
5.2. Trends.....	21
5.3. Oosterschelde 1979-2022 .....	24
6. Vergelijkingen van jaar-op-jaar-patronen .....	25
6.1. Veranderingen in de manier van waarnemen .....	25
6.2. Vergelijking met patronen van andere soorten .....	26
6.3. Vergelijking van deelgebieden.....	27
7. Aantalsschatting Oosterschelde.....	29
8. Aanbevelingen.....	30
8.1. Uitbreiding model met beschikbare informatie.....	30
8.2. Uitbreiden van het model met complexere functie voor dagnummereffect.....	31
8.3. Bepalen van het gemiddelde onderzochte oppervlak .....	32
8.4. Aantal opgegeven Zeekreeften .....	33
8.5. Stratificatie en weging .....	33
8.6. Vergroten van de representativiteit.....	34
8.7. Implementatie van nieuwe methode overdragen aan CBS .....	34
8.8. Uitbreiding van de MOO-waarnemerscapaciteit .....	34
8.9. Geopperde maar niet haalbare ideeën.....	35
9. Conclusies.....	37
9.1. Methode.....	37
9.2. Aantalsontwikkelingen Zeekreeft.....	37
10. Literatuur .....	39

# 1. Inleiding

Het project LobStAR (Lobster Stock Assessment and Regulatory approaches) is een partnerschap van Wageningen Marine Research (WMR) en de kreeftenvissers in de Oosterschelde. Het doel is het gezamenlijk ontwikkelen van een innovatief kennisstelsel voor een bestandsschatting dat na afloop door de sector zelf kan worden voortgezet. Goede kennis over de ontwikkelingen in het kreeftenbestand in de Oosterschelde vormt de basis voor duurzaam beheer en de toekomst van deze visserij.

(<https://www.wur.nl/nl/project/lobstar-bestandsschatting-en-beheer-oosterscheldekreeft.htm>).

Omdat Stichting ANEMOON in het kader van het Monitoringproject Onderwater Oever (MOO) met sportduikers in de Oosterschelde al jarenlang waarnemingen verzamelt van de Zeekreeft is deze organisatie ook bij het project LobStAR betrokken. De werkzaamheden van ANEMOON binnen het LobStAR project zijn mede gefinancierd uit het Nederlands Operationeel programma van het Europese Fonds voor Maritieme Zaken en Visserij, Partnerschappen Wetenschap en Visserij.

WMR heeft ANEMOON gevraagd nader te onderzoeken of de MOO- waarnemingen gedaan door vrijwillige waarnemers bruikbaar kunnen zijn om:

1. De aantalsontwikkeling van deze soort te volgen
2. Het totale aantal dieren in de Oosterschelde te schatten

Door het uitvoeren van diverse statistische analyses komen we in deze rapportage stapsgewijs tot een methode om met MOO-gegevens relatieve veranderingen in aantallen te bepalen, waarbij middels statistische technieken wordt gecorrigeerd voor storende effecten (hoofdstuk 4). In hoofdstuk 5 worden de met deze methode berekende jaar-op-jaar-patronen en trends gegeven en kort besproken. In hoofdstuk 6 worden de voor de Zeekreeft berekende jaar-op-jaar-patronen vergeleken met die van andere soorten. Daarnaast worden de patronen van de Zeekreeft van verschillende deelgebieden met elkaar vergeleken, om na te gaan of er mogelijk overeenkomsten in de patronen zitten die wijzen op veranderingen in de manier van waarnemen.

In hoofdstuk 7 wordt ingegaan op de tweede doelstelling van dit onderzoek: het maken van een schatting van het aantal kreeften in de Oosterschelde en de complicaties die daarbij spelen. In hoofdstuk 8 worden aanbevelingen gedaan met betrekking tot verdere verbetering van de statistische methoden en de aspecten die daarbij een rol spelen. En tot slot worden in hoofdstuk 9 de conclusies kort samengevat.

## 2. Data

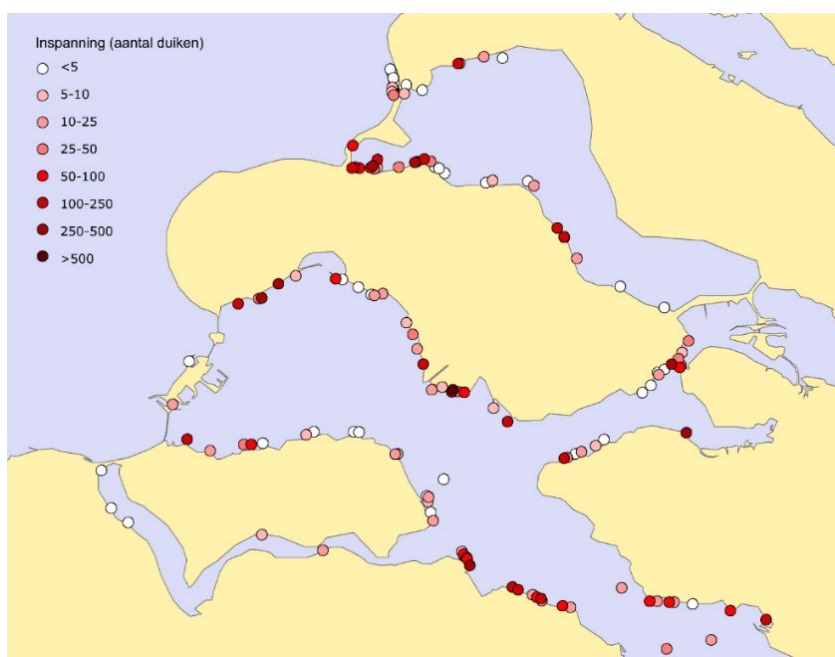
In het kader van het MOO noteren duikers de soorten die ze hebben waargenomen gedurende hun duiken in de Oosterschelde, het Grevelingenmeer en de Noordzee. ANEMOON vraagt de vrijwillige deelnemers daarbij om zoveel mogelijk op bepaalde soorten te letten en hun aantallen te schatten. Eén van deze zogenaamde doelsoorten is de Zeekreeft *Hommarus gammarus*, die voorkomt in de hard-substraat oevers van de Oosterschelde. Er worden door duikers met name volwassen Zeekreeften waargenomen, die veelal leven in de openingen tussen de basaltblokken van de oevers.

Het MOO is gestart in 1994. Met betrekking tot de Oosterschelde hebben duikers de keuze uit 50 duiklocaties. Figuur 2.1 geeft de ligging van deze zogenaamde MOO-locaties. Sinds 1994 ligt het aantal MOO-duiken in de Oosterschelde waarbij op de Zeekreeft is gelet per jaar tussen de 120 en 350.

Voor een MOO-locatie geldt dat duikers steeds op dezelfde plek te water gaan. Een MOO-bezoek wordt steeds uitgevoerd door twee duikers (buddypaar). Vanaf het startpunt van de locatie kiest het buddypaar zijn eigen onderwaterroute, doorgaans vooral over het hard-substraat en daarmee over het biotoop waarin Zeekreeften het vaakst worden gezien.

MOO-locaties worden bij voorkeur meerdere keren per jaar bezocht. Maar bepaalde locaties worden veel vaker bezocht dan andere. Het aantal duiken op een MOO-locatie kan oplopen tot meer dan 50 per jaar. De analyses uitgevoerd in hoofdstuk 4 zijn uitgevoerd met maximaal 17 herhalingsbezoeken en hebben betrekking op de data van 1994 t/m 2018. Tijdens dit onderzoek kwamen de data beschikbaar van 2019 t/m 2022. Deze gegevens zijn bij de analyses betrokken vanaf paragraaf 4.4. Voor die analyses geldt ook dat er maximaal 30 bezoeken per jaar per locatie zijn gebruikt.

Voor meer achtergrondinformatie met betrekking tot het MOO wordt verwezen naar Gmelig Meyling et al. (1999; 2003; 2013) en Van der Loos & Gmelig Meyling (2019).



*Figuur 2.1 Verdeling van de waarnemings-inspanning over de MOO-locaties in de Zeeuwse Delta die bij de huidige analyse zijn betrokken. Weergegeven is het aantal MOO-bezoeken in de periode 1994-2018. Bron: Van der Loos & Gmelig Meyling (2019).*

### 3. Complicaties in de data

Er zijn in de MOO-data drie complicaties te onderscheiden die de analyses bemoeilijken:

1. **Ontbrekende waarden.** Niet alle locaties zijn elk jaar in 1994-2018 onderzocht. Daardoor is er dus voor die locaties sprake van missende waarnemingen.
2. **Aantalsklassen.** Om de duikers niet te overvragen, worden voor alle soorten dezelfde, tamelijk grove voorgeschreven aantalsklassen gebruikt. Zie tabel 3.1.

Aanduiding formulier	Aantal Klasse grenzen	Klasse	Omschrijving
?			Ken ik niet, niet (goed) opgelet
0	0	0	Wel op gelet maar niet gezien
Z	1-9	1	Zeldzaam
A	10-99	2	Algemeen
M	>=100	3	Massaal

In het geval van de Zeekreeft vallen deze klassen ongelukkig uit. De kans om 100 of meer exemplaren tijdens een duik waar te nemen is uiterst klein. Er zijn geen gevallen gerapporteerd waarbij met zekerheid 100 exemplaren zijn geteld. Klasse 3 is vooral gebruikt door beginnende waarnemers als ze relatief veel Zeekreeften zagen. Waarnemingen van meer dan 100 Zeekreeften zijn daarom voor deze analyses veranderd in 10-100 exemplaren. Er zijn dus nog maar 3 aantalsklassen over bij de Zeekreeft: 0, 1-9 en 10-100. Aan de hand van een ondervraging van ervaren duikers is de bovengrens van deze klasse voor vervolganalyse, zoals het vergelijken van jaar-op-jaar-patronen (hoofdstuk 5 en verder) bijgesteld tot 50 (zie paragraaf 4.4).

3. **Beperkte standaardisatie van de tellingen.** De locatie waar men te water gaat ligt vast en de soortselectie en aantalsklassen zijn gestandaardiseerd. Maar de route, de afstand daarvan, de duur van de duik, de periode in het jaar of het tijdstip van de duik op een dag zijn niet voorgeschreven. Daardoor varieert de kans om één of meer Zeekreeften waar te nemen aanzienlijk. Die kans hangt, naar alle waarschijnlijkheid, verder af van de ervaring en de wijze van kijken en zoeken van de duiker, en verder van de troebelheid van het water die het zicht kan beperken. (Deze laatste groep van factoren zou overigens ook spelen als bij het MOO wel goed gestandaardiseerd zou worden geteld.)



## 4. Aanpak van de complicaties

### 4.1 Ontbrekende waarden

Ontbrekende waarnemingen komen in vrijwel alle natuurmeetnetten voor. Statistische analyses kunnen dat adequaat oplossen door zowel meetlocatie-effecten als jaareffecten in een statistisch model op te nemen (Ter Braak et al. 1994). De ontbrekende waarden worden daarmee bijgeschat uit de tellingen van andere duikplekken. Als bijvoorbeeld het op een locatie vastgestelde aantal verdubbelt van jaar 1 naar jaar 2, dan wordt daarbij aangenomen dat dit ook wel zal opgaan voor een locatie die in jaar 2 niet is onderzocht. Voorwaarde is dat elk jaar een aantal duikplekken is onderzocht en dat is bij de MOO-data het geval.

### 4.2. Aantalsklassen

De wens is om veranderingen in de populatie Zeekreeften uit te drukken in aantalsveranderingen. Bij het MOO is tot op heden echter altijd gewerkt met abundantieklassen. Bij trendanalyses werden veranderingen in het voorkomen van de soort uitgedrukt in veranderingen in de gemiddelde abundantieklasse. Daartoe werden ontbrekende klasse-waarnemingen eerst bijgeschat uit waarnemingen van klassen in wel getelde locaties, met behulp van een eenvoudig statistisch model. Ook werd gecorrigeerd voor onevenredige verdeling van de waarnemersinspanning over locaties en seizoenen. De trend werd getoetst met het trendanalyse programma TrendSpotter (Visser, 2003; 2004). Voor meer achtergrondinformatie over analyses met betrekking tot het MOO wordt verwezen naar Gmelig Meyling et al. (1999; 2003;2013) en Van der Loos & Gmelig Meyling (2019).

Die aanpak heeft in de loop der tijd informatieve resultaten opgeleverd, maar kent ook een aantal tekortkomingen:

- 1) De verandering in gemiddelde abundantieklasse geeft een indruk van de aantalsverandering, maar niet meer dan dat. Doordat de klassen ongelijk van grootte zijn is het in theorie zelfs mogelijk dat de trendrichting verschilt. Als bijvoorbeeld op veel locaties klasse 1 in 2 verandert, en op minder locaties klasse 3 in 2, dan neemt de gemiddelde abundantieklasse toe, terwijl het totale aantal dieren mogelijk juist afneemt.
- 2) Een andere complicatie betreft het bijschatten van ontbrekende klasse-waarnemingen. Bijschattingen van ontbrekende aantalswaarnemingen is een geaccepteerde methode (Ter Braak et al., 1994), maar bijschatten van ontbrekende klasse-waarnemingen is problematischer, zeker als de klassen ongelijk van grootte zijn. Indien bijvoorbeeld veel locaties van klasse 2 in 3 veranderen in de tijd, dan is daaruit niet gemakkelijk af te leiden dat locaties met klasse 1 zijn veranderd in klasse 2.
- 3) Verder is de toetsing van trends op basis van abundantieklassen problematisch. De toetsing met behulp van TrendSpotter houdt geen rekening met de variatie van jaar-op-jaar van de afzonderlijke locaties. Die variatie wordt wel meegenomen bij het gebruik van Poisson-regressie, zoals toegepast in trendanalyse-programma TRIM (Boogaart et al. 2017), maar die methode gaat uit van Poisson-verdeelde aantalsgegevens, terwijl abundantieklassen niet zonder meer Poisson-verdeeld zijn.

Er bestaan speciale regressie-methoden voor klassengegevens (ordinale data), waaronder de cumulatieve logit-methode (Irvine et al. 2016). Daarmee valt de mate van verschuiving van de klassen beter te toetsen dan met TrendSpotter of Poisson-regressie. De overige genoemde tekortkomingen van het analyseren van abundantieklassen blijven echter bestaan. Daarom is bij dit onderzoek gezocht naar methoden waarbij de klassen worden uitgedrukt in aantallen. Hieronder verkennen we twee mogelijke methoden om met aantalsklassen om te gaan bij analyses.

### ***Methode 1: Poisson-regressie met de klassen in de data omgezet naar aantallen***

De meest eenvoudige methode om van aantalsklassen tot aantallen te komen is de klassen in de data om te zetten in aantallen voordat de data worden geanalyseerd. Dat is geen fraaie methode, maar om inzicht te verkrijgen in de mogelijkheden hebben we deze methode toch getest. Allereerst hebben we hiertoe het middenpunt van de klasse aangehouden als puntschatting van het aantal; dat betekent dat de drie klassen van de Zeekreeft omgezet zijn in de aantallen 0, 5 en 55. Een variant hierop is het zodanig omzetten van de klassen dat de aantallen 0, 3 en 15 overblijven. Dit omdat deze waarden zonder nog verdere resultaten uit vervolganalyses te kennen, waarschijnlijk het meest realistisch zijn.

Daarmee veranderen de data in aantalsgegevens en kunnen de data met Poisson-regressie worden geanalyseerd (Boogaart et al. 2017). De analyse is uitgevoerd met het aantal per duik als afhankelijke variabele. Het gebruikte Poisson-regressiemodel luidt:

$$\log(\text{verwacht aantal per duik}) = \text{jaareffect} + \text{MOO-locatie-effect}$$

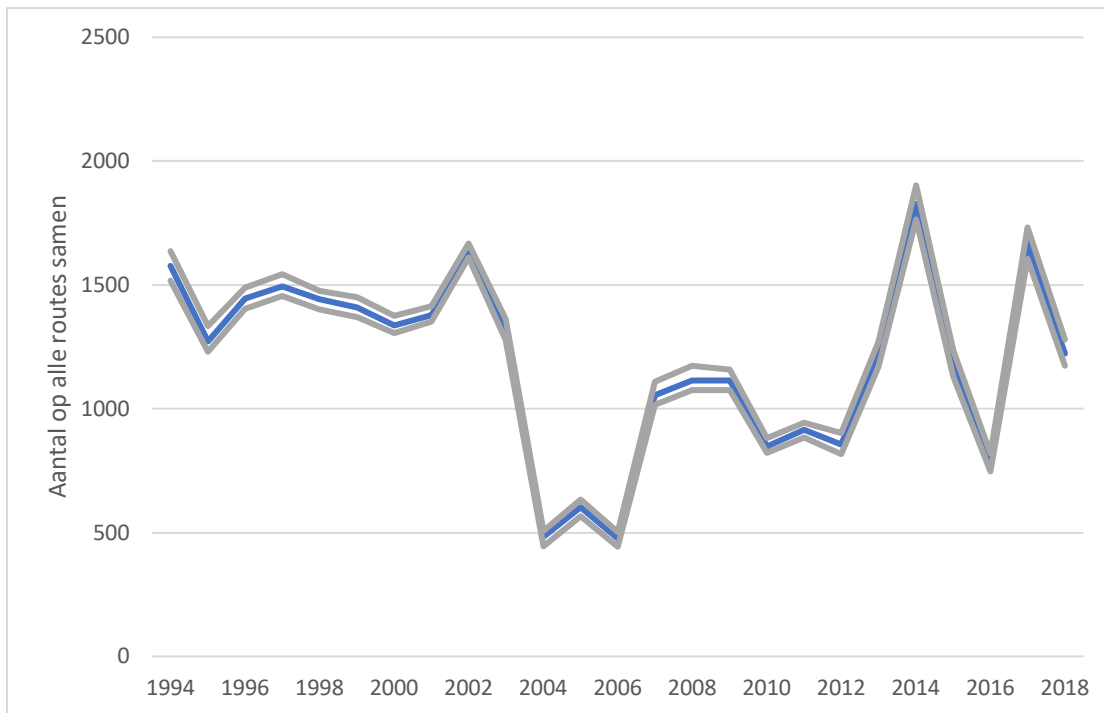
De analyse is uitgevoerd met een Bayesiaanse techniek, gebruikmakend van R (R Core Team, 2022) en JAGS (Plummer, 2009).

### ***Resultaat***

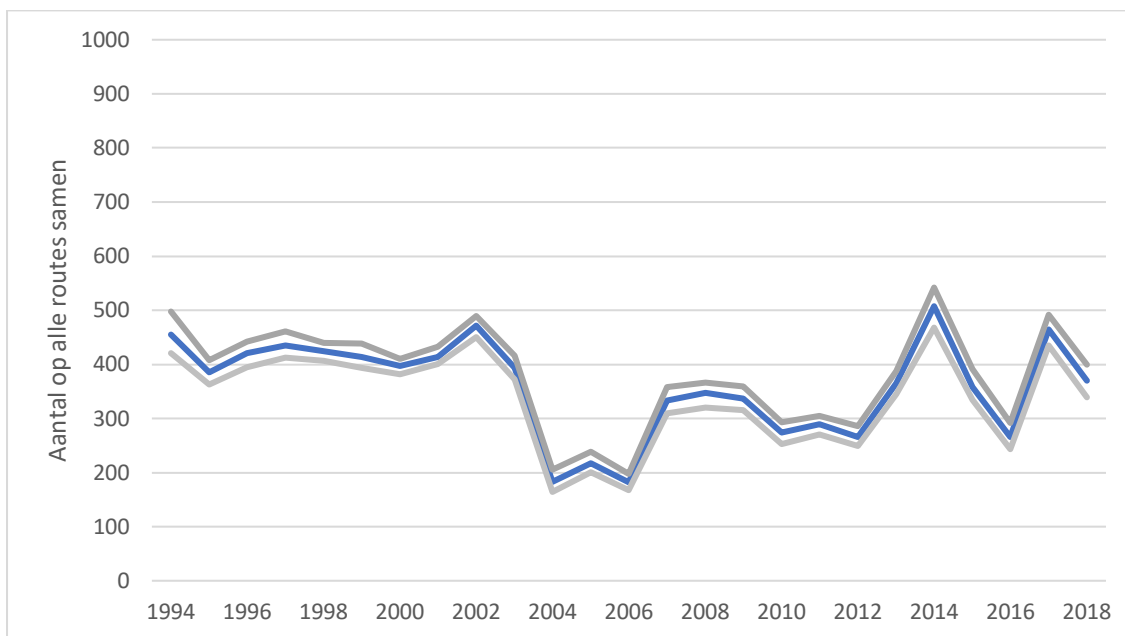
Figuur 4.1 geeft de resultaten weer op basis van de drie klassen die zijn omgezet naar aantallen op basis van de middenpunten van de klassen, respectievelijk 0, 5 en 55.

Figuur 4.2 geeft hetzelfde weer, maar dan op basis van aantallen die door duikers van ANEMOON als reëler worden beschouwd, respectievelijk 0, 3 en 15. De geschatte totale aantallen op alle 50 routes samen zijn uiteraard aanzienlijk hoger in figuur 4.1 dan in figuur 4.2. Maar het verloop in de tijd is in beide figuren vrijwel identiek: er is een afname te zien rond 2004 en daarna een geleidelijke toename richting het niveau van 1994.





*Figuur 4.1. Jaarlijkse schatting van het aantal Zeekreeften op alle routes tezamen (plus/min 95% betrouwbaarheidsinterval) op basis van de middenpunten van aantalsklassen. Dit laatste houdt in dat de klasse 1-9 is omgezet in het aantal 5 en de klasse 10-100 in het aantal 55.*



*Figuur 4.2. Jaarlijkse schatting van het aantal Zeekreeften op alle routes tezamen (plus/min 95% betrouwbaarheidsinterval) waarbij klasse 1-9 is omgezet in het aantal 3 en de klasse 10-100 in het aantal 15. Feitelijk is geen sprake van een betrouwbaarheidsinterval omdat bij de omzetting van aantallen naar klassen er geen variatie is.*

## Methode 2: Poisson-regressie met aantalsklassen

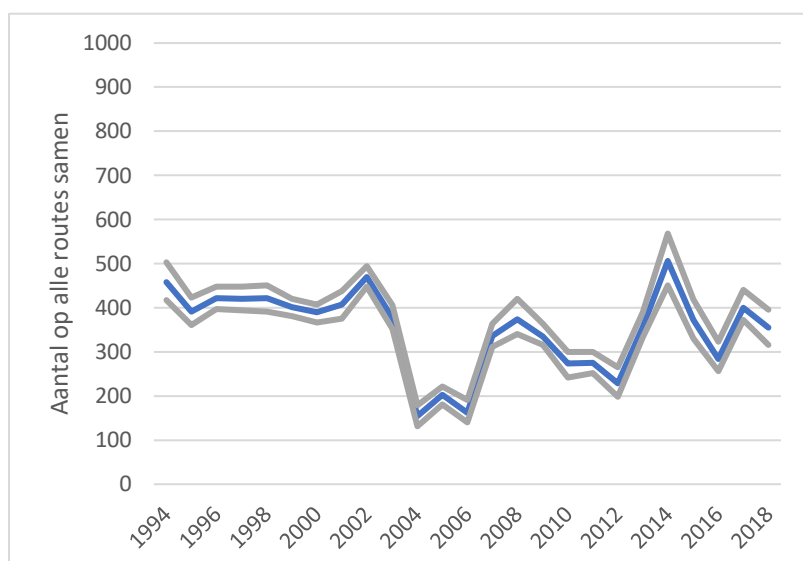
De methode om in een set van waarnemingsgegevens klassen om te zetten in aantallen is niet de mooiste omdat de keuze van de omzetting tot op zekere hoogte subjectief is. Het levert bovendien aantalsgegevens op met slechts enkele getalswaarden (0, 3 en 15 of 0, 5 en 55), dus data waaruit de variatie grotendeels is verwijderd. Dat maakt toetsing van trends problematischer.

Een elegantere methode is ontleend aan het werk van Irvine et al. (2019). Zij beschrijven een methode waarbij de bedekking van een plantensoort is waargenomen binnen bepaalde bedekkingsklassen, maar het gebruikte regressiemodel toch de gemiddelde bedekking van de soort schat, met behulp van informatie over klassengrenzen (zie voor details Irvine et al. 2019). Deze technische innovatie hebben we opgenomen in het model dat is gebruikt bij methode 1. Daardoor wordt het mogelijk om een Poisson-regressiemodel te gebruiken, terwijl in plaats van aantalsgegevens, klassengegegevens als input worden gebruikt. Het model bepaalt aantallen die voor elke combinatie van jaar en locatie anders zullen zijn, en confronteert deze aantalsbepalingen gedurende de modelrun steeds met de waargenomen klassen en de klassengrenzen daarvan. De uitkomsten van het model zijn schattingen van de jaar- en locatieparameters waarmee het verwachte aantal per jaar en locatie zo goed mogelijk spoort met de waargenomen klasse, en dus binnen de grenzen daarvan blijft. Deze methode levert een aantalsschatting van alle locaties samen per jaar als resultaat in plaats van de gemiddelde abundantieklasse. Verder worden bijschattingen op basis van aantallen uitgevoerd en niet meer op basis van abundantieklassen.

### Resultaat

Ook deze methode levert uitkomsten met een daling rond 2004 en daarna een geleidelijk herstel (figuur 4.3). De geschatte aantallen in deze figuur liggen dicht bij die van figuur 4.2. De onzekerheid van de jaarlijkse schattingen is in figuur 4.3 wat groter dan die in figuur 4.2; hetgeen komt door de kunstmatig verlaagde variatie in de data die voor figuur 4.2 zijn gebruikt. In dat geval zijn de klassen immers omgezet naar steeds dezelfde aantallen, terwijl dit met de methode van Irvine niet het geval is.

**Conclusie:** Met methode 2 zijn bezwaren die kleven aan het analyseren van aantalsklassen ten opzichte van daadwerkelijke getelde aantallen goed oplosbaar.



*Figuur 4.3. Jaarlijkse schatting van het aantal Zeekreeften op alle routes tezamen (plus/min 95% betrouwbaarheidsinterval) op basis van aantalsklassen bepaald met methode 2, gebaseerd op de methode van Irvine et al. (2019).*

### 4.3. Beperkte standaardisatie van de tellingen

De keuze voor een beperkte standaardisatie van de MOO-tellingen is tegenwoordig een gangbare strategie in de wereld van de citizen science. In de literatuur heten dergelijke tellingen '*semistructured surveys*' (half-gestandaardiseerde meetnetten; Kelling et al. 2019). Daarbij zijn beperkte regels vastgelegd voor het verzamelen van gegevens, zoals alle soorten noteren van een soortgroep of alle soorten van een vaste soortenlijst. De veldwerkmethode wordt verder grotendeels vrijgelaten. Het voordeel hiervan is dat er meer vrijwilligers participeren omdat de methode minder moeilijk overkomt. Nadeel is de grote variatie in de manier waarop de tellingen zijn uitgevoerd. Dit laatste maakt het moeilijker om een reële trend van de populatie te ontdekken en dit kan zelfs leiden tot een foute conclusie over de trend. In plaats van de variatie door standaardisatie van tellingen te minimaliseren, is het bij *semistructured surveys* de strategie zoveel mogelijk informatie te verzamelen over het waarnemingsproces waarmee in de analysefase voor variatiebronnen kan worden gecorrigeerd.

De afgelopen 15-20 jaar is in de internationale literatuur een sterk groeiende aandacht voor analysemethoden waarmee voor variatie in het waarnemingsproces kan worden gecorrigeerd (MacKenzie et al. 2018). Voor analyse van aantallen is een zogenaamd N-mixture model beschreven door Royle (2004). Die methode is op te vatten als een merk-en-terugvang-methode, maar dan zonder dat er dieren gemerkt hoeven te worden. Als de methode werkt, is het een goede techniek om te corrigeren voor allerlei variaties in het waarnemingsproces en om de werkelijke aanwezige aantallen te schatten (Ficetola et al. 2018). Deze methode is echter sterk gevoelig voor de aannamen die bij het gebruik van het model worden gemaakt. De parameterschattingen kunnen daardoor gemakkelijk onrealistisch uitvallen (Link et al. 2018). Hieronder passen we deze methode toe op de gegevens van de Zeekreeft, om te verkennen of de methode voor onze toepassing perspectiefvol kan zijn.

### **Methode 3: Poisson-regressie met aantalsklassen én trefkansen (N-mixture model)**

Het idee achter het N-mixture-model is dat de aantallen die worden waargenomen afhangen van het aantal dat in werkelijkheid voorkomt, maal de kans om een individu te zien (= de trefkans). Als er 100 Zeekreeften worden geteld op een route, en de trefkans is 50% om een individu te zien, dan leven er in werkelijkheid 200 Zeekreeften op een route. De kracht van een N-mixture model is verder dat systematische verandering in trefkansen kunnen worden gesignaleerd, ook als de oorzaak daarvan (deels) onbekend is.

Het toepassen van de N-mixture-methode betekent dat we methode 2 gebruiken voor het modelleren van aantallen én dit combineren met een model dat de kans beschrijft om een individu van de Zeekreeft waar te nemen.

Het model om het aantal te schatten luidt:

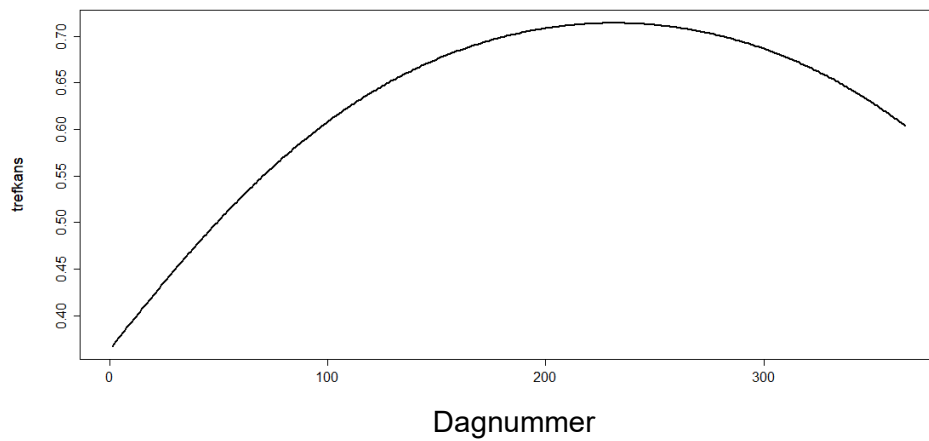
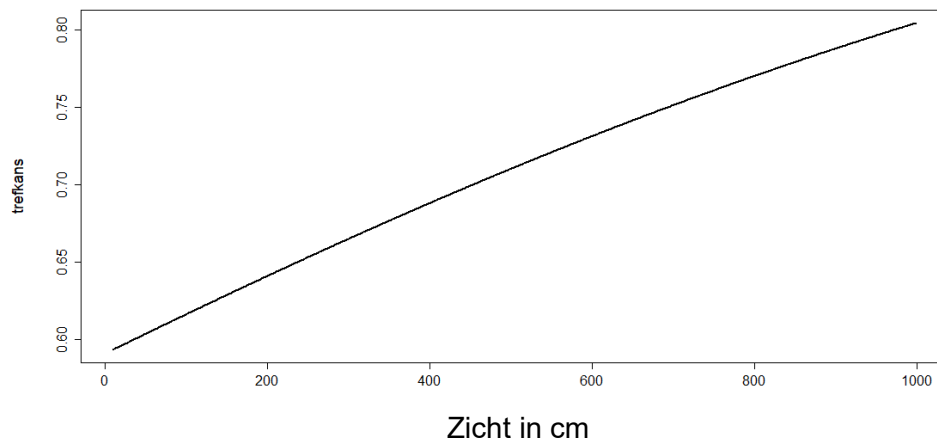
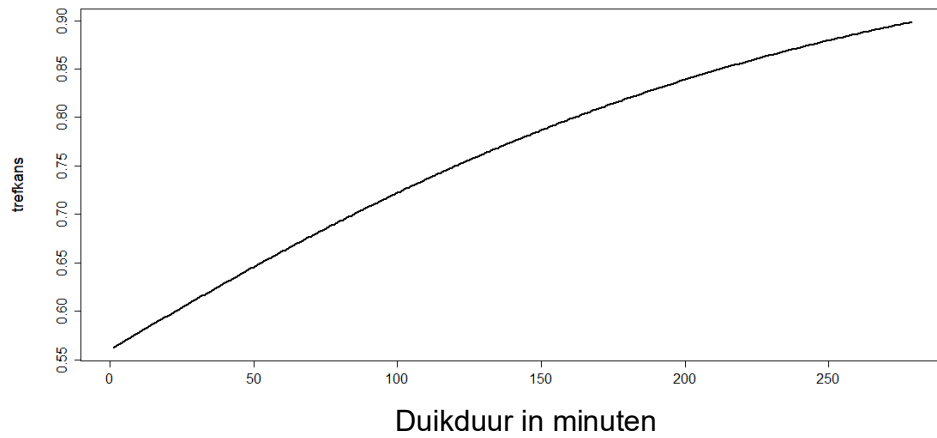
$$\log(\text{verwacht aantal per duik}) = \text{jaareffect} + \text{MOO-locatie-effect}$$

Als voorbeeld veronderstellen we hier dat die trefkans groter is als de duikduur langer is en het zicht beter is en dat de trefkans afhankelijk is van het moment in het seizoen (dagnummer). Zo zullen onder meer ook de ervaring van de duiker en of het om een dag- of nachtmeting gaat ook een rol spelen, maar daarover is momenteel nog geen informatie voorhanden.

Het gebruikte trefkansmodel luidt:

$$\text{trefkans om individu waar te nemen} = \text{jaareffect} + \text{duikduureffect} + \text{zichteffect} + \text{dagnreffect}$$

De parameter 'dagnreffect' in dit model is gespecificeerd als een effect van het dagnummer en van het kwadraat van het dagnummer zodat er een optimumverband kan worden bepaald. Dit optimum is te zien in de onderste grafiek van figuur 4.4. De trefkans op het waarnemen van één individu is alleen te bepalen als er meerdere herhalingsbezoeken op dezelfde MOO-locatie en in hetzelfde jaar zijn gedaan. Dergelijke herhalingen zijn in de MOO-data ruim voorhanden. De herhalingen moeten binnen een zogenaamde closure periode plaatsvinden, d.w.z. een periode waarin het aantal individuen op een MOO-locatie min of meer onveranderd is. We nemen hier alle duiken in het gehele jaar mee. Om dit model te kunnen gebruiken moeten we daarbij aannemen dat de volwassen Zeekreeften jaarrond binnen de duiklocatie blijven en dat de sterfte, aanwas en migratie van individuen gering is ten opzichte van het totaal aantal dieren op een duikstek. Bij methode 3 wordt de analyse gedaan met als input aantalsklassen waarbij de trefkansen worden bepaald. Het beoogde resultaat zijn aantalsbepalingen die op de werkelijke aantallen lijken.



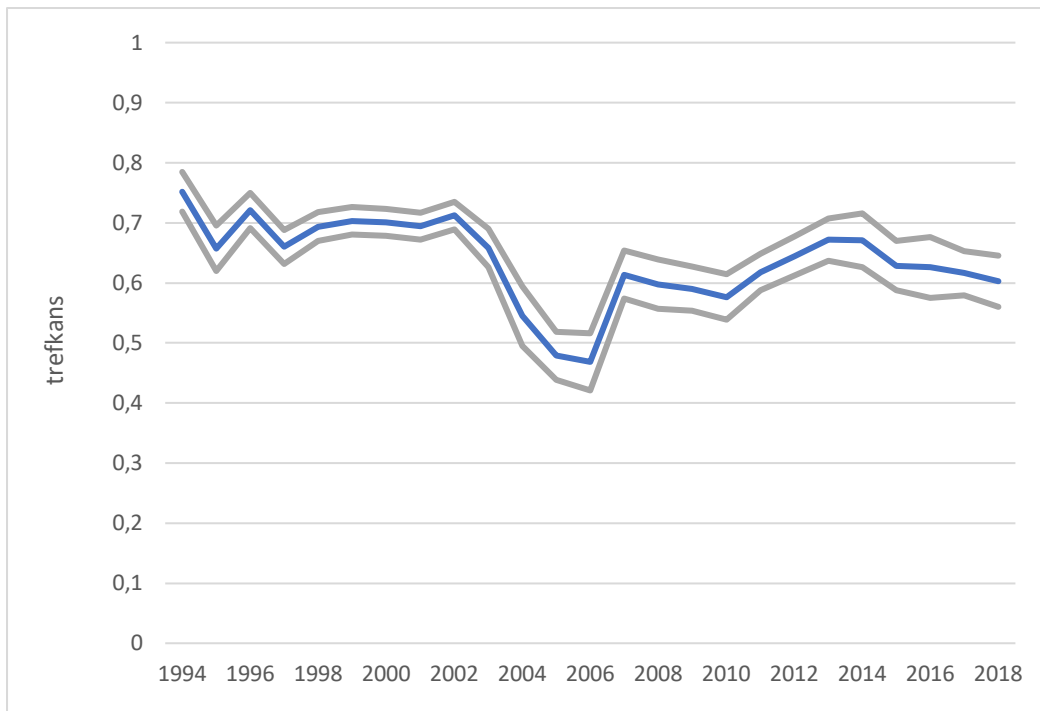
*Figuur 4.4. Trekkans in relatie tot duikduur (in minuten), zicht (in cm) en dagnummer van het jaar.*

Zoals we hadden verwacht blijkt uit de resultaten in figuur 4.4 dat de trefkans hoger is bij een langere duikduur en bij beter zicht. Duidelijk is ook dat er lagere trefkansen zijn vroeg en laat in het jaar. Daarnaast neemt de trefkans in de tijd significant af rond 2004 en na 2006 weer toe waarna deze nog een aantal jaren verder langzaam toeneemt (figuur 4.5). De trefkans staat in principe los van het aantal dieren dat er in werkelijkheid voorkomt en blijft idealiter constant in de tijd. De veranderingen zouden kunnen wijzen op een verandering in het proces van waarnemen en kan een foute trendschatting opleveren als daarvoor niet wordt gecorrigeerd. N-mixture- modellen corrigeren daar al automatisch voor, maar andere modellen niet.

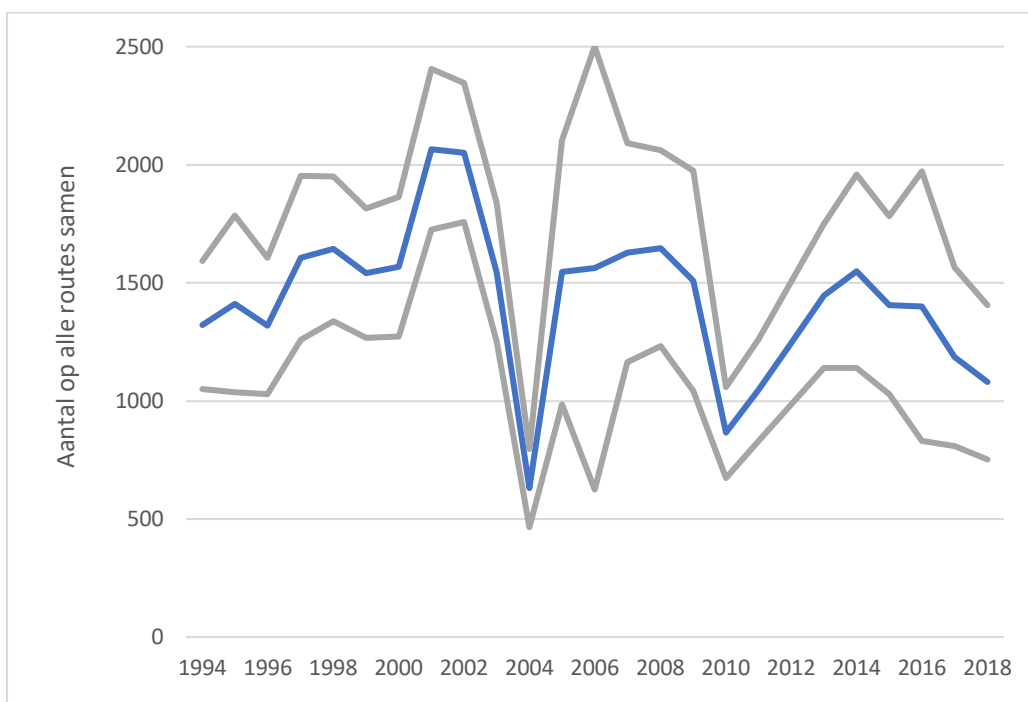
Het aantal Zeekreeften gaat volgens dit model rond 2004 achteruit, maar daarna is geen herstel te zien (figuur 4.6). De onzekerheid van de schattingen is echter aanzienlijk (figuur 4.6). Verder zijn de trefkansen in figuur 4.4 en 4.5 hoger dan 50%. Dat zou inhouden dat de kans om een individuele Zeekreeft te zien hoger is dan 50%, dus dan zou steeds bij iedere duik meer dan de helft van alle Zeekreeften die rond een route leeft ook zijn gezien. Dat lijkt onrealistisch hoog, want in de praktijk zal een aanzienlijk deel van de kreeften over het hoofd worden gezien, onder meer om dat ze een groot deel van tijd verscholen leven in holen en omdat duikers onder water niet dezelfde route volgen. Dat roept twijfel op over de waarde van de uitkomsten van het N-mixture model. Die twijfel wordt ook in de recente statistische literatuur verwoord (Duarte et al. 2018; Link et al. 2018).

**Conclusie:** De toepassing van N-mixture modellen om de aantalsverandering te bepalen is voor MOO-data een brug te ver. Wel is methode 3 bij toekomstig onderzoek mogelijk nog bruikbaar om na te gaan of er veranderingen in de trefkans op het waarnemen van individuele Zeekreeften optreden, met andere woorden om na te gaan of er onbekende oorzaken zijn die het waarnemen beïnvloeden.





Figuur 4.5. Jaarlijkse trefkans (plus/min standaardfout) berekend met methode 3.



Figuur 4.6. Jaarlijkse schatting van het aantal Zeekreeften op alle routes tezamen op basis van aantalsklassen en rekening houdend met trefkansen berekend met methode 3. In deze grafiek zijn de standaardfouten weergegeven rond de jaarwaarden van de aantallen, in plaats van de betrouwbaarheidsintervallen, omdat die intervallen aanzienlijk zijn.

#### **Methode 4: Poisson-regressie met aantalsklassen en met storende factoren**

In plaats van voor N-mixture-modellen, kan beter voor een minder geavanceerde methode worden gekozen. Duarte et al. (2018) bevelen in plaats van N-mixture modellen liever Poisson Generalised Linear Models (GLM's) aan om aantalsgegevens te analyseren en te corrigeren voor factoren die de trefkans kunnen beïnvloeden. Methode 4 is de klassieke aanpak (o.a. Bas et al. 2008), met als toevoeging dat we ook hierin de techniek om met aantalsklassen te werken hebben opgenomen. Bij methode 4 is het model van methode 2 uitgebreid met een aantal extra termen:

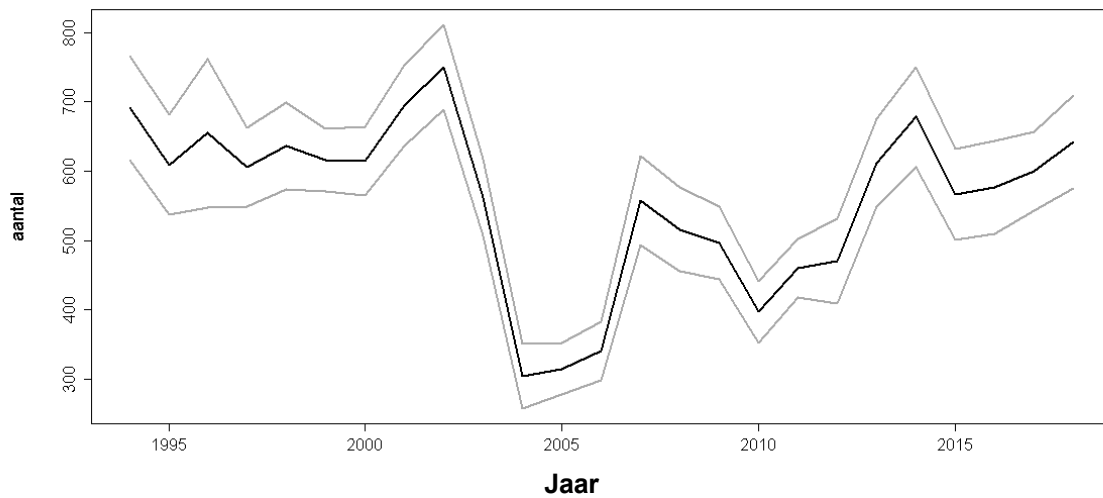
$$\log(\text{verwacht aantal per duik}) = \text{jaareffect} + \text{MOO-locatie-effect} + \text{duikduureffect} + \text{zichteffect} + \text{dagnreffect}$$

De effecten van zowel duikduur, zicht als dagnummer zijn significant en leveren vergelijkbare grafieken op als in figuur 4.4. Maar rekening houden met deze effecten maakt voor de aantalsontwikkeling nauwelijks uit, want het resultaat (figuur 4.7) lijkt nog steeds sprekend op dat in figuur 4.3.

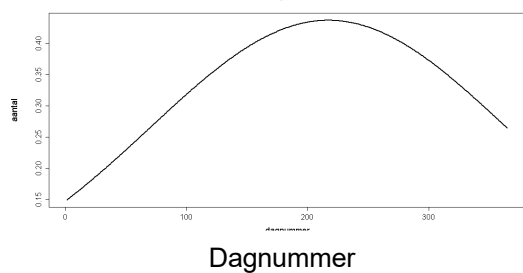
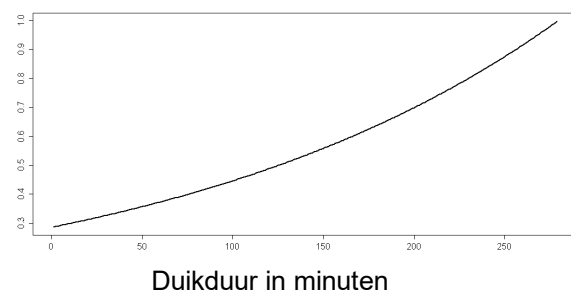
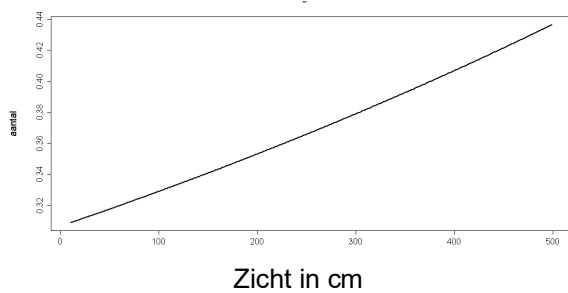
Gelet op de suggestieve uitkomsten van het N-mixture-model (figuur 4.5) zijn we er na deze analyse echter nog helemaal niet gerust op dat hiermee al afdoende is gecorrigeerd voor mogelijke veranderingen in het waarnemingsproces. Met andere woorden: het is nog niet duidelijk of de daling rond 2004 een ecologische oorzaak heeft of is ontstaan door een mogelijke abrupte verandering in het waarnemingsproces. Hetzelfde geldt voor de geleidelijke toename na 2004.

Zoals passend in een semistructured design (half-gestandaardiseerd ontwerp) is het nuttig om allerlei mogelijke veranderingen in het waarnemingsproces na te lopen om deze te kunnen uitsluiten, of om deze juist mee te nemen in methode 4. Denk aan duikervaring of aan bijvoorbeeld de opkomst van onderwaterfotografie waardoor duikers structureel of tijdelijk meer aandacht en duiktijd besteden aan fotografie en minder tijd overhouden voor het waarnemen.

**Conclusie:** Methode 4 biedt goede mogelijkheden om veranderingen in aantallen te bepalen. Het is raadzaam dat daarmee zoveel mogelijk wordt gecorrigeerd voor waarnemerseffecten. Het is na deze analyse echter nog niet duidelijk of er nog belangrijke waarnemerseffecten zijn die nog in het model zouden moeten worden opgenomen.



*Figuur 4.7. Jaarlijkse schatting van het aantal Zeekreeften in de Oosterschelde op alle routes tezamen (plus/min 95% betrouwbaarheidsinterval) op basis van aantalsklassen en gecorrigeerd voor effecten van duikduur, zicht en dagnummer met behulp van een Poisson-regressiemodel (GLM) met de toevoeging van de techniek uit methode 2 om met aantalsklassen te werken.*



*Figuur 4.8 a, b en c. Verband tussen de factoren zicht, duikduur en dagnummer berekend voor de Zeekreeft in de Oosterschelde met methode 4*

#### 4.4. Bijstellen van de klassengrenzen ten behoeve van methode 4

Bij methode 4 moet aan het model worden meegegeven wat de grenzen zijn van de aantalsklassen (hetgeen overigens ook voor methode 2 en 3 geldt). De klassengrenzen zijn bepalend voor de aantallen per jaar die berekend worden met model 4 over alle duiklocaties in de Oosterschelde. Om jaar-op-jaar patronen van de Zeekreeft te kunnen vergelijken met die van andere soorten (hoofdstuk 5) is methode 4 ook toegepast bij 19 andere soorten die in het MOO worden gevolgd. Zie hoofdstuk 5 voor verdere informatie over de selectiecriteria van de gekozen soorten en de vergelijking van die patronen. Zie verder ook bijlage 1 voor de grafieken van deze patronen.

Bij toepassing van methode 4 is gebleken dat de frequentie van de hoogste abundantieklasse sterk bepalend is voor het patroon van de berekende aantallen. Als de hoogste klasse (M) slechts in enkele gevallen wordt geregistreerd, dan hebben enkele waarnemingen waarbij klasse M is aangetroffen een grote invloed op het jaarcijfer. Het jaarcijfer wordt daardoor voor een belangrijk deel door het toeval bepaald.

Daarom is aan een groep ervaren MOO-duikers gevraagd voor de geselecteerde soorten per soort aan te geven hoe de klassengrenzen van de klasse 1, 2 en 3 vermoedelijk zijn toegepast. De duikers mochten daarbij ook de frequentieverdelingen van de klassen per soort meenemen in de beoordeling. Ook is gevraagd daarbij kennis mee te nemen over de mate van geclusterd voorkomen van onder meer zeeanemoon en poliepen en het aaneengroeien van kolonies sponzen en kolonievormende zakpijpen, waardoor het aantal kolonies eigenlijk niet goed is te schatten.

Over de eerste klasse van 1-9 exemplaren/kolonies bestaat maximale consensus. Voor alle soorten is deze correct toegepast. Voor klasse 2 en 3 ligt het ingewikkelder en is dit per soort verschillend. Voor de Zeekreeft gaven de meeste duikers aan dat meer dan 25 exemplaren zelden of nooit worden gezien. Een beperkt aantal duikers die al in de Oosterschelde doken in de periode 1970 t/m 1975 gaven aan dat ze rond 2002 en 2003 toch vrij vaak 30 Zeekreeften op meerdere locaties aantreffen. Ook 40 Zeekreeften werden door hen in die jaren geteld, maar aantallen boven de 50 zijn nooit vastgelegd. Zij hebben in die periode echt iedere Zeekreeft die ze zagen daadwerkelijk geteld, omdat ze sinds de zeventiger jaren niet meer in de Oosterschelde hadden gedoken en enorm verbaasd waren over het enorme aantal kreeften.

Het waarnemen van 100 of meer Zeekreeften tijdens een duik achtten de ondervraagde duikers uitgesloten. Toch blijkt uit de dataset dat bij ca. 1 op de 100 bezoeken de klasse 3 (100 of meer) is opgegeven en dit is soms ook gedaan door ervaren waarnemers. Uit de gesprekken komt naar voren dat de hoogste klassen mede is gebruikt om duidelijk te maken dat er veel exemplaren zijn gezien. Zelfs bij Zeekreeften en zeker voor de andere soorten blijkt het voor duikers niet mogelijk om exemplaren echt individueel te tellen. Als het aantal waargenomen exemplaren boven de tien komt worden de klassen 2 en 3 eerder in ordinale zin gebruikt dan dat ze de afgesproken klassengrenzen exact in acht nemen.

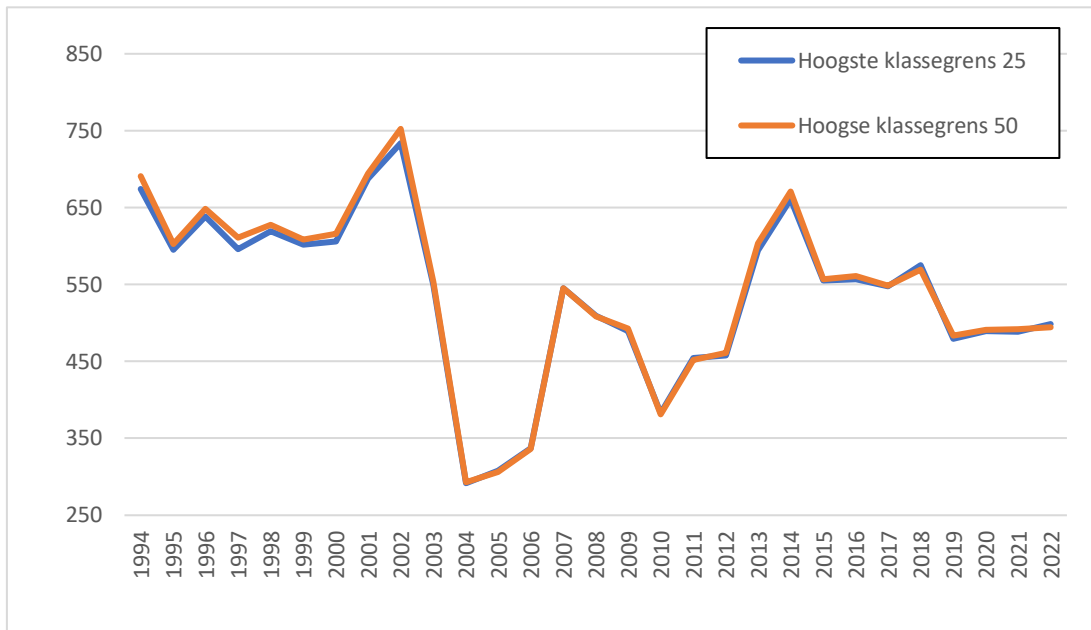
Omdat het gebruik van de hoogste klasse bij de Zeekreeft niet exact is toegepast, maar ook omdat niet duidelijk is of deze consequent is toegepast vanaf een bepaald aantal, zijn voor de analyses met betrekking tot de Zeekreeft de klassen 3 en 2 samengevoegd zoals dat ook bij voorgaande analyses is toegepast.

Uit de gesprekken met duikers blijkt dit overigens ook te gelden voor de Noordzeekrab en de Zwarte oprolkreeft. Voor deze twee soorten zijn daarom dezelfde klassengrenzen aangehouden in de analyse als bij de Zeekreeft.

Voor de Zeekreeft is model 4 ook doorgerekend met een hoogste klassegrens van 25 exemplaren per duik in plaats van 50. Dit levert tussen beide instellingen een minimaal verschil op (zie figuur 4.9).

**Conclusie:** De klassengrenzen van klasse 2 zijn iets bijgesteld. De klassegrens van klasse 3 is vrij laag gekozen omdat lage frequenties (<5%) van klasse 3 een vrij groot effect kunnen hebben, waardoor enkele waarnemingen met een hoge aantalsklasse onrealistisch hoge pieken voor de hele Oosterschelde kunnen opleveren. Overigens speelt dit vooral bij andere soorten en niet bij de Zeekreeft. Wanneer klasse 3 wordt samengevoegd met klasse 2 is de bovengrens van klasse 2 niet heel sterk bepalend. Een instellingverschil van 25 en 50 als bovengrens maakt nauwelijks uit voor het berekende aantal Zeekreeften.

<b>Tabel 4.1 Geselecteerde soorten voor een vergelijking van de jaar-op-op-jaarpatronen met die van de Zeekreeft en de bijgestelde klassengrenzen voor de berekeningen met methode 4.</b>				
<b>Soort</b>	<b>Klasse</b>			<b>Samen-voeging 2 en 3</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
Geweispons	1-9	10-80	80-150	
Paarse buisjesspons	1-9	10-80	80-150	
Pauwkokerworm	1-9	10-80	80-150	
Zeedahlia	1-9	10-50		Ja
Golfbrekeranemoon	1-9	10-80	80-150	
Boorspons	1-9	10-80	80-150	
Boompjesslak	1-9	10-80	80-150	
Groene wierslak	1-9	10-80	80-150	
Europese zeekreeft	1-9	10-50		Ja
Noordzeekrab	1-9	10-50		Ja
Gewimperde zwemkrab	1-9	10-80	80-150	
Gewone zwemkrab	1-9	10-80	80-150	
Fluwelen zwemkrab	1-9	10-50	50-100	
Strandkrab	1-9	10-80	80-150	
Zwarte oprolkreeft	1-9	10-50		Ja
Brokkelster	1-9	10-100	100-500	
Gewone zeester	1-9	10-80	80-150	
Grijze korstzakpijp	1-9	10-80	80-150	
Druipzakpijp	1-9	10-80	80-150	
Gesterde geleikorst	1-9	10-80		Ja



*Figuur 4.9. Aantal zeekeeften op alle routes in de Oosterschelde tezamen. Berekening uitgevoerd met methode 4, waarbij twee instellingen zijn toegepast: de bovenste klassegrens ingesteld op 25 en op 50 exemplaren per duik.*



## 5. Tijdreeksen van de Zeekreeft t/m 2022

### 5.1. Uitbreiden van de dataset met gegevens van na 2018

Parallel aan de methode-ontwikkelingen beschreven in de voorgaande hoofdstukken, is tijdens dit onderzoek in het kader van LobStAR ook gewerkt aan het verwerken en valideren van de MOO-waarnemingen die na 2018 zijn binnengekomen. Daarbij speelden meerdere zaken. Voor 2018 werden gegevens aangeleverd op papieren MOO-formulieren van verschillende typen en in Excelsheets. Vanaf 2019 was het de bedoeling dat MOO-waarnemers alleen nog via het nieuwe MOO-invoer-portaal zouden invoeren. In 2022 bleek dat meerdere waarnemers nog op de oude manier MOO-waarnemingen waren blijven vastleggen, deels zonder ze in te sturen. Eind 2022 en begin 2023 kwamen nog veel van dergelijke papieren formulieren 'boven water'. Deze zijn begin 2023 ingevoerd en gevalideerd. Daarnaast moesten nog enkele problemen met betrekking tot het geautomatiseerd verwerken van de MOO-portaal-data definitief worden opgelost. Pas eind juli 2023 waren alle systemen en data geheel op orde en werd een complete en gevalideerde MOO-dataset voor de periode van 2019 t/m 2022, toegevoegd aan de dataset van 1994 t/m 2018. Op basis van die data zijn met methode 4 de jaar-op-jaar-patronen berekend, waarbij dus gecorrigeerd is voor zicht, duikduur en dagnummer. De patronen zijn afzonderlijk berekend voor de Oosterschelde als geheel, drie deelgebieden van de Oosterschelde en het Grevelingenmeer. Ze worden gegeven in figuur 5.1 t/m 5.3. Daarnaast is er nog een tijdreeks berekend voor de periode 1979-2023 (zie paragraaf 5.3 en figuur 5.4).

### 5.2. Trends

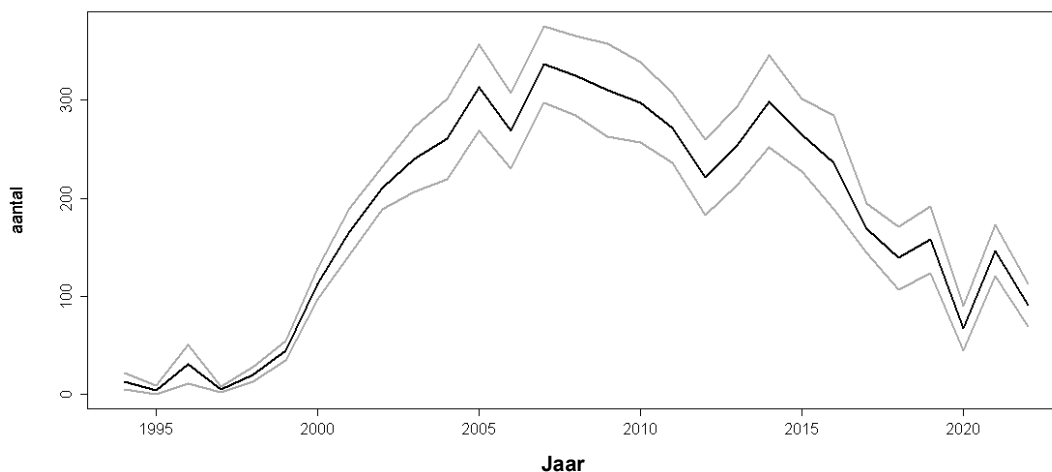
Gebruikmakend van methode 4 zijn voor de periode 1994 - 2022 de trends berekend. De uitkomsten zijn weergegeven in tabel 5.1.

<b>Tabel 5.1. Trends in de jaarlijkse aantallen Zeekreeften berekend met methode 4 voor de verschillende (deel)gebieden voor de periode 1994-2022.</b>			
<b>Gebied of deelgebied</b>	<b>Trend</b>	<b>SE</b>	<b>Standaard trendcategorie</b>
Oosterschelde	-4,48	0,67	Significante afname
Grevelingenmeer	4,63	0,36	Significante toename
Oosterschelde West	-0,06	0,34	Geen significante veranderingen
Oosterschelde Oost	-3,38	0,61	Significante afname
Oosterschelde Noordtak	-1,29	0,21	Significante afname

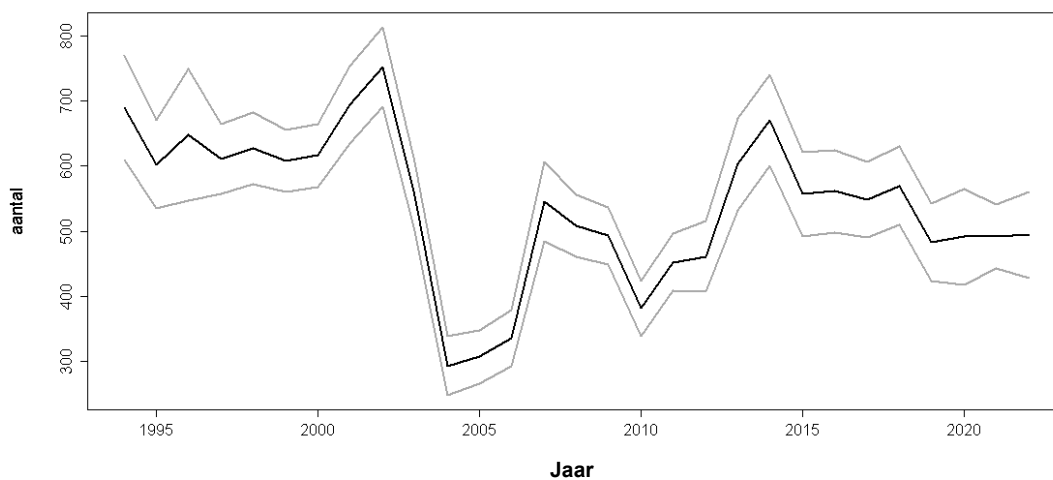
Voor de periode 1994-2022 komt er een significante afname van de Zeekreeft naar voren voor de Oosterschelde, voor de Oosterschelde Oost en voor de Oosterschelde Noordtak. In de Westelijke Oosterschelde is geen sprake van een significante trend over deze analyseperiode.

Voor zowel de gehele Oosterschelde als voor het oostelijke deel van de Oosterschelde komt er vanaf 2015 een dalende trend naar voren. Deze daling is echter lang niet zo sterk als die in 2004. De sterke afname zoals in 2019 vastgesteld door Van Bragt (2020) komt niet naar voren uit de huidige aangevulde en gevalideerde dataset berekend met methode 4 waarbij correctiefactoren voor de effecten van zicht, duikduur en dagnummer zijn toegepast. Deze afname kan daarmee nu dus worden beschouwd als een artefact.

In het Grevelingenmeer is over de periode 1994-2022 een significante toename zichtbaar. De Zeekreeft werd hier rond 1994 nog nauwelijks waargenomen. Vanaf 1999 tot 2007 nam de soort zeer sterk toe. Waarschijnlijk was dit het gevolg van het openstellen van de Spuisluis in de Brouwersdam. Vanaf 2015 is sprake van een duidelijke afname.

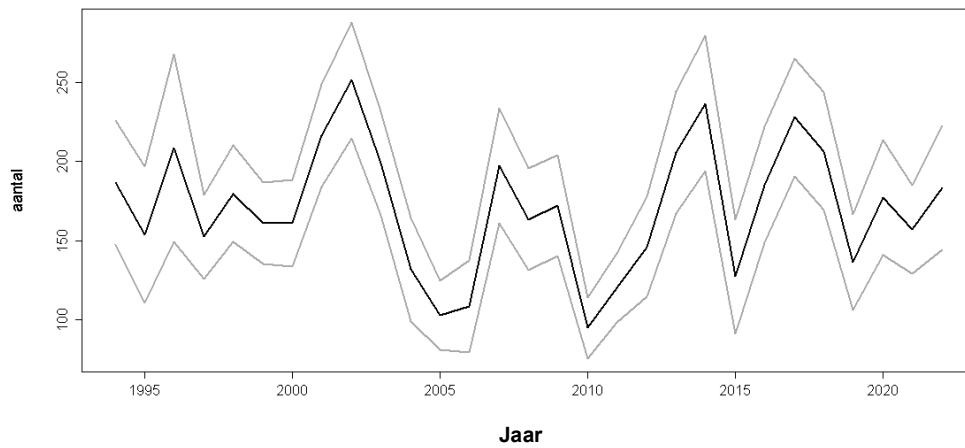


*Figuur 5.1. Aantal Zeekreeften berekend voor alle routes samen in het Grevelingenmeer berekend met methode 4 voor de periode 1994 t/m 2022.*

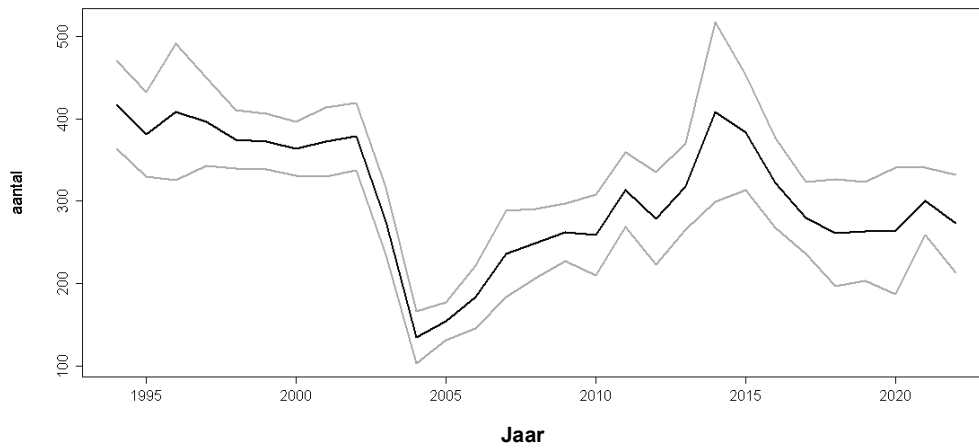


*Figuur 5.2. Aantal Zeekreeften op alle routes samen in de Oosterschelde berekend met methode 4 voor de periode 1994 t/m 2022.*

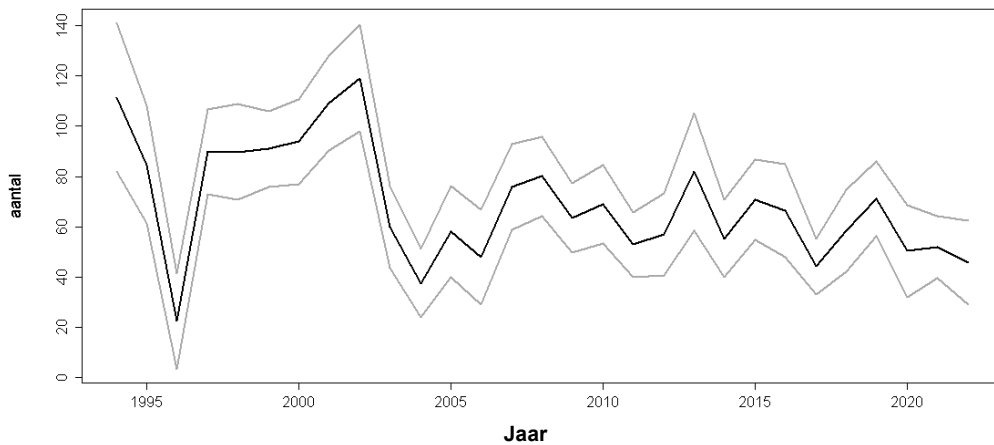
### Westelijk deel van de Oosterschelde



### Oostelijk deel van de Oosterschelde



### Noordtak van de Oosterschelde



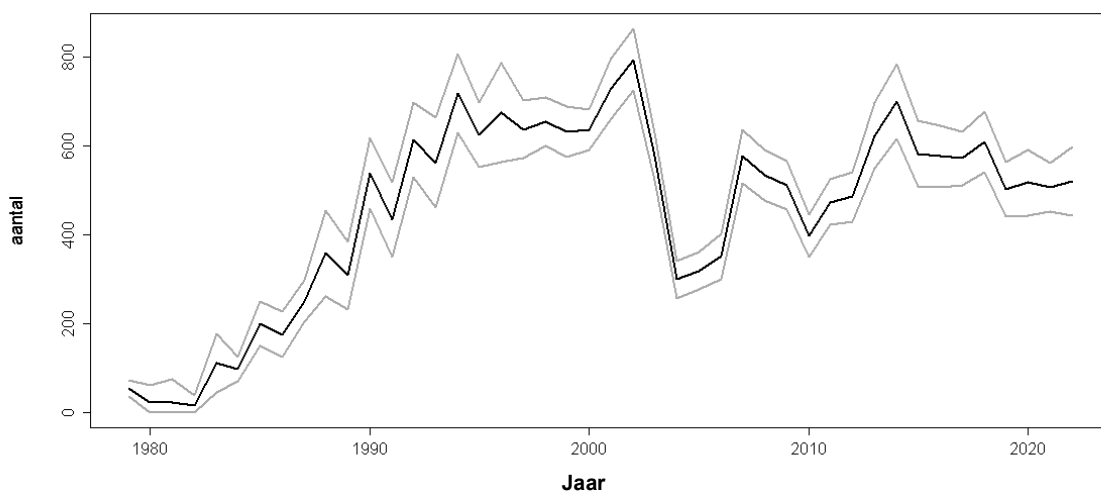
*Figuur 5.3. Aantal Zeekreeften op alle routes samen afzonderlijk voor drie deelgebieden van de Oosterschelde berekend met methode 4 voor de periode 1994 t/m 2022.*

### 5.3. Oosterschelde 1979-2022

Op basis van logboek-gegevens is voor de Zeekreeft ook een MOO-dataset verkregen voor de periode van 1979 t/m 1993. Deze was al gemaakt ten behoeve van het rapport 'Het Duiken Gebruiken 2' (Gmelig Meyling et al; 2003). Nadeel van deze dataset was dat deze alleen gebaseerd was op wel en niet gezien tijdens een duik. Om model 4 te kunnen toepassen, is voor de waarnemingen waarbij kreeften gezien zijn teruggegaan naar de brongegevens om na te gaan of op basis van opmerkingen er toch een klasse 2 (10-50) kon worden toegekend. Indien gesproken werd over 'meerdere', 'vrij veel', 'veel', 'meer dan 10' Zeekreeften dan werd klasse 2 toegekend. Zo werd een toegespitste MOO-dataset voor de Zeekreeft in de Oosterschelde verkregen voor de periode 1979 t/m 2022.

De zo ontstane lange tijdreeks laat over de periode van 1979-1993 zien dat de Zeekreeft sterk is toegenomen. Deze reeks is echter gebaseerd op beduidend minder waarnemingen per jaar dan sinds de start in 1994 in het kader van het MOO werden gedaan. Aan het precieze verloop van de tijdreeks kunnen dus niet al te sterke conclusies worden verbonden. Het is echter onmiskenbaar dat de Zeekreeft in die periode beduidend is toegenomen.

Deze toename valt ook goed te verklaren. Oorspronkelijk voelde de Zeekreeft zich niet goed thuis in de Oosterschelde. Het water was brak door de aanvoer van zoet water via het Volkerak. Na de aanleg van de Volkerakdam (1969), de Philipsdam (1978) en de Oesterdam (1989) kreeg het gebied stabiel zout water en werd dit deel van de Zeeuwse Delta vergelijkbaar met de leefgebieden van de Zeekreeft elders in de Noordzee en langs de verdere Noordoost-Atlantische kust. De Oosterschelde is daarmee in feite een baai van de Noordzee geworden. De sportduikers die 45 jaar geleden doken in de Oosterschelde beschrijven in hun logboeken dat de waarneming van een Zeekreeft in de Oosterschelde toen nog als heel bijzonder werd gezien. Een waarneming waarover nog maanden daarna gesproken werd. Wat volgde was een duidelijke en sterke opmars in de periode 1980 tot rond 2003. Aan het eind van deze opmars kon men rond 2000-2004 tijdens een duik wel twintig tot veertig en heel soms nog wel meer Zeekreeften zien.



*Figuur 5.4. Aantal Zeekreeften op alle duiklocaties tezamen in de Oosterschelde berekend met methode 4 voor de periode 1979 t/m 2022 (lange tijdreeks).*

## 6. Vergelijkingen van jaar-op-jaar-patronen

### 6.1. Veranderingen in de manier van waarnemen

Indien duikers in de loop van de tijd systematisch op een andere manier gaan waarnemen of aantallen anders gaan inschatten, kan dat leiden tot verkeerde conclusies over de trend. Waarnemers krijgen immers steeds meer ervaring, waardoor de trefkans op het waarnemen van soorten kan toenemen. Voor moeilijk herkenbare soorten zal dit effect beduidend groter zijn dan voor gemakkelijk herkenbare soorten. Met het toenemen van de ervaring zullen waarnemers meer gaan letten op kleinere soorten, zoals zeenaaktslakken. Daardoor wordt per duik een kleinere afstand afgelegd, waardoor de kans op het waarnemen van Zeekreeften kan afnemen. Ook wanneer waarnemers behalve het verder uitbreiden van hun zoekveld naar zeldzame of moeilijk herkenbare soorten ook extra aandacht gaan besteden aan fotografie is dit het geval. Door lang op dezelfde plaats bij onderwerpen te blijven stilliggen, neemt de gemiddelde afgelegde afstand per duik af, en daarmee ook de kans om Zeekreeften waar te nemen.

Hoewel door ANEMOON geen uitgebreid onderzoek is gedaan naar de invloed van de manier van waarnemen, is het wel waarschijnlijk dat in voorkomende gevallen (grote) verschillen zullen zijn tussen waarnemers onderling en hoe zij onder water kijken en organismen tellen en/of aantallen schatten. Veranderingen in trefkansen kunnen daarom ook optreden doordat de waarnemersgroep qua samenstelling verandert. In veel gevallen doen duikers maar een beperkt aantal jaren mee aan het MOO. Daar tegenover staat het feit dat de meeste waarnemingen worden gedaan door een kleinere vaste groep duikers die wel jarenlang aan het MOO meedoen. Met name deze duikers doen ook op jaarbasis veel waarnemingen.

De manier van waarnemen kan in de loop van de tijd geleidelijk veranderen, maar in theorie ook vrij plotseling anders zijn, al dan niet voor een bepaalde periode. Bijvoorbeeld als de interesse van veel waarnemers tegelijkertijd verschuift en ze naar een bepaalde nieuwe soort gaan zoeken. Uit gesprekken met MOO-duikers komt naar voren dat zij de kans op dergelijke groepsmatige gedragsveranderingen klein achten. Onder duikers is een grote variatie aan interesses en komen er steeds nieuwe waarnemers bij die hun eigen ontwikkelingen in interesses doormaken. Men acht het onwaarschijnlijk dat plotselinge interesse-veranderingen invloed hebben gehad op het waarnemen van Zeekreeften. De meeste waargenomen Zeekreeften zijn veel groter dan vrijwel alle andere soorten waarop MOO-waarnemers letten. Ze zijn bovendien goed herkenbaar, ook voor onervaren waarnemers. Veel duikers geven aan dat ze het altijd leuk blijven vinden Zeekreeften te zien en ze altijd zullen blijven melden.

Een ander aspect die de manier van waarnemen stabiliseert is dat bij het MOO is voorgescreven dat waarnemingen steeds door een buddy-paar worden vastgelegd. Duikers bespreken dus na de duik altijd wat ze hebben waargenomen en bepalen in samenspraak per soort de aantalsklassen. Beginnende MOO-waarnemers duiken zoveel mogelijk samen met meer ervaren waarnemers en leren zo het waarnemen, het nabespreken na de duik en het achteraf bekijken en bespreken van foto's.

De verwachting is dat veranderingen in trefkans op het waarnemen van Zeekreeften door veranderingen in ervaring gering zijn. Desondanks, om toch meer zekerheid te krijgen, worden de hieronder aangegeven stappen gezet:

- Een vergelijking maken tussen de jaar-op-jaar-patronen van de Zeekreeft met die van andere soorten. Daarbij wordt dan gezocht naar overeenkomsten. Indien patronen duidelijk verschillen is het aannemelijk dat het patroon niet het gevolg is van waarnemerseffecten, want dan zou de afname van 2004 gevolgd door toename ook bij andere soorten gezien moeten worden. Dit is uitgewerkt in paragraaf 6.2.
- Een vergelijking maken tussen jaar-op-jaar-patronen van de Zeekreeft in verschillende deelgebieden. Ook hierbij wordt gezocht naar overeenkomsten, waarbij we veronderstellen dat veranderingen in de manier van waarnemen in de verschillende deelgebieden eenzelfde effect zou moeten hebben. Dit is uitgewerkt in paragraaf 6.3.
- Het inbouwen van meerdere andere versturende factoren in het model en onderzoeken of die een significant effect hebben. Dit wordt behandeld bij de aanbevelingen (hoofdstuk 8).

## 6.2. Vergelijking met patronen van andere soorten

Onderzocht is of de plotselinge afname in het aantal Zeekreeften rond 2004 gevolgd door geleidelijke toename berekend met methode 4 (GLM met correctie voor zicht, duikduur en dagnummer) ook bij andere soorten is waar te nemen. In het kader van dit project zijn daarom van 19 andere MOO-soorten de jaar-op-jaar-patronen berekend met methode 4 over de periode 1994 t/m 2022 (zie tabel 4.1). Voor de vergelijking zijn soorten gekozen die net als de Zeekreeft goed herkenbaar zijn. De patronen zijn weergegeven in bijlage 1. Uit een visuele vergelijking van deze patronen blijkt het volgende:

- De patronen van de berekende aantallen over de jaren verschillen sterk van soort tot soort. Er zijn geen duidelijke overeenkomsten die wijzen in de richting van veranderingen in de manier van waarnemen of tellen.
- De Noordzeekrab vergt een gelijksoortige manier van waarnemen als de Zeekreeft. Deze krab is groot, goed herkenbaar en verstopt zich ook in holtes. Ook bij de Noordzeekrab is geen daling te bespeuren vanaf 2004 gevolgd door een toename.
- In de jaar-op-jaar-patronen van de verschillende soorten zijn wel overeenkomstige aspecten gevonden. Zo nemen de Fluwelen zwemkrab, de Gewimperde zwemkrab, de Gewone zwemkrab, de Noordzeekrab en de Brokkelster sterk af in 1996 en 1997 om daarna weer sterk toe te nemen. Deze tijdelijke afnames zijn met grote zekerheid het gevolg van de strenge winters van respectievelijk 1996 en 1997. Adema (1991) beschrijft al de grote gevoeligheid van de Fluwelen zwemkrab voor koude winters. Ook zijn er meerdere soorten die een stijgende trend vertonen, zoals de Grijskorstzakpijp en de Druipzakpijp. Deze stijgende trends zijn met zekerheid niet het gevolg van veranderingen in waarnemen, maar zijn werkelijke toenames in aantallen. Het betreft hier geïntroduceerde exoten en ook uit andere bronnen is bekend is dat deze soorten (sterk) toenemen (Ates, 1998; Gittenberger, 2007).

**Conclusie:** Aangezien de afname in 2004 gevolgd door een geleidelijke toename bij de Zeekreeft niet te zien is bij andere soorten, lijkt het er sterk op dat die niet het gevolg zijn van veranderingen in de manier van waarnemen.



### 6.3. Vergelijking van deelgebieden

Alleen voor de Zeekreeft zijn de jaar-op-jaar-patronen van de aantallen berekend met methode 4 voor de volgende vier afzonderlijke (deel)gebieden:

- Het Grevelingenmeer
- Het westelijk deel van de Oosterschelde; het gebied ten westen van de Zeelandbrug (inclusief de MOO-locaties onder de Zeelandbrug)
- Het oostelijk deel van de Oosterschelde; het gebied ten oosten van de Zeelandbrug (exclusief de 'Noordtak')
- De 'Noordtak' van de Oosterschelde; het gebied ten (noord-)oosten van de lijn Ouwkerk - Stavenisse

De patronen zijn weergegeven in figuur 5.1 t/m 5.3.

Als de afname in 2004 gevolgd door de geleidelijke toename veroorzaakt zou zijn door veranderingen in de manier van waarnemen, dan mag worden verwacht dat dit patroon is terug te vinden in alle vier de deelgebieden. Bij het MOO zijn duikers immers niet gekoppeld aan bepaalde duiklocaties. De duikers duiken vaak min of meer willekeurig, steeds op andere MOO-locaties. Voor de Oosterschelde geldt dat duikers alleen op de kentering van het getij kunnen duiken, dus rond het tijdstip van de hoogste waterstand óf juist bij de laagste waterstand, als het water vrijwel niet stroomt. Omdat wachten op de volgende kentering zo'n zes uur duurt, kiezen veel duikers ervoor afwisselend in de Oosterschelde en het Grevelingenmeer te duiken. In het laatste geval omdat deze voormalige zeearm door de Brouwersdam en Grevelingendam is afgesloten en er alleen door de Spuisluis in de Brouwersdam nog een zeer geringe vorm van getij is. Daardoor kan in het Grevelingenmeer op ieder moment van de dag worden gedoken. Om die reden is er géén grote groep duikers die uitsluitend in de Oosterschelde of in het Grevelingenmeer duikt.

Hieronder volgt per deelgebied een bespreking van de patronen in voorkomen van de Zeekreeft van de vier deelgebieden weergegeven in figuur 6.1 a t/m d.

- In het Grevelingenmeer neemt de Zeekreeft sterk toe sinds 1994. Er is geen afname rond 2004 geconstateerd. De toename is vermoedelijk het gevolg van het verder openzetten van de 'Spuisluis Brouwersdam', waardoor er vaak een open verbinding is met de Noordzee. De afname vanaf 2015 is mogelijk een gevolg van de zuurstofloosheid die zich in de zomer steeds vaker in de diepere delen van het Grevelingenmeer voordoet.
- In het oostelijke deel van de Oosterschelde komt een duidelijke afname vanaf 2003 naar voren, gevolgd door een gestaag en duidelijk herstel.
- Voor de Noordtak van de Oosterschelde geldt dat er rond 2003 een daling is, gevolgd door een herstel. Dit is overigens minder gestaag en sterk als in het oostelijke deel. Opvallend is ook de plotselinge afname in 1996 die zich alleen in de Noordtak heeft voortgedaan. Dit is waarschijnlijk het effect van de strenge winter in 1996. Op zich is het niet verwonderlijk dat alleen in de Noordtak de Zeekreeft te lijden heeft gehad van de strenge winter. Hoe verder landinwaarts de waarnemingslocaties ligt, hoe minder uitwisseling er is met het Noordzeewater en hoe kouder het water bij strenge winters wordt. Deze Noordtak is beduidend smaller dan het oostelijke deel van de Oosterschelde, waardoor de watermassa kleiner is en ook daardoor de watertemperatuur in strenge winters sterker kan afnemen.

- In het westelijke deel van de Oosterschelde tekent zich ook een daling af rond 2004, daarna volgt een dynamisch golfpatroon van toe- en afnames, waarbij geen sprake is van een duidelijke trend.

**Conclusie:** Duidelijk is dat de patronen berekend voor de vier deelgebieden van elkaar verschillen. Vooral het verschil tussen de Oosterschelde en het Grevelingenmeer is groot. In het Grevelingenmeer heeft zich geen afname rond 2004 voorgedaan. Ook deze resultaten wijzen erop dat het patroon vastgesteld voor de Oosterschelde daadwerkelijk het gevolg is van populatieveranderingen en niet veroorzaakt is door veranderingen in de manier van waarnemen.



*Figuur 6.1. Zwarte oprolkreeft Galathea squamifera (Foto: Marion Haarsma)*



*Figuur 6.2. Noordzeekrab Carcinus maenas in de Oosterschelde (Foto: Marion Haarsma)*

## 7. Aantalsschatting Oosterschelde

Bij dit onderzoek is in eerste instantie nagegaan of de MOO-data bruikbaar zijn om de aantalsontwikkelingen van de Zeekreeft te volgen. Er is echter nog geen aandacht besteed aan de tweede doelstelling: het schatten van het totale aantal dieren in de Oosterschelde. Het is al op voorhand duidelijk dat de data zich slechts lenen voor het bepalen van totale aantallen Zeekreeften op de MOO-locaties in de Oosterschelde en dan alleen in relatieve zin. De redenen hiervoor zijn:

- Het MOO schrijft duikers niet voor welk oppervlak per duik dient te worden onderzocht.
- De duikers bezoeken slechts een deel van een MOO-locatie, maar exact welk deel is onderzocht wordt niet vastgelegd. Zonder aanvullende informatie is geen schatting te maken van het onderzochte oppervlak en ook niet van de afgelegde route en afstand onder water.
- Het MOO beperkt zich vrijwel geheel tot de verharde oevers van de Oosterschelde. Zeekreeften bevinden zich niet uitsluitend in de oevers maar ook in andere delen van de Oosterschelde (zie figuur 7.1). De MOO-resultaten gelden dus alleen tot voor de oeverzone van de Oosterschelde.

**Conclusie:** De aantallen geschat met methode 4 in dit meetnet zijn momenteel ontoereikend om te helpen bij het schatten van de totale Oosterschelde-populatie. MOO-data zijn wél te gebruiken bij het bepalen van de orde van grootte van het deel van de populatie dat zich langs de Oosterschelde-oevers ophoudt (zie de aanbevelingen gegeven in paragraaf 7.3).



*Figuur 7.1. Zeekreeft in de Oosterschelde, ver van de hard-substraat onderwateroever af gefotografeerd, zonder beschutting van een hol. (Foto: Marion Haarsma)*



## 8. Aanbevelingen

### 8.1. Uitbreiding model met beschikbare informatie

Bij half-gestandaardiseerde meetnetten als het MOO is het nodig data te verzamelen over het waarnemingsproces. Sterk afwijkende duiken kunnen dan worden weggefilterd (bijvoorbeeld van duikers die zich vooral hebben toegelegd op zoeken en fotograferen van bepaalde soorten). Ook kan er statistisch voor dergelijke storende factoren gecorrigeerd worden. Bij dit onderzoek zijn de factoren zicht, duur en dagnummer in het model toegepast (methode 4). Maar er is nog meer verfijning mogelijk.

Op basis van de huidige beschikbare MOO-data kunnen bij vervolgonderzoek nog de volgende parameters aan het model worden toegevoegd om te testen of deze invloed hebben op de waargenomen aantallen.

- **Dag-nacht-variatie** met de waarden: dag (licht), avond (schemer) of nachtduik (donker). Deze parameter kan worden afgeleid uit de duiktijden en het moment van zonsopgang en zonsondergang.  
**Mogelijke effecten:** 's Nachts komen Zeekreeften verder uit hun hol en zijn ze daardoor beter waarneembaar. Zeekreeften lijken zich niet veel aan te trekken van duiklampen. Op meerdere video-opnames tijdens nachtduiken is te zien dat Zeekreeften ondanks het vele licht waarmee ze beschenen worden, onverschrokken hun prooi blijven opeten. De verwachting is dat tijdens nachtduiken de Zeekreeft meer gezien zal worden.
- **Maximale ervaring** met als waarden het maximum aantal MOO-duiken tot dan toe gemaakt door één van beide duikers van het buddypaar.  
**Mogelijke effecten:** een ervaren waarnemer zal naar verwachting meer zien; daardoor kunnen ervaren waarnemers hogere aantallen waarnemen. Maar voor de Zeekreeft kan er ook een tegengesteld effect zijn. Een ervaren waarnemer vindt kreeften wellicht niet meer zo interessant en zal zich meer richten op allerlei kleine organismen die interessanter worden naarmate een waarnemer meer ervaring krijgt.
- **Aantal kleine soorten waarop is gelet** uitgedrukt in een beperkt aantal klassen.  
**Mogelijke effecten:** als waarnemers meer op kleine soorten gaan letten is de verwachting dat ze gedetailleerder hebben gekeken en daardoor een kleinere afstand hebben afgelegd. De trefkans op het waarnemen van Zeekreeften en het aantal waargenomen Zeekreeften zullen daardoor lager uitkomen.
- **Verblijftijd in de getijdenzone.** In het model zoals toegepast bij methode 4 is de duikduur als corrigerende factor opgenomen. Daarnaast kunnen MOO-waarnemers sinds 2019 opgeven hoeveel tijd tijdens een hoogwaterduik werd besteed aan het zoeken in de getijdenzone.  
**Mogelijke effecten:** wanneer met hoog water wordt gedoken en men besteedt veel aandacht en tijd aan het leven in de zone tussen de hoog en laagwaterlijn, dan gaat voor de Zeekreeft waarnemingstijd 'verloren'. In deze getijdenzone komt de Zeekreeft immers niet of nauwelijks voor (wel vlak daaronder zie figuur 8.1). De verblijftijd in de getijdenzone kan worden afgetrokken van de duikduur. Voor de periode vóór 2019 geldt dat er voor wat betreft de duiken bij hoogwater een schatting kan worden gemaakt van de verblijfstijd in de getijdenzone. (Voor andere soorten die wel in de

getijdenzone voorkomen dient vanzelfsprekend geen correctie te worden toegepast voor de verblijftijd in de getijdenzone.)

- **Snorkelduik** met als waarden ja/nee. Pas sinds 2021 kunnen ook snorkelaars meedoen aan het MOO. In het geval van een snorkel-MOO-waarneming dient de waarnemer in het MOO-invoer-portaal op te geven dat het om een snorkel-waarneming gaat.
- **Mogelijke effecten:** Voor bepaalde soorten die vooral aan het oppervlak voorkomen kunnen snorkel- en duik-waarnemingen in één model worden meegenomen. Dit geldt niet voor de Zeekreeft. Snorkelaars verblijven vrijwel alleen aan het wateroppervlak en komen veel minder diep dan duikers. Voor veel soorten is dan de kans ze snorkelend waar te nemen een stuk kleiner dan duikend. Dat geldt ook voor de Zeekreeft. Snorkelwaarnemingen dienen apart te worden geanalyseerd. Voor deze rapportage over de Zeekreeft zijn ze geheel buiten beschouwing gelaten. (Overigens heeft snorkelen voor bepaalde soorten voordelen boven duiken: vooral vissen worden vaak verjaagd door de bellen van de persluchtapparatuur. Snorkelend worden vissen beter en meer waargenomen, zeker 's nachts.)

Aanbevolen wordt het MOO niet nog verder uit te breiden met extra velden. Met de in paragraaf 8.1 genoemde uitbreidingen kan het model al genoeg worden verfijnd.

## 8.2. Uitbreiden van het model met complexere functie voor dagnummer effect

Voor het corrigeren van seizoenseffecten is nu een kwadratische functie van het dagnummer opgenomen, waarbij is verondersteld dat er een parabolisch effect is. Er vanuit gaande dat er alleen waarnemerseffecten spelen, zou dit voldoende kunnen zijn. Uit een model dat het effect van maanden schat op de dagelijkse aanlandingen van Zeekreeften door de Oosterschelde vissers blijkt echter dat rond mei veel minder gevangen wordt. Vissers menen dat dat komt doordat kreeften in die periode beschutting zoeken omdat ze verschalen en omdat vrouwtjes energie steken in het dragen van eitjes (Bleijenberg, 2023). Dit effect dient ook in de MOO-data verder te worden onderzocht. Als er sprake is van een significant effect van de verschaling in mei, dan dient het model daarop te worden aangepast.



*Figuur 8.1. Zeekreeft in de Oosterschelde in de roodwierzone vlak onder de getijdenzone. (Foto: Marion Haarsma)*

### 8.3. Bepalen van het gemiddelde onderzochte oppervlak

Een tweede doel van dit onderzoek is om aan de hand van MOO-data het totale aantal Zeekreeften in de Oosterschelde te berekenen. In hoofdstuk 6 is al aangegeven dat dit met de huidige beschikbare locatiegebonden informatie niet op betrouwbare wijze mogelijk is. Om de orde van grootte van het aantal Zeekreeften in de Oosterschelde per jaar te bepalen, is ook informatie over Zeekreeften in de niet verharde delen van de Oosterschelde nodig. Voor de verharde delen waar het MOO actief is en aan de hand waarvan het aantal per jaar is berekend met methode 4, zijn bovendien nog drie aanvullende parameters nodig:

1. Het totale oppervlak van de verharde onderwateroever in de Oosterschelde beneden de laagwaterlijn
2. De gemiddelde lengte van de route die tijdens een MOO-bezoek wordt afgelegd
3. De gemiddelde breedte van de route waarbinnen Zeekreeften worden geteld

Die informatie kan als volgt worden verkregen:

1. **Oppervlak van de verharde onderwateroever:** Bij Rijkswaterstaat zijn vermoedelijk GIS-bestanden beschikbaar met betrekking tot de verharde onderwateroevers. Daarmee kan het totale oppervlak aan verharde onderwateroever worden berekend dat zich onder de laagwaterlijn bevindt.
2. **Gemiddelde lengte van de route:** Het is niet mogelijk om bij reguliere MOO-duiken de lengte van de afgelegde route te bepalen. Een GPS werkt immers niet onder water. Maar er is wel een schatting te maken van de gemiddelde lengte van de route. Dit kan worden gedaan middels een bepaald aantal MOO-duiken (bijvoorbeeld 50) waarbij de lengte van de route wordt bepaald met behulp van een door het MOO-buddypaar uitgerolde lijn [dubbel-lood-verzwaard touw], terwijl de MOO-duik verder zo normaal mogelijk wordt uitgevoerd. Na de duik is de lengte van de uitgerolde lijn gelijk aan de lengte van de duikroute. Deze bepalingsduiken dienen te worden uitgevoerd door MOO-duikers die representatief zijn gekozen uit alle MOO-waarnemers. Van de waarnemers worden ook kenmerken vastgelegd zoals ervaring en interesses zodat die aspecten kunnen worden meegenomen bij het bepalen van de representatief gemiddelde routelengte. De metingen dienen voor meerdere MOO-locaties gedaan te worden om na te gaan in welke mate er verschillen zijn tussen de diverse locaties en welk verband er is tussen duikduur en lengte van de route.
3. **Breedte van de route:** duikers kijken vooral voorwaarts. De breedte van een route voor een buddypaar kan ingeschat worden op 3 meter. Er zijn geavanceerdere methoden te bedenken om de route breedte te bepalen, maar verwacht wordt dat daarmee niet een grotere nauwkeurigheid valt te behalen.

Met deze parameters is het aantal Zeekreeften in de oeverzone als volgt te berekenen:

$$\text{Aantal kreeften in oeverzone} = \frac{\text{Aantal (methode 4)}}{\text{Aantal locaties gelet op Zeekreeft}} \times \frac{\text{Oppervlak onderwateroever}}{\text{Gemiddeld oppervlak route}}$$

$$\text{Gemiddeld oppervlak route} = \text{gemiddelde route lengte} \times \text{gemiddelde route breedte}$$

## 8.4. Aantal opgegeven Zeekreeften

Methode 4 biedt de mogelijkheid aantallen te bepalen op basis van aantalsklassen. Het is nog beter als de aantallen direct worden genoteerd in plaats van achteraf geschat in een analyse, omdat de resultaten dan betrouwbaarder zijn. Vanwege deze wens is het MOO-invoer-portaal en ook de MOO-invoer-app in het kader van LobSTAR uitgebreid met een extra invoerveld om het aantal Zeekreeften in te voeren. In de loop van 2023 zal dit veld onder de aandacht worden gebracht van duikers met het verzoek ook dit veld systematisch in te vullen. Voor de andere soorten is dit niet gedaan.

Als het invullen van het aantal Zeekreeften geen al te grote belasting voor de duikers blijkt te zijn, wordt aanbevolen om de aantallen op te geven voor drie grootte-klassen:

- Zeekreeften kleiner dan 20 centimeter
- Zeekreeften tussen de 20 en 40 centimeter
- Zeekreeften groter dan 50 centimeter

Mochten niet alle MOO-duikers systematisch Zeekreeften tellen, dan kan dit veld wel als controleveld dienen om na te gaan of de werkwijze met methode 4, wel goed in overeenstemming is met die gebaseerd op echte aantallen.

## 8.5. Stratificatie en weging

Uit hoofdstuk 5 is gebleken dat de jaar-op-jaar-patronen in de drie deelgebieden van de Oosterschelde verschillen vertonen. Overwogen kan worden het deelgebied als factor in het model op te nemen, maar beter is het om de jaar-op-jaar-patronen en de trends voor de Oosterschelde te berekenen uit de resultaten van de afzonderlijke deelgebieden, die dan vervolgens kunnen worden gecombineerd. (van Turnhout et al, 2008).

Methode 4 is met een Baysiaanse techniek uitgevoerd. Toepassing per deelgebied en de uitkomsten daarvan later combineren tot die voor de Oosterschelde als geheel geldt, is met een Bayesiaanse aanpak redelijk eenvoudig. De schattingen per locatie en jaar kunnen namelijk recht-toe-recht-aan worden opgeteld, inclusief hun onzekerheid, door de 'posterior distributions' (d.w.z. het resultaat van de Bayesiaanse analyse) te combineren. Op het CBS wordt die procedure al veelvuldig toegepast bij de berekening van landelijke verspreidingstrends van soorten.

Stratificatie maakt het ook mogelijk bij onevenredige verdeling van MOO-locaties over de lengtes van onderwateroevers van de verschillende deelgebieden, statische weging toe te passen om de gevolgen van die onevenredige verdeling tegen te gaan.

## **8.6. Vergroten van de representativiteit**

Het ziet er naar uit dat duikers steeds meer duiken op populaire duiklocaties. Een belangrijke reden daarvoor is dat veel duiklocaties vroeger nog via kleine weggetjes te bereiken waren met de auto. Nu zijn veel van die wegen niet meer voor auto's toegankelijk. Grote afstanden lopend afleggen met een zware duikuitrusting is geen optie. Sommige andere duiklocaties worden minder bezocht omdat ze qua soorten of omstandigheden minder interessant geworden zijn. Om representatieve trends te kunnen berekenen, wordt aanbevolen de MOO-waarnemerscapaciteit beter over de MOO-locaties te verdelen. Deze aanbeveling wordt thans al in praktijk gebracht middels het MOO-locatie-bescherming-en-adoptieplan, waarbij duikers een vaste MOO-locatie kunnen adopteren en zich 'vastleggen' om daar een bepaald minimum aan duiken per jaar te maken. Deze te adopteren locaties zijn locaties die weinig worden bezocht of lange tijd zelfs helemaal niet meer zijn bezocht. Daarnaast wordt gewerkt aan webpagina's met actuele informatie over de duiklocaties, waarbij per locatie een indicatie wordt gegeven hoe belangrijk het is daar extra waarnemingen van te verkrijgen.

## **8.7. Implementatie van nieuwe methode overdragen aan CBS**

De aansturing van het MOO vindt al enige jaren plaats in het kader van het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM). In dat kader worden vanaf 2023 de trends berekend door het Centraal Bureau voor de Statistiek. Aanbevolen wordt dat methode 4 door het CBS wordt overgenomen en in samenspraak met ANEMOON ook voor alle andere MOO-soorten wordt uitgewerkt. Aanbevolen wordt tevens dat ANEMOON aan de NEM-begeleidingscommissie (waarin ook het CBS vertegenwoordigd is) voorlegt het model 4 met andere storende factoren uit te breiden.

## **8.8. Uitbreiding van de MOO-waarnemerscapaciteit**

Werven, binden, opleiden en aansturen van MOO-waarnemers vindt plaats in het kader van het Netwerk Ecologische Monitoring. Het NEM draagt daarmee zorg voor het duurzaam voortzetten van het MOO. Specifieke uitbreidingen met betrekking tot de monitoring van Zeekreeften vallen echter niet onder het NEM. Om meer inzicht te krijgen in de oorzaken van populatieveranderingen van de Zeekreeft is meer gedetailleerdere informatie over lokale trends nodig. Maar daar zijn dan ook beduidend meer MOO-waarnemingen voor nodig. Aanbevolen wordt dit mogelijk te maken met extra financiering voor werven, binden en opleiden van waarnemers. Ook wanneer extra onderzoek nodig is om aantallen voor de gehele Oosterschelde te bepalen (paragraaf 7.3) kan dit alleen middels extra middelen.



## 8.9. Geopperde maar niet haalbare ideeën

Tijdens dit onderzoek zijn meerdere ideeën naar voren gekomen om het MOO qua methode te verbeteren die na overleg met de MOO-duikers niet haalbaar of wenselijk bleken. Voor de volledigheid worden deze hieronder beschreven.

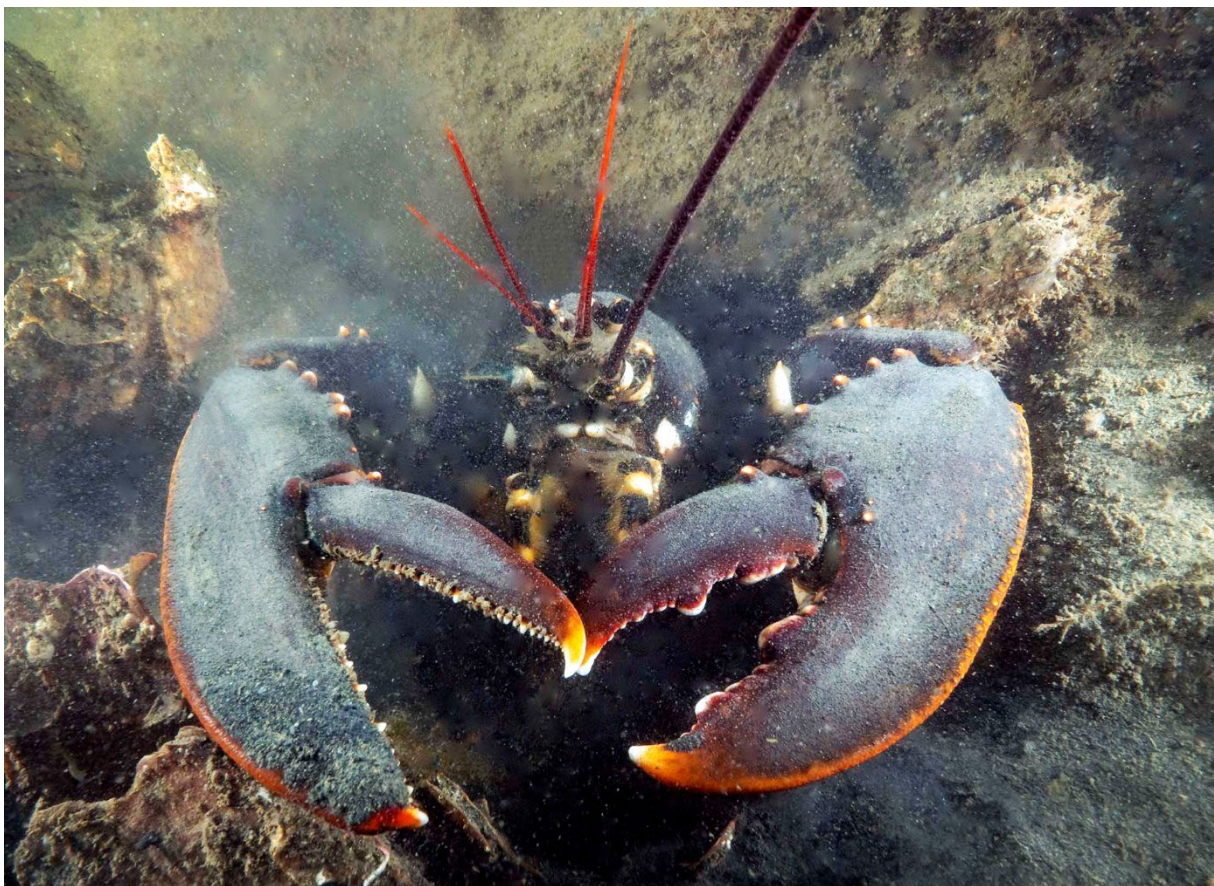
- **Extra abundantieklassen toevoegen aan MOO-methode:**  
Door de huidige aantalsklasse 1-9 exemplaren op te splitsen in 1-3 en 4-9 en de huidige aantalsklasse 10-99 op te splitsen in 10-30 en 31-99, zou het MOO gevoeliger kunnen worden voor het signaleren van kleinere aantalsveranderingen. Uit besprekingen met de MOO-duikers is naar voren gekomen dat een dergelijke uitbreiding wordt ervaren als een verzwaring van het MOO. Duikers vinden het inschatten en onthouden van aantallen nu al lastig, zeker als ze op veel soorten willen letten. Gevorderde waarnemers vinden het letten op veel soorten aantrekkelijk. Om zichzelf dan een restrictie op te leggen om meer aandacht te besteden aan het tellen van slechts één of enkele soorten, voelt onnatuurlijk. Toevoegen van meer klassen heeft ook gevolgen met betrekking tot de invoerschermen op het MOO-invoer-portaal en de MOO-invoer-app. De layout en 'look and feel', cq het gemakkelijk en snel kunnen invoeren is sterk gebonden aan de huidige vier klassen (0, 1, 2 en 3).
- **Waarnemingen van alle soorten in aantallen:**  
Als variant is ook overwogen het MOO zo aan te passen dat MOO-duikers naast het doorgeven van aantalsklassen in een extra veld ook de werkelijke aantallen kunnen doorgeven. Om dit voor alle soorten mogelijk te maken, geldt hetzelfde bezwaar als hierboven is beschreven voor het overstappen naar meer klassen. Alleen voor de Zeekreeft is het kunnen invoeren van werkelijk aangenomen aantallen inmiddels doorgevoerd (zie paragraaf 8.4).
- **Extra monitoringproject voor de Zeekreeft**  
Overwogen is ook om een apart extra vrijwilligersproject op te zetten naast het MOO dat specifiek gericht is op monitoring van de Zeekreeft in de Oosterschelde. Dit idee is niet verder uitgewerkt omdat al snel bleek dat voor dit project onder vrijwilligers momenteel te weinig draagvlak is. Duikers vinden het saai en verliezen hun interesse als ze maar op één soort 'mogen' letten en zich aan een sterk systematische methode moeten houden.
- **Afgelegde duikafstand**  
De afgelegde afstand per duik is mogelijk meer bepalend voor de trefkans en de aantallen waargenomen Zeekreeften dan de duikduur. Voor grote soorten die én in kleine aantallen én op grotere afstanden tot elkaar leven zal dit meer gelden dan voor kleinere soorten die dichter bij elkaar voorkomen en meer geclusterd in grotere aantallen voorkomen. De afgelegde afstand of de route onder water is echter niet te bepalen (een GPS werkt niet onder water). De route van een duik verloopt vaak zeer grillig. Duikers zwemmen tijdens het MOO-waarnemen niet met een duikkompas in een rechte lijn. Zo'n rechte lijn biedt ook geen voordeel bij het treffen van soorten. Hoewel dus geen route en gedoken afstand wordt bepaald en vastgelegd, kan het duikprofiel van de dieptes waarop de duiker tijdens een duik is geweest wél

nauwkeurig worden bepaald met een duikcomputer/duikhorloge. Indien een duiker echter lang op dezelfde diepte verblijft dan is ook daaruit de afstand niet af te leiden. Tijdens het verblijf op een bepaalde diepte kan immers snel of langzaam worden gezwommen. Alvorens de duik te beëindigen zwemt een duiker geholpen door het duikkompas in principe via de bodem richting de oever. Omdat vervolgens boven water nog langs de oever wordt gezwommen naar het startpunt, is de afstand tussen beginpunt en eindpunt van de duik dus geen maat voor de al waarnemend afgelegde afstand.

- **Extra instructies om een vaste route te volgen**

Het meegeven van extra instructies om een enigszins vaste koers te volgen om zo tot een meer gestandaardiseerde afgelegde afstand te komen zal de meeste MOO-duikers afschrikken. Met het navigeren zou bovendien tijd en aandacht verloren gaan die niet besteed wordt aan het waarnemen. Ook dat zou dan een verstorende factor opleveren want niet alle waarnemers zijn daarin even handig.

Los van het feit dat al te strakke instructies niet wenselijk zijn voor waarnemers, zijn er ook voordelen verbonden aan het gegeven dat duikers binnen de duiklocatie steeds weer een andere route nemen. Het ter plaatse onderzochte oppervlak van de duiklocatie wordt door de variatie in afgelegde routes groter. De trefkans op het waarnemen van een soort wordt daardoor minder gevoelig voor plaatselijk veranderingen op een route, hetgeen gunstig is. Elke route bij een MOO-bezoek komt in de praktijk willekeurig tot stand en vormt zo een random steekproef waarbij de kans dus klein is dat verstorende factoren een systematische rol spelen.



*Figuur 8.2. Voor een duiker is de Zeekreeft is altijd weer indrukwekkend.(Foto: Marion Haarsma)*

## 9. Conclusies

### 9.1. Methode

- Het tijdens dit onderzoek ontwikkelde statistisch model biedt een goede oplossing om waargenomen abundantieklassen toegepast bij het Monitoringproject Onderwater Oever om te zetten in aantalstrends. Dit model kan tegelijkertijd corrigeren voor factoren die het waarnemen van Zeekreeften kunnen beïnvloeden.
- Met het model wordt gecorrigeerd voor het zicht-effect, het duikduur-effect en het seizoenseffect (dagnummer). Zoals verwacht worden bij een slechter zicht minder Zeekreeften gezien. Als de duikduur langer is worden meer Zeekreeften gezien. In de zomer en nazomer worden meer kreeften waargenomen dan in de wintermaanden.
- Het model kan nog verder worden verbeterd om te komen tot betere trendschattingen. Het GLM-model toegepast bij methode 4 kan namelijk met nog meerdere andere factoren worden uitgebreid. Daar hoeft de MOO-methode niet speciaal voor te worden aangepast aangezien de benodigde gegevens nu al bij het project worden verzameld.
- De MOO-data zijn goed bruikbaar om aantalstrends te bepalen. Omdat het MOO zich echter beperkt tot de onderwateroever van de Oosterschelde, zijn de data niet geschikt om een totale aantalschatting over de gehele Oosterschelde te kunnen maken. Met aanvullend onderzoek zou een dergelijke bestandschatting wél gemaakt kunnen worden voor de gehele verharde onderwateroever van de Oosterschelde.

### 9.2. Aantalsontwikkelingen Zeekreeft

- Zeekreeften in de Oosterschelde laten een sterke toename zien sinds 1979. Vervolgens is er een plotselinge sterke afname rond 2004 en daarna weer een geleidelijke toename tot circa 2014. Daarna doet zich weer een geringe afname voor, zij het lang niet zo sterk als die plaatsvond rond 2004. De afname sinds 2014 deed zich vooral voor in het oostelijke deel van de Oosterschelde.
- De toename vanaf 1997 is veroorzaakt doordat het zoutgehalte van het water van de Oosterschelde is toegenomen en stabiel is geworden. De oorzaken van de afname rond 2004 en de toename daarna plus de geringe daling vanaf 2014 zijn nog niet opgehelderd. De afname in 1996 in het oostelijke deel van de Oosterschelde is waarschijnlijk het gevolg van de strenge winter.
- Een vergelijking met de jaar-op-jaar patronen van andere soorten in deelgebieden in de Oosterschelde en het Grevelingenmeer geeft aan dat het geschatte aantalsverloop van de Zeekreeft in de Oosterschelde geen waarnemersartefact is, maar de werkelijkheid weerspiegelt.



### 9.3. Algemene conclusies

- Als uitkomst van dit onderzoek mag worden geconcludeerd dat het goed mogelijk is om op routinematige wijze de trends van de Zeekreeft en andere soorten te actualiseren aan de hand van MOO-trends mits het CBS de trendberekeningen met methode 4 voor haar rekening gaat nemen.
- Het MOO-onderzoek is gebaseerd op gegevens van duikende vrijwillige waarnemers. De huidige financiering vanuit het NEM is voldoende om het MOO op het bestaande basisniveau voor te zetten.
- Specifieke uitbreidingen van het MOO, zoals verhogen van de waarnemersinspanning om ook op lokaal niveau populatieveranderingen te kunnen vaststellen en of om de aantallen Zeekreeften te schatten voor de gehele onderwateroever vallen niet onder het NEM. Voor dergelijke specifieke vragen met betrekking tot de Zeekreeft is aanvullende financiering nodig.



*Figuur 9.1. De Zeekreeft half verscholen zijn hol. (Foto: Marion Haarsma)*

## 10. Literatuur

- Ates, R. (1998). De druipzakpijp, *Didemnum lahillei*, Hartmeyer, 1909 in Zeeland. Het Zeepaard 58(4): 101-110.
- Bas, Y., Devictor, V., Moussus, J-P & Jiguet, F. (2008). Accounting for weather and time-of-day parameters when analysing count data from monitoring programs Biodiversity & Conservation 17:3403–3416.
- Bogaart, P.W., van der Loo, M. & Pannekoek, J. (2017). RTRIM: Trends and Indices for Monitoring Data, R package version 1.0.1. <https://CRAN.R-project.org/package=rtrim>.
- Bleijenberg, J. (2023). Samenvatting databronnen kreeften Oosterschelde: Inventarisatie bestaande bronnen en beoordeling van hun geschiktheid voor het maken van een bestandsschatting. Wageningen Marine Research report C025/23.
- Duarte, A., Adams, M.J. & Peterson, J.T. (2018). Fitting N-mixture models to count data with unmodeled heterogeneity: Bias, diagnostics, and alternative approaches Ecological Modelling 374 (2018) 51–59.
- Ficetola, G.F., Barzaghi, B., Melotto, A., Muraro, M., Lunghi, E., Canedoli, C., Lo Parrino, E., Nanni, V., Silva-Rocha, I., Urso, A., Carretero, M.A., Salvi, D., Scali, S., Scari, G., Pennati, R., Andreone, F. & Manenti, R. (2018). N-mixture models reliably estimate the abundance of small vertebrates. Scientific Reports 8:10357, doi:10.1038/s41598-018-28432-8.
- Gittenberger, A. (2007). Recent population expansions of non-native ascidians in The Netherlands. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 342: 122-126.
- Gmelig Meyling A.W, de Bruyne R.H., Gittenberger A, Schrieken N (1999). Het Duiken Gebruiken. Gegevensanalyse van fauna-onderzoek met sportduikers in de Zeeuwse kustwateren (Monitoringproject Onderwater Oever). Seizoenspatronen, trends en verspreiding van 117 mariene organismen. Periode 1994-1998. Heemstede. 293 pp?
- Gmelig Meyling A.W., de Bruyne R.H. (2003). Het Duiken Gebruiken 2. Gegevensanalyse van het Monitoringproject Onderwater Oever, Fauna-onderzoek met sportduikers in de Oosterschelde en het Grevelingenmeer. Heemstede. 94 pp?
- Gmelig Meyling A.W., van Lente I, Schrieken N, et al (2013) Het Duiken Gebruiken 3. Gegevensanalyse van het Monitoringproject Onderwater Oever (MOO), Fauna-onderzoek met sportduikers in Oosterschelde en Grevelingenmeer. Periode 1994 t/m 2012. Bennebroek. Aantal 192?
- Irvine, K.M., Wright, W.J., Shanahan, E.K & Rodhouse T.J. (2019). Cohesive framework for modelling plant cover class data. Methods in Ecology and Evolution 10: 1749–1760.
- Link, W.A., Schofield, M.R., Barker, R.J. & Sauer, J.R. (2018). On the robustness of N-mixture models. Ecology, 99: 1547–1551.
- Loos, L.M. van der & Gmelig Meyling, A.W. (2019). Het Duiken Gebruiken 4. Gegevensanalyse van het Monitoringproject Onderwater Oever (MOO). Fauna-onderzoek met sportduikers in Oosterschelde en Grevelingenmeer. Periode 1994 t/m 2018. 86 pp, 4 bijlages.
- Mackenzie, D.I., Nichols, J.D., Royle, J.A., Pollock, K.H., Hines, J.E. & Bailey, L.L. (2018). Occupancy estimation and modeling: inferring patterns and dynamics of species occurrence. Elsevier, San Diego, USA. Second edition.
- Kelling, S., Johnston, A., Bonn, A., Fink, D., Ruiz-Gutierrez, V., Bonney, R., Fernandez, M., Hochachka, W.M., Julliard, R., Kraemer, R., & Guralnick, R. (2019.) Using

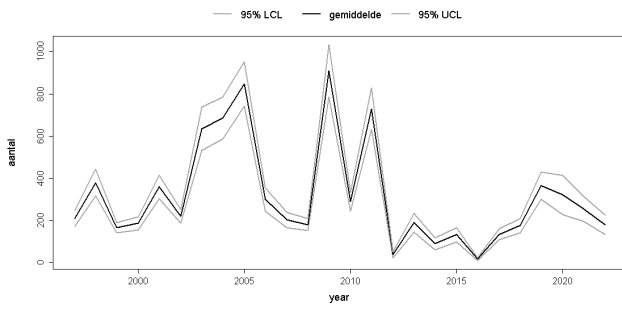
- semistructured surveys to improve citizen science data for monitoring biodiversity. *Bioscience* 69:170–179.
- Plummer, M. (2009). JAGS Version 1.0.3 manual. <https://sourceforge.net/projects/mcmc-jags/>
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Royle, J. A. (2004). N-mixture models for estimating population size from spatially replicated counts. *Biometrics* 60, 108–115. doi:10.1111/j.0006-341X.2004.00142.x
- Ter Braak, C.J.F., van Strien, A.J., Meijer, R. & Verstrael, T.J. (1994). Analysis of monitoring data with many missing values: which method? In: E.J.M. Hagemeyer & T.J. Verstrael (eds.), 1994. Bird Numbers 1992. Distribution, monitoring and ecological aspects. Proceedings of the 12th International Conference of IBCC and EOAC, Noordwijkerhout, The Netherlands. Statistics Netherlands, Voorburg/Heerlen & SOVON, Beek-Ubbergen, p. 663-673.
- Turnhout, C.A.M. van, Willems, F., Strien, A. van, Plate, C., Teunissen, W., Dijk, A. van & Foppen, R. (2008). Monitoring common and scarce breeding birds in the Netherlands: applying a post-hoc stratification and weighting procedure to obtain less biased population trends. *Revista Catalana d'Ornitologia* 24:15-29.
- Visser, H (2003). Detectie van milieuveranderingen. Een toepassing van Structurele Tijdreeksmodellen en het Kalmanfilter. Bilthoven. 97 pp.
- Visser, H (2004) Detection of Environmental Changes. Description of the TrendSpotter software. Bilthoven. 65 pp.

# Bijlage 1

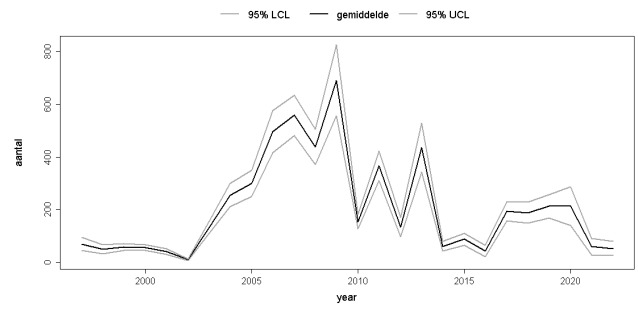
Jaar-op-jaar-patronen van de andere onderzochte soorten  
berekend met methode 4

# Sponsen

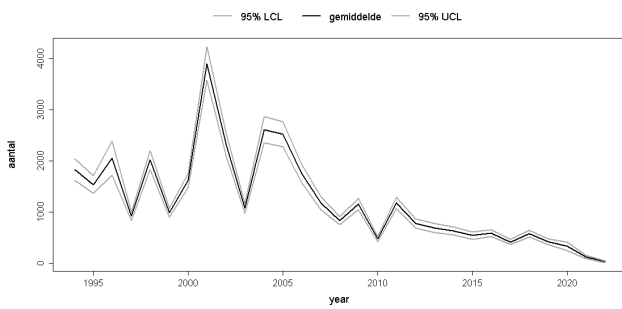
### Paarse\_buisjesspons Oosterschelde



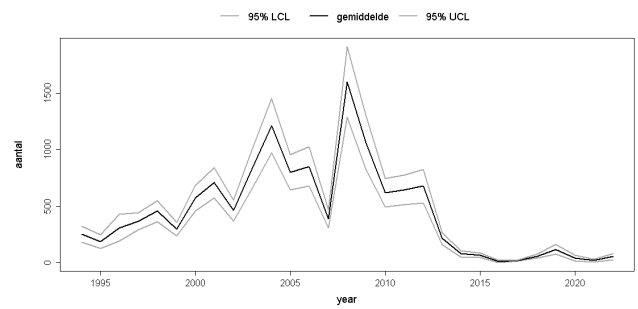
### Paarse\_buisjesspons Grevelingenmeer



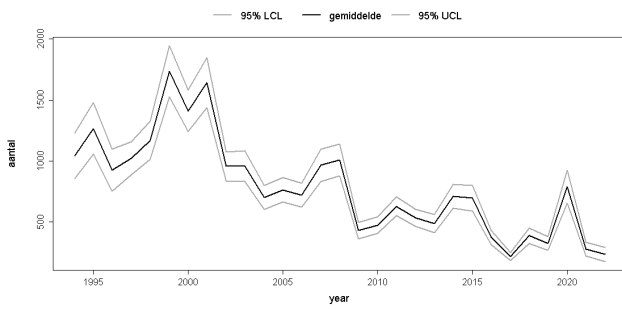
### Geweispons Oosterschelde



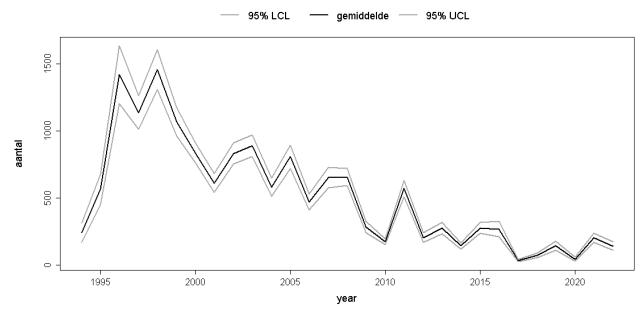
### Geweispons Grevelingenmeer



### Boorspons Oosterschelde



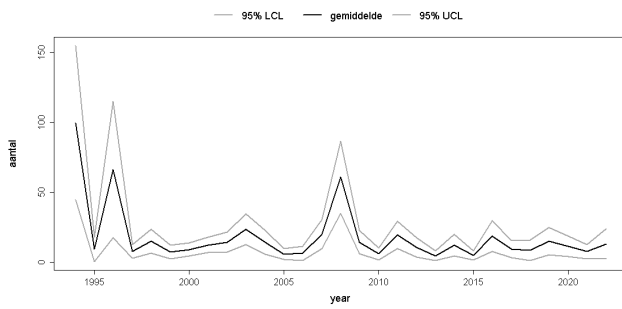
### Boorspons Grevelingenmeer



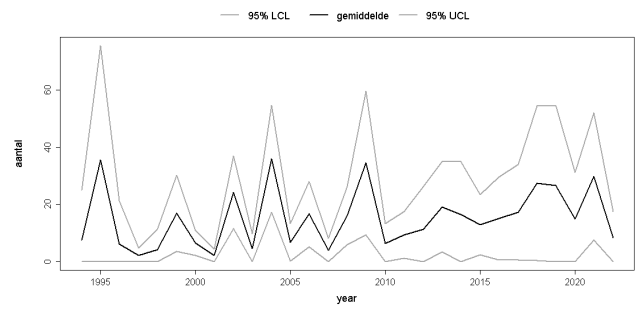


## Zee-anemonen en wormen

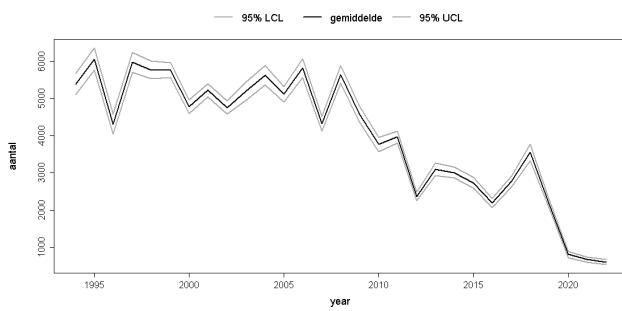
### Zeedahlia Oosterschelde



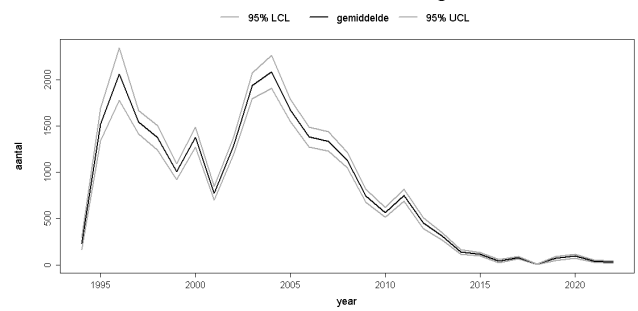
### Zeedahlia Grevelingenmeer



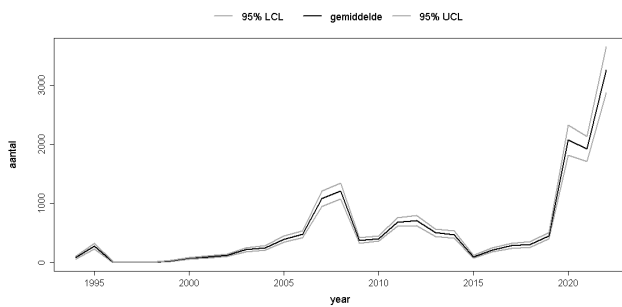
### Golfbrekeranemoon Oosterschelde



### Golfbrekeranemoon Grevelingenmeer

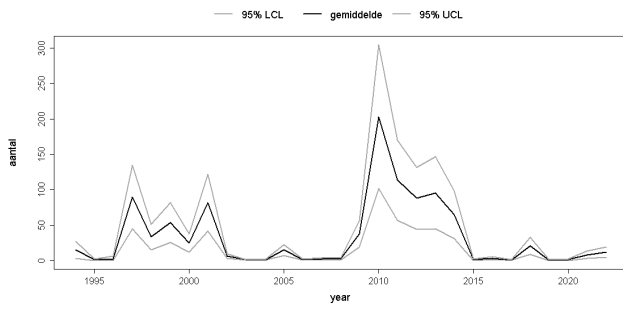


### Pauwkokerworm Oosterschelde

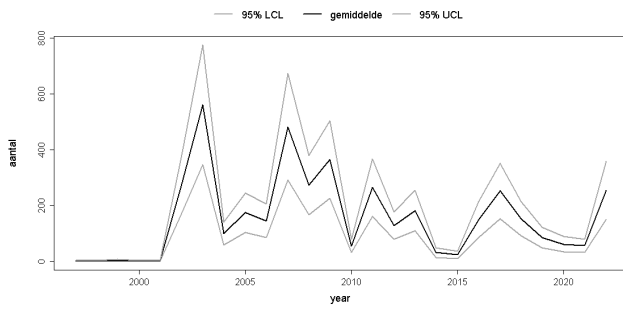


# Zeenaaktslakken

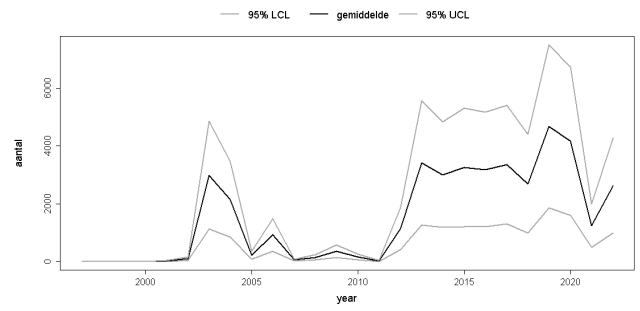
### Boompjesslak Oosterschelde



### Groene\_wierslak Oosterschelde

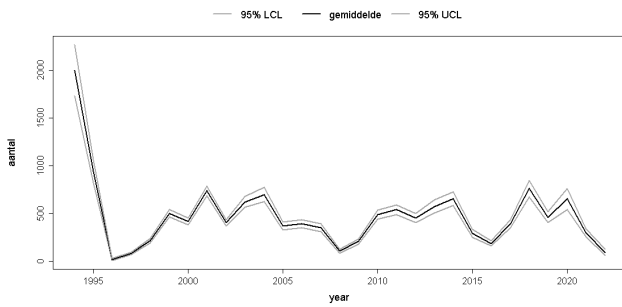


### Groene\_wierslak Grevelingenmeer

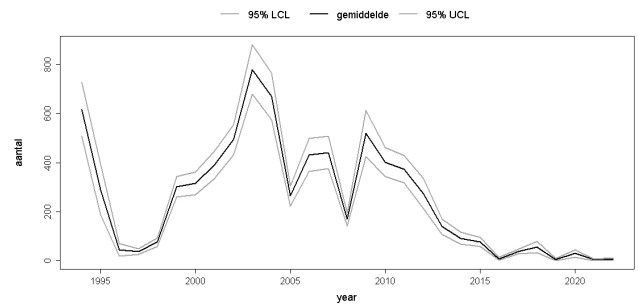


# Krabben

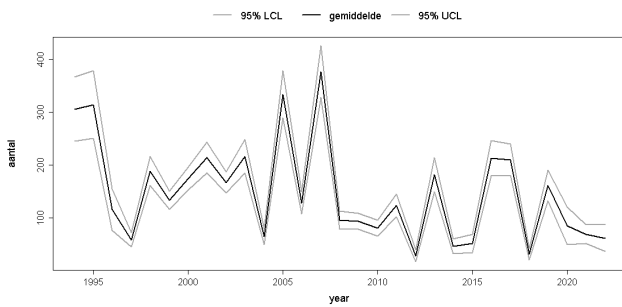
### Gewimperde\_zwemkrab Oosterschelde



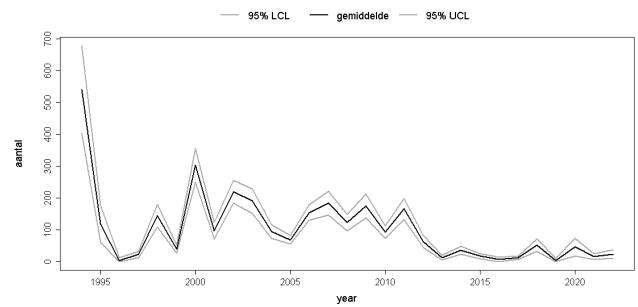
### Gewimperde\_zwemkrab Grevelingenmeer



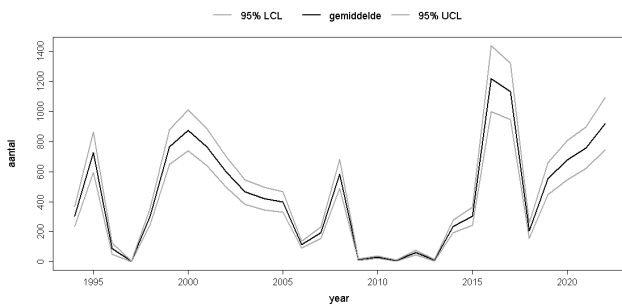
### Gewone\_zwemkrab Oosterschelde



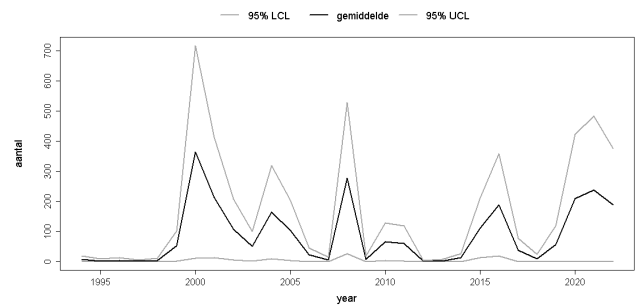
### Gewone\_zwemkrab Grevelingenmeer



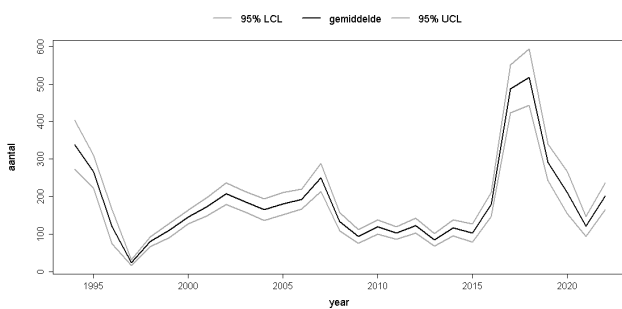
### Fluwelen\_zwemkrab Oosterschelde



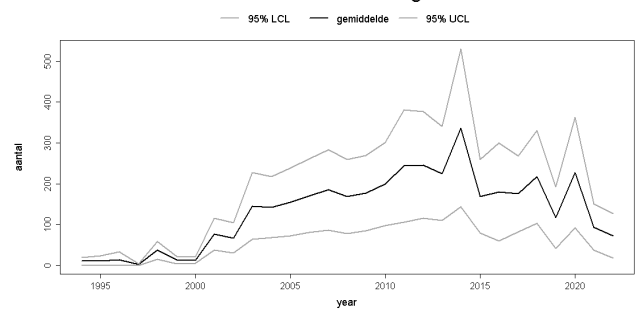
### Fluwelen\_zwemkrab Grevelingenmeer



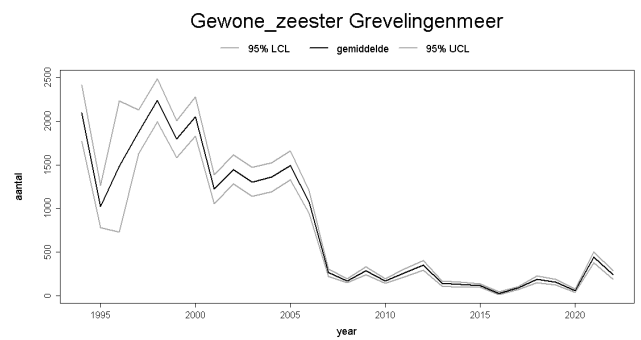
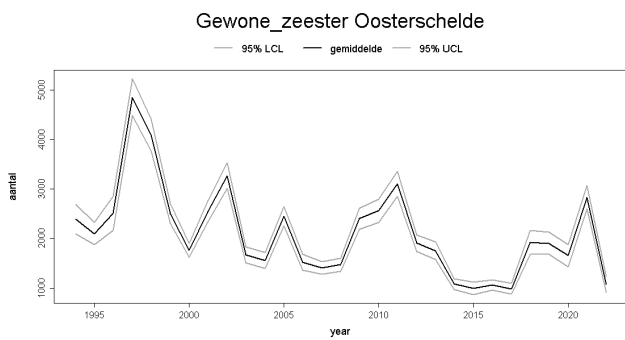
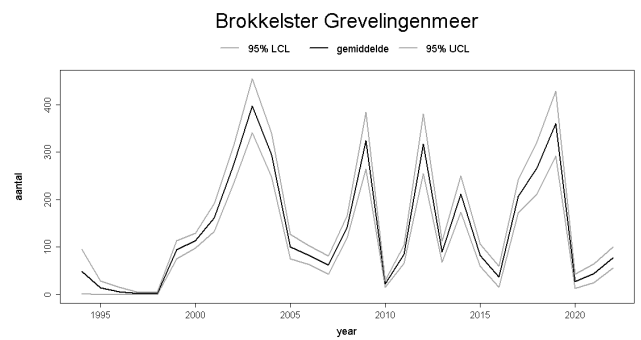
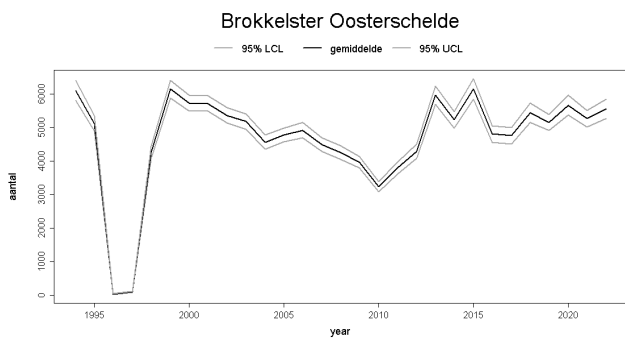
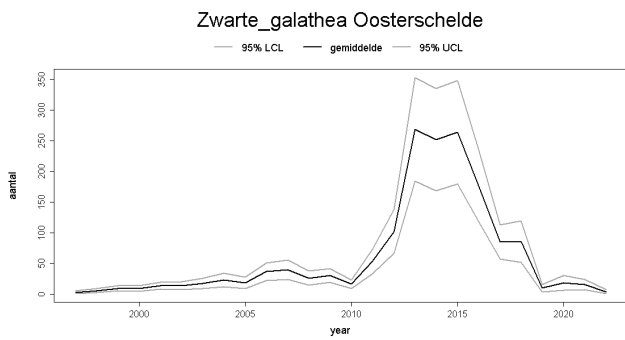
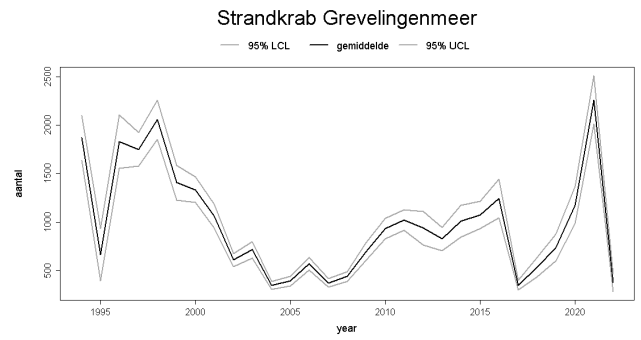
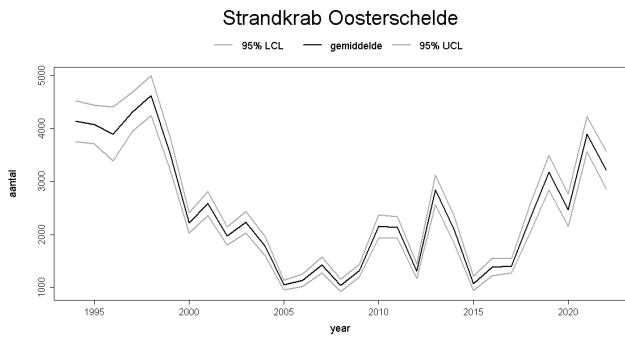
### Noordzeekrab Oosterschelde



### Noordzeekrab Grevelingenmeer

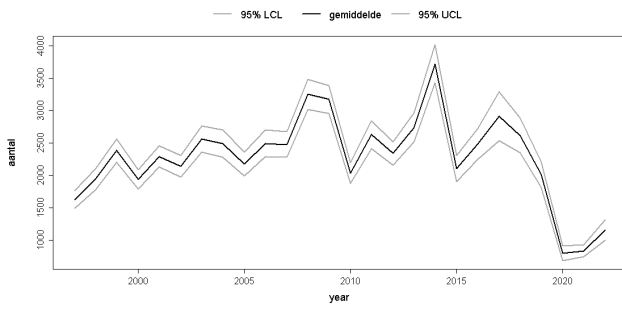


# Krabben (vervolg), oprolkreeften en stekelhuidigen

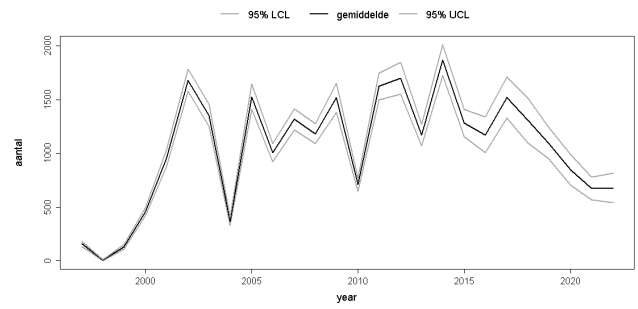


# Zakpijpen

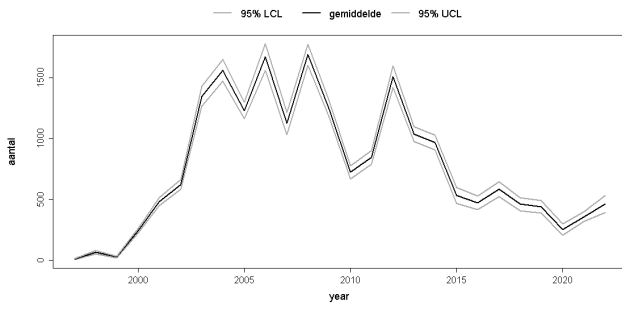
### Druipzakpijp Oosterschelde



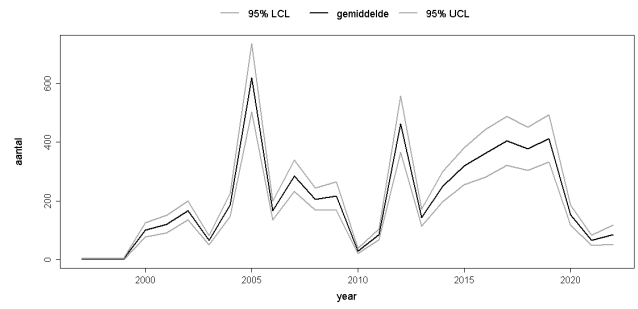
### Druipzakpijp Grevelingenmeer



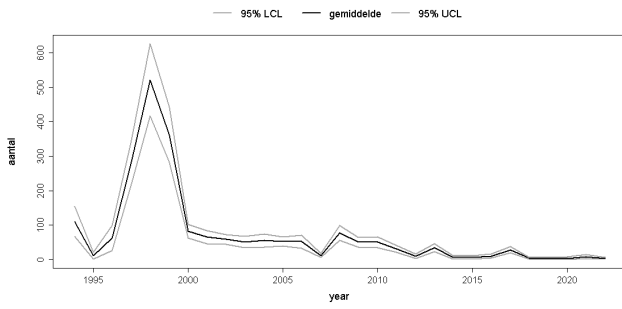
### Grijze\_korstzakpijp Oosterschelde



### Grijze\_korstzakpijp Grevelingenmeer



### Gesterde\_geleikorst Oosterschelde



### Gesterde\_geleikorst Grevelingenmeer

