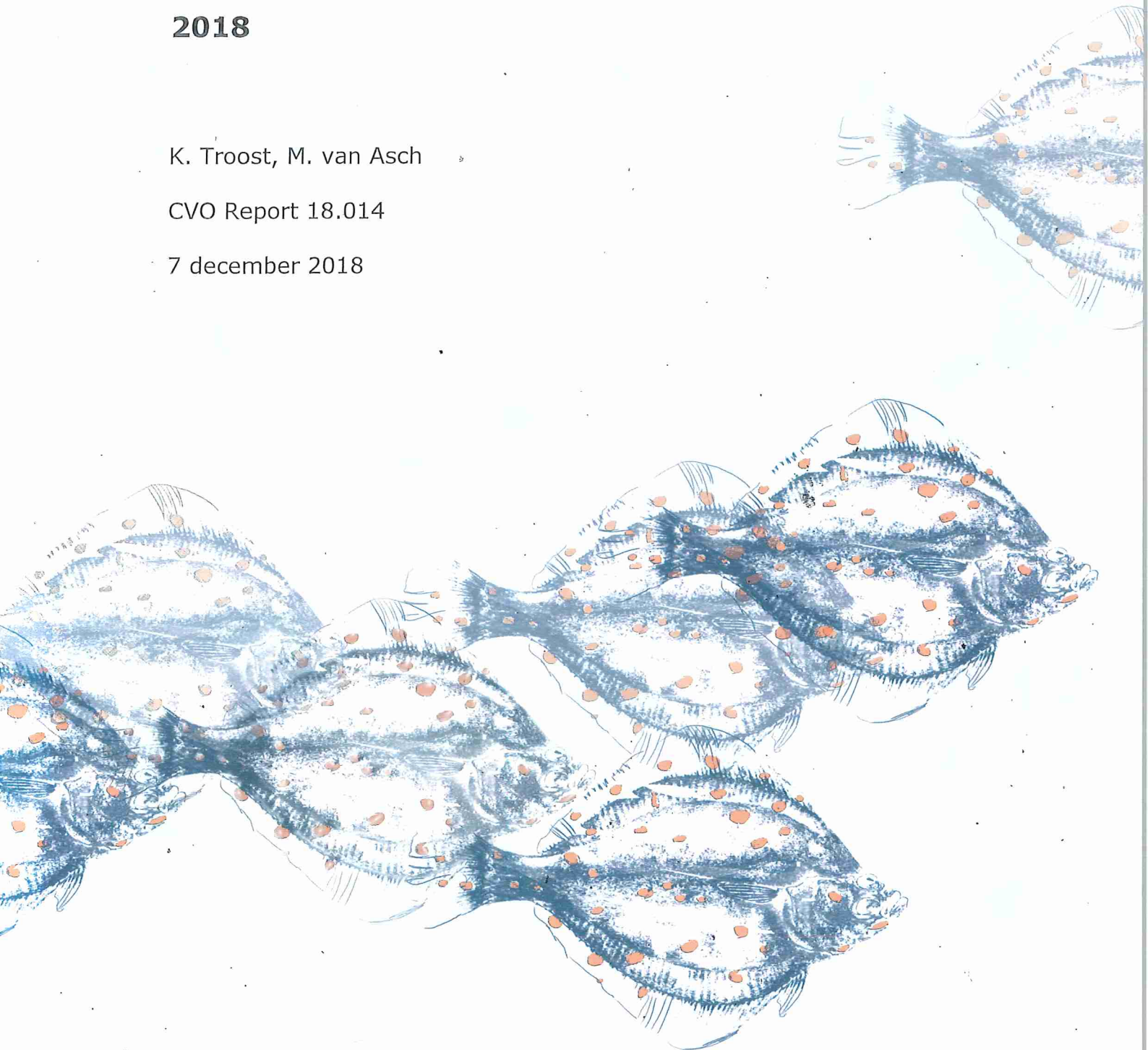


Herziene schatting van het kokkelbestand in de Waddenzee en Oosterschelde in het najaar van 2018

K. Troost, M. van Asch

CVO Report 18.014

7 december 2018



Stichting Wageningen Research Centrum voor Visserijonderzoek (CVO)

Herziene schatting van het kokkelbestand in de Waddenzee en Oosterschelde in het najaar van 2018

K. Troost & M. van Asch

CVO rapport: 18.014

Opdrachtgever:
Wilbert Schermer Voest
Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

Projectnummers: 4311208017 en 4318100235
BAS code: WOT-05-001-008 en BO-43-023.02-028

Publicatiedatum: 7 december 2018

Stichting Wageningen Research
Centrum voor Visserijonderzoek (CVO)
Postbus 68
1970 AB IJmuiden
Tel. 0317-487418
Fax. 0317-487326

Bezoekadres:
Haringkade 1
1976 CP IJmuiden

Dit rapport is gratis te downloaden van: <https://doi.org/10.18174/460535>

© 2018 CVO

De Stichting Wageningen Research -
Centrum voor Visserijonderzoek is
geregistreerd in het Handelsregister
Gelderland nr. 09098104,
BTW nr. NL 8089.32.184.B01

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

CVO rapport NL V07

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1 Inleiding	5
1.1 Probleemstelling	5
1.2 Doelstelling	5
2 Methoden	7
2.1 Monstername	7
2.2 Berekeningen	8
3 Resultaten	10
3.1 Sterfte	10
3.2 Groei	12
3.3 Bestand	13
4 Discussie en conclusies	14
4.1 Waddenzee	14
4.2 Oosterschelde.....	17
Kwaliteitszorg.....	19
Ondertekening.....	19
Literatuur	20
Bijlage.....	21

Samenvatting

Ieder voorjaar inventariseert Wageningen Marine Research (WMR) in opdracht van het ministerie van LNV het kokkelbestand in de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde. De inventarisatie vindt plaats in het voorjaar. Op basis van de uitkomsten van deze voorjaarsurvey wordt een schatting gemaakt van het kokkelbestand dat op 1 september aanwezig zal zijn (het najaarsbestand). Op basis van het geschatte najaarsbestand wordt door het bevoegd gezag bepaald hoeveel kokkels opgevist mogen worden.

Schattingen van de bestandsgroottes van kokkels op 1 september worden verkregen door extrapolatie van de WMR bemonsteringen rond 1 mei met behulp van groei- en sterftefactoren. Zo wordt aangenomen dat in de periode tussen 1 mei en 1 september een sterfte optreedt van 28%. In de zomer van 2018 werd echter een extreem hoge sterfte waargenomen onder kokkels, waarschijnlijk als gevolg van een lang aanhoudende hittegolf in juli en augustus. Het vermoeden was daarom dat het najaarsbestand van kokkels in 2018 sterk is overschat.

Met als doel om in te schatten hoeveel kokkels zijn gestorven in de zomer van 2018, en een herziene schatting te maken van het bestand aanwezig op 1 september 2018, is in augustus en september een herbemonstering uitgevoerd in de Waddenzee en Oosterschelde, door WMR en medewerkers van de Waddenunit en de visserijkundig ambtenaren van Zuidwest Nederland. De monsters zijn verwerkt door WMR in Yerseke en uit de resultaten is een herziene bestandsschatting berekend.

In de Waddenzee werd onder kokkels van 2 jaar en ouder inderdaad een verhoogde sterfte waargenomen, van respectievelijk 60 en 66%. Onder 1-jarige kokkels werd geen verhoogde sterfte waargenomen. Daarnaast werd veel levend broed (0-jarig) aangetroffen. Uit een vergelijking van het individuele versgewicht tussen voorjaar en najaar bleek netto geen groei opgetreden te zijn, ook niet onder de 1-jarige kokkels. Het oogstbare bestand aanwezig op 1 september 2018 is geschat op 20,7 miljoen kg versgewicht, en 3,1 miljoen kg vleesgewicht. Dit is 80% lager dan de oorspronkelijke schatting.

Ook in de Oosterschelde werd een verhoogde sterfte waargenomen, ook onder de 1-jarige kokkels. Met sterftepercentages tussen de 90% voor 1-jarige kokkels en 96% voor meerjarige kokkels lag de zomersterfte in de Oosterschelde duidelijk hoger dan in de Waddenzee. Dit resulteerde in een fors lagere schatting van het najaarsbestand, van 4,5 miljoen kg versgewicht en 0,05 miljoen kg oogstbaar vleesgewicht. Het oogstbare bestand ligt daarmee 99% lager dan de oorspronkelijke schatting.

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

Jaarlijks wordt ten behoeve van de kokkelvisserij het bestand aan kokkels in de Waddenzee en Deltawateren (Oosterschelde en de Westerschelde) geïventariseerd. Deze inventarisatie vindt plaats door Wageningen Marine Research (WMR) in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) onder BAS code: WOT-05-001-018. De bestandsschatting wordt uitgevoerd in het voorjaar (april-juni). Schattingen van de bestandsgroottes van kokkels op 1 september worden verkregen door extrapolatie van de WMR bemonsteringen rond 1 mei met behulp van groei- en sterftefactoren. Op basis van dit najaarsbestand wordt door het bevoegd gezag vastgesteld hoeveel kokkels opgevist mogen worden (Van Asch *et al.*, 2018).

In de berekening van het najaarsbestand wordt gewerkt met gemiddelde waarden voor groei en sterfte tijdens de zomermaanden (zie Van Asch *et al.*, 2018). Zo wordt aangenomen dat in de periode van 1 mei tot 1 september 28% van de kokkels een natuurlijke dood sterft. Deze waarde is experimenteel vastgesteld als een gemiddelde over meerdere jaren. Uit een evaluatie van deze methode (Kamermans *et al.*, 2003) bleek dat de zomersterfte met deze methode niet structureel wordt over- of onderschat. In juli en begin augustus 2018 heeft zich echter een uitzonderlijk omvangrijke kokkelsterfte voorgedaan in de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde. Dit is in de periode van 25 juli tot 15 augustus vastgesteld door onderzoekers van Wageningen Marine Research en visserijkundige ambtenaren in de Waddenzee en Zeeuwse wateren. Op veel plaatsen waren de platen bezaaid met stervende en pas gestorven kokkels, al dan niet met het vlees nog in de schelpen. Op meerdere locaties werd visueel een sterfte van minstens 80% geschat. Daarom is het geschatte bestand op 1 september 2018 zeer waarschijnlijk sterk overschat.

Middels een Kennisdeskvraag binnen BO-thema Natuurinclusieve Visserij (BO-43-023.02-028) heeft het Ministerie van LNV aan WMR gevraagd om een herziene schatting te maken van het kokkelbestand aanwezig in september in de Waddenzee. Binnen het WOT programma (WOT-05-001-008) is een herziene schatting gemaakt van het septemberbestand in de Oosterschelde, ook in opdracht van het ministerie van LNV.

1.2 Doelstelling

Doelstelling van het project was het maken van een herziene bestandsschatting voor kokkels in de Waddenzee en Oosterschelde. Dit is aangepakt middels een herbemonstering van een deel van de in het voorjaar reeds bemonsterde monsterpunten. Hieruit is geschat welk sterftepercentage is opgetreden onder verschillende leeftijdsklassen, en hoe snel de kokkels gegroeid zijn in de periode tussen de voorjaarssurvey en de herbemonstering. Vervolgens zijn in de berekening van het najaarsbestand uit het voorjaarsbestand de aangenomen waarden voor groei en sterfte vervangen voor de waarden zoals vastgesteld uit de herbemonstering.



Figuur 1. Lege kokkelschelpen op de Slikken van de Dortsman in de Oosterschelde. Sterfte werd waargenomen onder alle leeftijdsklassen (onder).

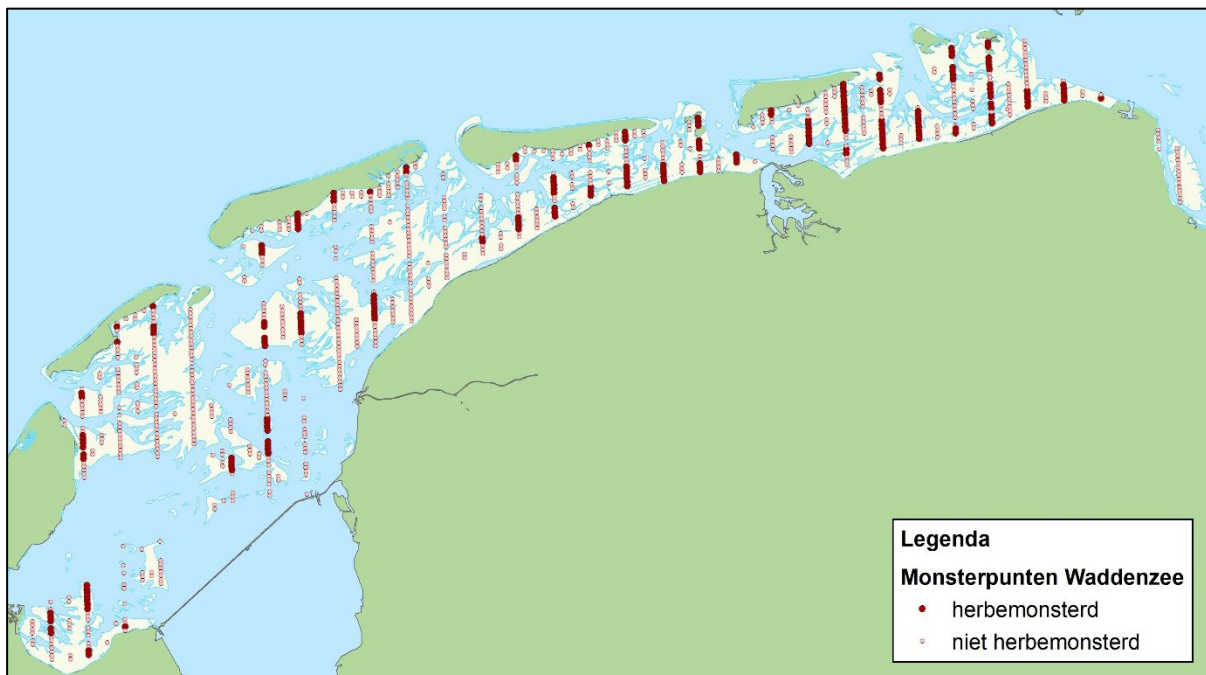
2 Methoden

2.1 Monstername

2.1.1 Waddenzee

In de Waddenzee zijn 200 van de in totaal 928 monsterpunten herbemonsterd, in de periode van 22 t/m 31 augustus 2018. De herbemonsterde monsterpunten zijn weergegeven in (Figuur 2). Alle herbemonsterde punten liggen op de 30 noord-zuid lopende raaien (stratum IV, Van Asch *et al.*, 2018), waarbij alleen monsterpunten zijn herbemonsterd waarop in het voorjaar kokkels zijn aangetroffen. Monsterpunten waarop in het voorjaar géén kokkels zijn aangetroffen zijn in principe buiten beschouwing gelaten (uitgezonderd 17 monsterpunten die tussen andere te herbemonsteren punten lagen en waarvoor de kans op aantreffen van kokkels relatief groot geacht werd). Deze opzet had als doel om de herbemonsterde punten zo gelijkmatig mogelijk te verspreiden over de gehele Waddenzee en over alle dichtheidsklassen, om op die manier eventuele ruimtelijke verschillen in sterfte en groei, en een eventuele dichtheidsafhankelijke sterfte, zoveel mogelijk te integreren in de herberekening. Het grotendeels uitsluiten van de monsterpunten waarop in het voorjaar geen kokkels waren aangetroffen, had als doel om de herbemonstering zoveel mogelijk te concentreren in de gebieden waar het grootste deel van het kokkelbestand aanwezig was.

De herbemonstering is volledig uitgevoerd door de Waddenunit van LNV (schepen *Phoca*, *Asterias*, *Krukel* en *Harder*), met kokkelschepje en steekring (voor methodiek zie Van Asch *et al.*, 2018). De monsters zijn aan boord gesorteerd en ingevroren, en middels gekoeld transport naar het laboratorium van WMR in Yerseke verzonden. Uitwerking van de monsters was identiek aan de werkwijze bij de reguliere WOT survey in het voorjaar (zie Van Asch *et al.*, 2018), met als enige uitzondering dat de aangetroffen overige soorten alleen geteld zijn en niet gewogen.

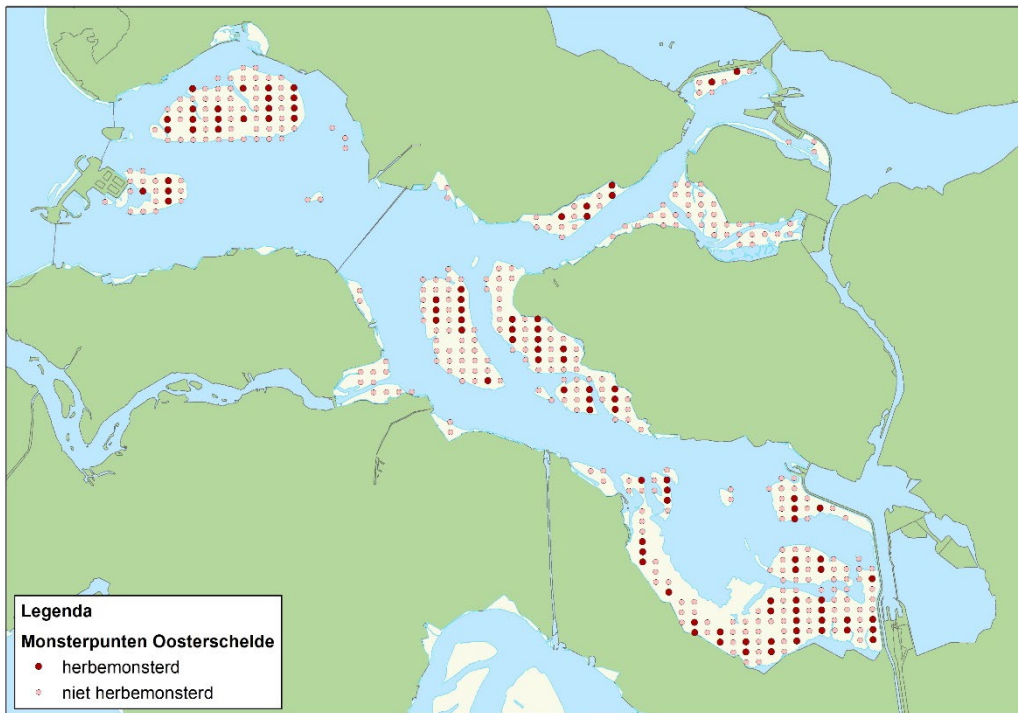


Figuur 2. Ligging van de monsterpunten in de Waddenzee. Van de 928 in het voorjaar bemonsterde punten zijn in het najaar 200 punten herbemonsterd (de donkerrode stippen).

2.1.2 Oosterschelde

In de Oosterschelde zijn 97 van de in totaal 418 monsterpunten herbemonsterd (Figuur 3), in de periode van 17 augustus tot en met 1 oktober. Ook hier was de opzet om de herbemonsterde punten zo gelijk mogelijk te verdelen over het hele gebied, en over de aanwezige gradiënten in kokkeldichtheid (in het voorjaar) en diepteligging. In de Oosterschelde zijn geen monsterpunten herbemonsterd waarop in het voorjaar geen kokkels aangetroffen waren.

De herbemonstering is uitgevoerd door de visserijkundig ambtenaren Zuid-West Nederland met de schepen *Luctor* en *Regulus*, en door medewerkers van WMR. De monsters genomen door WMR zijn direct in het laboratorium verwerkt. De monsters genomen met *Luctor* en *Regulus* zijn aan boord gesorteerd en ingevroren, en vervolgens naar het laboratorium in Yerseke gebracht. Uitwerking van de monsters was identiek aan de werkwijze bij de reguliere WOT survey in het voorjaar (zie Van Asch *et al.*, 2018), met als enige uitzondering dat de aangetroffen overige soorten alleen geteld zijn en niet gewogen. Daarnaast is van de kokkels uit de Oosterschelde de schelpenlengte gemeten, tot op de millimeter nauwkeurig.



Figuur 3. Ligging van de monsterpunten in de Oosterschelde. Van de 418 in het voorjaar bemonsterde punten zijn in het najaar 97 punten herbemonsterd (de donkerrode stippen).

2.2 Berekeningen

2.2.1 Sterfte

Het sterftepercentage in de periode tussen de voorjaarssurvey en de herbemonstering is per leeftijdsklasse (1-jarig, 2-jarig en meerjarig) berekend uit de gemiddelde dichtheid (aantal per m²) in het voorjaar en najaar, als:

$$M = 100 - \left[100 \times \left(\frac{d_{nj}}{d_{vj}} \right) \right]$$

Waarbij: M = mortaliteit (sterfte, %)
 d_{nj} = gemiddelde dichtheid in het najaar (n/m²)
 d_{vj} = gemiddelde dichtheid in het voorjaar (n/m²)

De gemiddelde dichtheid in het voorjaar en najaar zijn beiden berekend over de herbemonsterde punten (dus 200 in de Waddenzee en 97 in de Oosterschelde).

2.2.2 Groei

De groei in de periode tussen de voorjaarssurvey en de herbemonstering is per leeftijdsklasse berekend als het verschil in individueel natgewicht (inclusief de schelp) tussen het najaar en het voorjaar. Hiertoe is voor beide seizoenen en per leeftijdsklasse het gemiddelde individuele gewicht berekend over de herbemonsterde punten. Middels een ANOVA is getoetst of er een significant verschil was in individueel gewicht tussen het voorjaar en het najaar (met IBM SPSS Statistics 23).

2.2.3 Bestand

Het kokkelbestand aanwezig op 1 september in de Waddenzee is op twee verschillende manieren herberekend. Volgens de eerste methode (methode I, zie volgende paragraaf) is gerekend met aangepaste waarden voor groei en sterfte, welke middels de herbemonstering zijn vastgesteld. Volgens de tweede methodiek (methode II, zie hieronder) is niet gewerkt met aangepaste waarden voor groei en sterfte, maar is uit de herbemonstering berekend met welke factor het gemeten bestand lager was dan het voorspelde bestand. De methoden staan hieronder uitgebreider beschreven. De eerste methodiek bleek niet toegepast te kunnen worden op de Oosterschelde omdat de sterfte daar zodanig groot was dat er onvoldoende dieren overbleven voor een betrouwbare schatting van de groei.

Methode I

Volgens de eerste methode (methode I) is het najaarsbestand in de Waddenzee herberekend door de standaard waarden voor sterfte en groei te vervangen voor waarden die op basis van de herbemonstering zijn vastgesteld. Het najaarsbestand is dus geschat door de bestandsopname in het voorjaar te extrapoleren naar het najaar, op dezelfde wijze zoals dit jaarlijks wordt uitgevoerd, maar waarbij de waarden voor groei en sterfte zijn aangepast. Voor een uitleg van de reguliere werkwijze wordt verwezen naar Van Asch *et al.* (2018).

Methode II

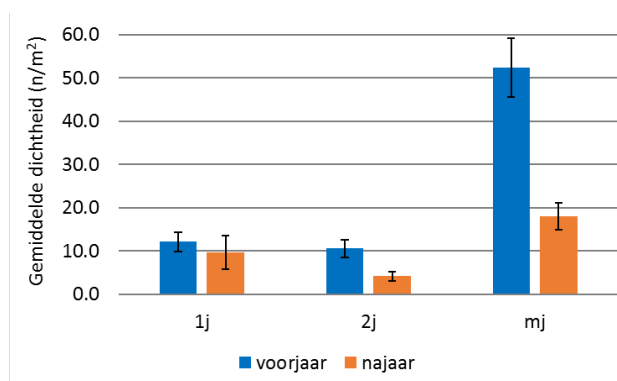
Volgens de tweede methode (methode II) is voor de herbemonsterde punten volgens de reguliere wijze een extrapolatie gemaakt van de resultaten uit het voorjaar naar een voorspeld bestand op 1 september. Vervolgens is voor dezelfde punten uit de resultaten van de herbemonstering berekend welk bestand daadwerkelijk is aangetroffen. Door het aangetroffen bestand te delen op het voorspelde bestand is berekend welke fractie van het oorspronkelijk voorspelde bestand nog aanwezig was tijdens de herbemonstering (de "overlevingsfractie"). Vervolgens is het najaarsbestand geschat door de bestandsopname in het voorjaar te extrapoleren naar het najaar, op dezelfde wijze zoals dit jaarlijks wordt uitgevoerd, en dus met de standaard waarden voor sterfte en groei, maar waarbij voor elke monsterpunt de voorspelde dichtheid en biomassa is vermenigvuldigd met de overlevingsfractie. Tot slot is het bestand aanwezig op alle monsterpunten gesommeerd tot het totale najaarsbestand en is ook berekend wat het totale bestand aanwezig bij 'oogstbare' dichtheden was, op de reguliere wijze (zie Van Asch *et al.*, 2018). Voor de Oosterschelde is alleen deze tweede methode toegepast.

3 Resultaten

3.1 Sterfte

3.1.1 Waddenzee

Binnen alle leeftijdsklassen nam de gemiddelde dichtheid af tussen het voorjaar en najaar van 2018. Deze afname was het grootst voor de meerjarige kokkels, gevolgd door de 2-jarige kokkels (Figuur 4). Dit betekent dat de zomersterfte het hoogst was onder de meerjarige en 2-jarige kokkels, met respectievelijk 60 en 66% (Tabel 1). Onder de 1-jarige kokkels was de sterfte aanzienlijk lager, namelijk 20%.



Figuur 4. Gemiddelde dichtheid (met standaardfout) per leeftijdsklasse in het voorjaar en najaar (herbemonstering) in de Waddenzee, berekend over de 200 herbemonsterde punten.

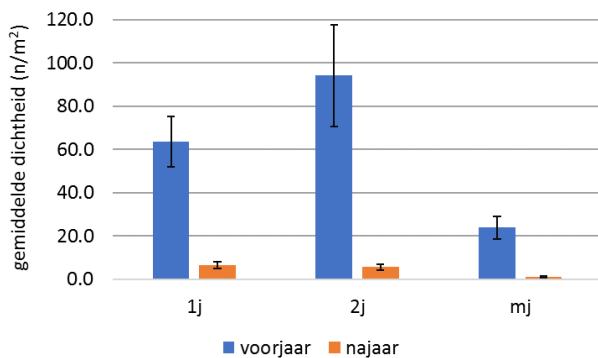
De overleving is vervolgens omgerekend naar een overleving per dag, om daarmee het voorjaarsbestand te extrapoleren naar het najaarsbestand volgens methode I. Hiertoe is de overleving gedeeld door het aantal dagen tussen de voorjaarsbemonstering en de herbemonstering in het najaar. Dit aantal dagen was 110, gerekend vanaf de gemiddelde datum tijdens de voorjaarssurvey (8 mei) tot de gemiddelde datum tijdens de herbemonstering (26 augustus). De herziene overleving per dag, alsmede de standaard gebruikte overleving per dag, zijn weergegeven in Tabel 1. Hierin is ook weergegeven welke overleving standaard berekend werd na 110 dagen, namelijk 74% voor alle leeftijdsklassen. Dit komt ongeveer overeen met de waargenomen overleving voor 1-jarige kokkels maar ligt duidelijk hoger dan de waargenomen overleving voor 2-jarige en meerjarige kokkels.

Tabel 1. Overleving en groei (als fractie) zoals geschat uit de herbemonstering in de Waddenzee, alsmede de overleving per dag (gedeeld door 110 dagen) zoals gehanteerd in de herziene bestandsberekening. In de onderste helft staan de standaard overleving per dag, dit is de waarde die jaarlijks wordt gebruikt bij de schatting van het najaarsbestand uit het voorjaarsbestand, en de overleving na 110 dagen volgens deze standaard overleving per dag.

	1-jarig	2-jarig	meerjarig
overleving	0,80	0,40	0,34
sterfte	0,20	0,60	0,66
overleving per dag	0,998	0,992	0,990
standaard overleving per dag	0,997	0,997	0,997
standaard overleving na 110 dagen	0,74	0,74	0,74

3.1.2 Oosterschelde

Binnen alle leeftijdsklassen nam de gemiddelde dichtheid af tussen het voorjaar en najaar van 2018. Deze afname was 93% voor alle leeftijdsklassen samen. De zomersterfte was ongeveer even hoog voor alle leeftijdsklassen, variërend van een sterfte van 90% onder de 1-jarigen tot een sterfte van 96% onder de meerjarigen (Figuur 5; Tabel 2).



Figuur 5. Gemiddelde dichtheid (met standaardfout) per leeftijdsklasse in het voorjaar en najaar (herbemonstering) in de Oosterschelde, berekend over de 97 herbemonsterde punten.

Het aantal dagen tussen de voorjaarsbemonstering en de herbemonstering in het najaar bedroeg 125, gerekend vanaf de gemiddelde datum tijdens de voorjaarssurvey (29 april) tot de gemiddelde datum tijdens de herbemonstering (1 september). De herziene overleving per dag, alsmede de standaard gebruikte overleving per dag, zijn weergegeven in Tabel 2. Hierin is ook weergegeven welke overleving standaard berekend werd na 125 dagen, namelijk 71% voor alle leeftijdsklassen. Dit ligt duidelijk hoger dan de waargenomen overleving voor 1-jarige, 2-jarige en meerjarige kokkels.

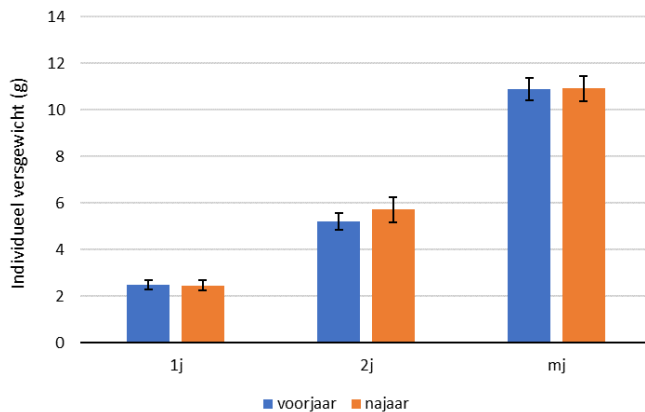
Tabel 2. Overleving en groei (als fractie) zoals geschat uit de herbemonstering in de Oosterschelde, alsmede de overleving per dag (gedeeld door 125 dagen) zoals gehanteerd in de herziene bestandsberekening. In de onderste helft staan de standaard overleving per dag, dit is de waarde die jaarlijks wordt gebruikt bij de schatting van het najaarsbestand uit het voorjaarsbestand, en de overleving na 125 dagen volgens deze standaard overleving per dag.

	1-jarig	2-jarig	meerjarig
overleving	0,10	0,06	0,04
sterfte	0,90	0,94	0,96
overleving per dag	0,982	0,978	0,975
standaard overleving per dag	0,997	0,997	0,997
standaard overleving na 125 dagen	0,71	0,71	0,71

3.2 Groei

3.2.1 Waddenzee

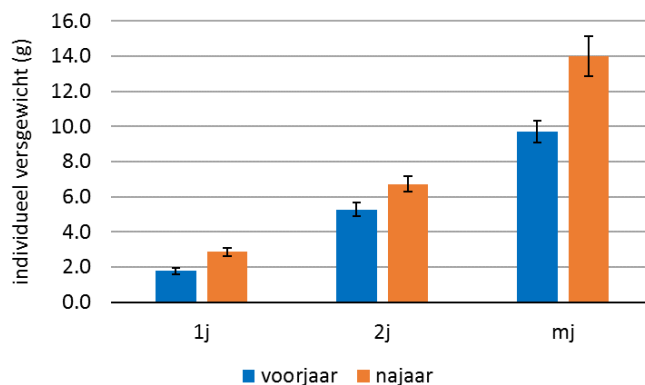
Binnen alle leeftijdsklassen werd geen verschil gevonden in individuele gewichten tussen het voorjaar en het najaar (Figuur 6; ANOVA $p > 0,5$). Dit betekent dat er netto tussen de voorjaarssurvey en de herbemonstering geen groei is geweest.



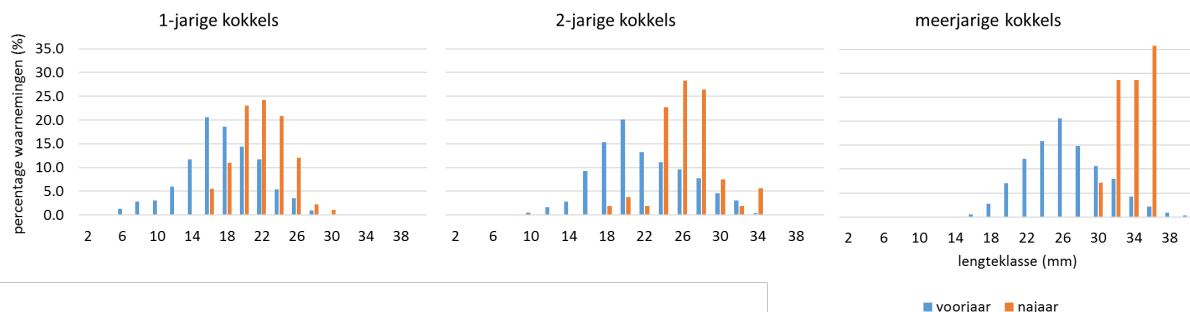
Figuur 6. Gemiddeld individueel gewicht (met standaard error) per leeftijdsklasse in het voorjaar en najaar (herbemonstering), berekend over de 200 herbemonsterde punten in de Waddenzee.

3.2.2 Oosterschelde

Voor de Oosterschelde verschilde het individuele gewicht tussen voorjaar en najaar (Figuur 7; ANOVA $p < 0,05$) en zijn de kokkels netto gegroeid tussen de voorjaarsbemonstering en de herbemonstering. Dit blijkt ook uit de lengte-frequentie-verdelingen zoals weergegeven in Figuur 8 (met een zeer scheve verdeling onder de meerjarige kokkels in het najaar als gevolg van een zeer gering aantal waarnemingen zoals hieronder uitgebreider is beschreven). De kokkels waren gemiddeld minder snel gegroeid dan voorspeld. Voor 1-jarige kokkels was de groei 38% van de voorspelde groei en voor 2-jarige kokkels 44%. Voor meerjarige kokkels was de groei hoger dan voorspeld (167%), maar omdat in het najaar voor deze groep nog slechts 14 individuen werden gevonden, verspreid over 8 monsterpunten, is dit een zeer onbetrouwbaar getal. Vanwege de omvangrijke sterfte in de Oosterschelde (paragraaf 2.2.1) was het aantal waarneming waaruit groei bepaald kon worden dermate gering (1-jarig: 27, 2-jarig: 26, meerjarig: 8), en de daaruit volgende schattingen voor groei dermate onzeker, dat ervoor gekozen is de herberekening uitsluitend uit te voeren met methode II.



Figuur 7. Gemiddeld individueel gewicht (met standaard error) per leeftijdsklasse in het voorjaar en najaar (herbemonstering), berekend over de 97 herbemonsterde punten in de Oosterschelde.



Figuur 8. Uit deze lengte-frequentie verdeling voor 1-jarige ($n=91$ in najaar), 2-jarige ($n=53$ in najaar) en meerjarige kokkels ($n=14$ in najaar) is af te lezen dat de kokkels zijn gegroeid tussen de momenten van monsternamen in het voorjaar (blauw) en het najaar (oranje).

3.3 Bestand

3.3.1 Waddenzee methode I

De extrapolatie van het voorjaarsbestand naar het najaarsbestand is opnieuw uitgevoerd, waarbij de waarden voor groei en overleving zijn aangepast met de resultaten uit de herbemonstering. De groei is gesteld op 0, en voor de overleving zijn de waarden gebruikt zoals weergegeven in Tabel 1.

In de oorspronkelijke schatting (Van Asch et al., 2018) werd nog een lichte groei verwacht, van 193,7 miljoen kg versgewicht in het voorjaar naar 199,9 miljoen kg in het najaar. Na correctie voor zowel een veel hogere sterfte, alsook het uitblijven van de verwachte groei van de kokkels die het wel overleefden, levert dit een fors lagere schatting op van 69,6 miljoen kg versgewicht in het najaar. Ook de schatting van het oogstbare vleesgewicht is sterk naar beneden bijgesteld, van de oorspronkelijk voorspelde 15,6 miljoen kg naar 3,1 miljoen kg kokkelvlees (Tabel 3).

Tabel 3. De oorspronkelijke schattingen (Van Asch et al., 2018) en de herziene schatting van het totale bestand, het oogstbare bestand, de oogstbare biomassa aan vlees, het aantal locaties met oogstbare biomassa en het totale areaal met oogstbare biomassa op 1 september 2018, berekend uit de gegevens van de voorjaarssurvey, en de (herziene) schatting van de sterfte en groeifactoren. Voor nadere uitleg over hoe deze waarden berekend worden zie Van Asch et al. (2018).

	Oorspronkelijk geschat	Herziene schatting
Bestand voorjaar (milj. kg vers)	193,7	
Bestand najaar (milj. kg vers)	199,9	69,6
Oogstbaar bestand najaar (milj. kg vers bij $>50 \text{ m}^{-2}$)	103,9	20,7
Oogstbaar vlees najaar (milj. kg vlees bij $>50 \text{ m}^{-2}$)	15,6	3,1
Aantal locaties met oogstbare biomassa ($>50 \text{ m}^{-2}$)	118	73
Areaal met oogstbare biomassa (ha met $>50 \text{ m}^{-2}$)	11652	7458

3.3.2 Waddenzee methode II

Ook volgens methode II wordt het oogstbare bestand op 1 september bijgesteld naar 20,7 miljoen kg versgewicht en 3,1 miljoen kg vleesgewicht (Tabel 4). De overlevingsfractie is berekend als 0,425, wat betekent dat op de 200 herbemonsterde punten het aangetroffen bestand nog slechts 42,5% bedroeg van het voorspelde bestand en er dus 57,5% verdwenen is.

Tabel 4. Totale bestand aanwezig op 1 september zoals voorspeld en berekend voor de 200 herbemonsterde punten in de Waddenzee, en de daaruit berekende overlevingsfractie. In de onderste regel de herziene schatting van het kokkelbestand op 1 september, en het oogstbare bestand in versgewicht en in vleesgewicht (15% van versgewicht).

	Totaal vers	Oogstbaar vers	Oogstbaar vlees
Berekend uit 200 herbemonsterde punten			
Bestand op 1 september voorspeld (milj. kg)	222,9		
Bestand op 1 september aangetroffen (milj. kg)	94,8		
Overlevingsfractie	0,4		
Herziene schatting obv 928 punten (milj. kg)	82,0	20,7	3,1

3.3.3 Oosterschelde

Voor de Oosterschelde is het bestand op 1 september herberekend volgens methode II. Oorspronkelijk werd een oogstbaar bestand van 6,5 miljoen kg kokkelvlees geschat (Van Asch *et al.*, 2018). Hiervan is volgens de herziene schatting slechts 0,8% over, overeenkomend met 0,05 miljoen kg vlees (Tabel 5).

Tabel 5. Totale bestand aanwezig op 1 september zoals voorspeld en berekend voor de 97 herbemonsterde punten in de Oosterschelde, en de daaruit berekende overlevingsfractie. In de onderste regel de herziene schatting van het kokkelbestand op 1 september, en het oogstbare bestand in versgewicht en in vleesgewicht (15% van versgewicht).

	Totaal vers	Oogstbaar vers	Oogstbaar vlees
Berekend uit 97 herbemonsterde punten			
Bestand op 1 september voorspeld (milj. kg)	47,6		
Bestand op 1 september aangetroffen (milj. kg)	4,9		
Overlevingsfractie	0,1		
Herziene schatting obv 928 punten (milj. kg)	4,5	0,3	0,05

4 Discussie en conclusies

4.1 Waddenzee

4.1.1 Sterfte

Onder de 2-jarige en meerjarige kokkels werd een sterfte vastgesteld van respectievelijk 60% en 66%. Dit komt overeen met een overleving van 34-40% gedurende de zomermaanden (juni, juli, augustus). Uit onderzoek door Kamermans *et al.* (2003, 2004) bleek dat de overleving van kokkels over een geheel jaar gemiddeld 41% is en dat een jaarlijkse overleving lager dan 40% incidenteel wordt waargenomen in jaren met strenge winter. De waargenomen zomersterfte in 2018 onder 2-jarige en meerjarige kokkels is daarmee extreem te noemen.

Onder 1-jarige kokkels bleek geen uitzonderlijk hoge sterfte plaatsgevonden te hebben. Hiervan stierf 20% en overleefde 80% de zomermaanden. Dat de 1-jarige kokkels geen verhoogde zomersterfte vertoonden heeft mogelijk te maken met het paaien. Kokkels paaien meestal pas in hun tweede zomer (Seed & Brown, 1977). Ze kunnen in de eerste zomer al wel energie investeren in opbouw van de gonaden, maar in mindere mate dan in hun volgende levensjaren (Cardoso *et al.*, 2009). De 2-jarige en meerjarige kokkels hebben waarschijnlijk voorafgaand aan de hittegolf gepaaid. Ze zijn daarbij een groot deel van hun lichaamsmassa, en daarmee energie, kwijtgeraakt. Deze oudere kokkels gingen daarom mogelijk met een slechtere conditie de hittegolf in dan de 1-jarige kokkels, resulterend in een hogere sterfte.

4.1.2 Groei

Hoewel netto geen groei werd waargenomen tussen het voorjaar en het najaar, was aan de schelpen van de kokkels verzameld tijdens de herbemonstering wél enige groei waargenomen. Groei is waar te nemen als vorming van een nieuwe schelprand na de groeiring die gevormd is tijdens de winter (door het stilvallen van groei tijdens de wintermaanden). Dit betekent dat de individuele gewichten van de schelpen wat zijn toegenomen, en dat dus de individuele gewichten van alleen het vlees gedurende de zomermaanden zelfs iets zijn afgenomen. Wat daarnaast meegespeeld kan hebben is dat de sterfte relatief hoger was onder de grotere kokkels binnen dezelfde leeftijdsklasse. Omdat geen vleesgewichten zijn bepaald, en de schelplengtes niet gemeten zijn, kan dit verder niet gekwantificeerd worden.

4.1.3 Herziene bestandsschatting

De herziene bestandsschatting valt 65% lager uit dan de oorspronkelijke schatting (methode I). Het oogstbare bestand (zowel vers als vlees) valt 80% lager uit dan de oorspronkelijke schatting (Tabel 3). De afname van het najaarsbestand ten opzichte van de oorspronkelijke schatting is vooral veroorzaakt door de aanzienlijk hogere zomersterfte, maar heeft ook te maken met de observatie dat de overlevende kokkels netto niet gegroeid zijn.

4.1.4 Methodiek

Door het grotendeels buiten beschouwing laten van monsterpunten waarop in het voorjaar van 2018 geen kokkels waren aangetroffen (de "nulpunten"), afgezien van 17 nulpunten waarop het voorkomen van kokkels als relatief kansrijk geacht werd (11 in kokkelstrata II en III en 6 in kokkelstratum IV), zou in theorie de herziene bestandsschatting onderschat kunnen zijn. Per monsterpunt worden ofwel met het kokkelschepje 3 happen, ofwel met de steekring 2 ringen, met een totaal bemonsterd oppervlak van 0,1 m² genomen. Het is mogelijk dat door toeval ieder van de happen leeg is terwijl ter plaatse wel degelijk kokkels liggen.

Om in te schatten hoeveel kokkelbiomassa mogelijk nog aanwezig zou kunnen zijn op de nulpunten, is eerst ingeschat op hoeveel van deze nulpunten in het voorjaar van 2017 kokkels werden aangetroffen. Hierbij zijn de 425 niet herbemonsterde nulpunten opgesplitst in 102 monsterpunten die in het voorjaar van 2018 in het gebied lagen waar de kans op aantreffen van kokkels groot is (kokkelstratum II en III, zie Van Asch *et al.*, 2018), en 323 monsterpunten in het stratum waarbinnen geen kokkelvoorkomens verwacht worden (kokkelstratum IV, Van Asch *et al.*, 2018). Van de 323 nulpunten in kokkelstratum IV werden op 2 monsterpunten kokkeldichtheden <10/m² aangetroffen. Dit bevestigt dat op de nulpunten die in het voorjaar van 2018 in stratum IV lagen de totale biomassa aan kokkels verwaarloosbaar klein tot niet aanwezig geweest is.

Van de 102 nulpunten in het voor kokkelvoorkomens kansrijke stratum (kokkelstrata II en III; het "kansrijke stratum") werden in het voorjaar van 2017 op 17 monsterpunten kokkels aangetroffen, waarvan op 16 punten dichtheden <50/m² en op één punt een dichtheid van >50/m². Aangezien tussen voorjaar 2017 en voorjaar 2018 het kokkelbestand in de Waddenzee is afgenomen (Van Asch *et al.*, 2018) en als gevolg van de zomersterfte in 2018 het bestand nog verder is afgenomen, is het aannemelijk dat op niet meer dan 17 nulpunten van de in totaal 113 nulpunten in die in het voorjaar van 2018 in het kansrijke stratum lagen (waarvan 102 niet herbemonsterd en 11 wél), bij de herbemonstering kokkels zouden zijn aangetroffen indien deze punten bemonsterd waren.

Omdat in 2017 op slechts één monsterpunt van de 113 nulpunten (waarvan 11 herbemonsterd en 102 niet) in het kansrijke stratum een dichtheid van meer dan 50 kokkels per m² werd aangetroffen, verwachten we dat binnen dezelfde nulpunten in het najaar van 2018 ook hooguit één monsterpunt dergelijk hoge aantallen zou bevatten. Omdat op één van de 17 wél herbemonsterde nulpunten meer dan 50 kokkels per m² werden aangetroffen (10 1-jarige kokkels en 150 meerjarige kokkels per m²)

nemen we aan dat op de resterende nulpunten geen dichtheden hoger dan 50 per m² meer aangetroffen zouden worden indien herbemonsterd. Omdat in totaal op 3 van de 17 wél herbemonsterde nulpunten kokkels aangetroffen werden, allemaal binnen het kansrijke stratum, nemen we aan dat op niet meer dan 14 van de 102 niet bemonsterde nulpunten in het najaar kokkels aangetroffen hadden kunnen zijn, indien bemonsterd, waarmee we op het totaal komen van maximaal 17 nulpunten met kokkelbiomassa in het najaar.

De kokkelbiomassa die op deze 14 nulpunten aanwezig had kunnen zijn draagt niet bij aan het oogstbare kokkelbestand aangezien we aangenomen hebben, en zoals in bovenstaande tekst is onderbouwd, dat de eventueel aanwezige dichtheden aan kokkels op deze punten lager zullen zijn dan 50/m².

De onwaarschijnlijkheid van het aantreffen van dichtheden hoger dan 50 kokkels per m² wordt verder ondersteund door een verkenning uitgevoerd met de POISSON functie in Excel ("Poisson probability mass function"):

$$f(x, \lambda) = (e^{-\lambda} / \lambda^{-x}) / x!$$

waarbij λ het verwachte voorkomen van kokkels is (dichtheid in n/m² × bemonsterd oppervlak in m²), en x het aangetroffen aantal individuen waarvoor de kans van aantreffen f wordt berekend. Middels deze functie is berekend dat de kans op aantreffen van 0 kokkels 80% is bij een dichtheid van 2 kokkels per m², 5% bij een dichtheid van 30 kokkels per m² en 1% bij een dichtheid van 50 kokkels per m². Nu gaat deze berekening alleen op indien de kokkels random verdeeld zijn, en minder wanneer kokkels sterk geclusterd voorkomen, maar toch geeft het een idee van hoe onwaarschijnlijk het is dat op de niet herbemonsterde nulpunten hoge dichtheden aan kokkels aanwezig zouden zijn.

Als we aannemen dat op 14 niet herbemonsterde nulpunten gemiddeld 25 kokkels per m² aangetroffen zouden zijn indien wél bemonsterd, bij ruwe benadering, dan zou dit voor ieder van de 14 punten een bestand opleveren van 0,4 miljoen kg versgewicht, uitgaande van een gemiddeld individueel gewicht van 7,7 gram (berekend over alle leeftijdsklassen exclusief het broed uit de herbemonstering). De 14 punten samen zouden dan een bestand vertegenwoordigen van 5,5 miljoen kg versgewicht. Opgeteld bij de herziene schatting van het kokkelbestand (exclusief broed) op 1 september zou dat een geringe toename opleveren van 82,0 naar 86,9 miljoen kg versgewicht. Omdat we al eerder geconstateerd hebben dat het zeer onwaarschijnlijk is dat op de niet-herbemonsterde nulpunten dichtheden hoger dan 50 kokkels per m² gevonden zouden zijn indien bemonsterd, draagt deze geringe toename in het totale bestand op 1 september niets bij aan het oogstbare bestand. Geconcludeerd wordt dat door het niet herbemonsteren van monsterpunten waarop in het voorjaar van 2018 geen kokkels werden aangetroffen, het oogstbare bestand op 1 september 2018 niet is onderschat en het totale bestand op 1 september 2018 mogelijk licht is onderschat maar waarbij de afwijking waarschijnlijk binnen het 95% betrouwbaarheidsinterval van de schatting ligt.

4.1.5 Nieuwe broedval

Tijdens de herbemonstering werd veel kokkelbroed aangetroffen. Dit zijn 0-jarige dieren die zich in de zomer van 2018 gevestigd hebben. Omdat de herbemonstering niet ingericht is voor het kunnen inschatten van het totale en oogstbare bestand aan 0-jarige kokkels, is dit broed geheel buiten de herberekening van het kokkelbestand gehouden. Om verschillende redenen was de herbemonstering niet geschikt voor het inschatten van het bestand aan 0-jarigen:

1. Deels was het broed nog te klein om achter te blijven op de zeef met maaswijdte van 5x5 mm;
2. De herbemonstering in de Waddenzee is opgezet volgens kokkelstratum IV (zie Van Asch *et al.*, 2018) waarbij monsterpunten waarop in het voorjaar geen kokkels waren aangetroffen niet herbemonsterd zijn. Daarmee is de herbemonstering voor kokkelbroed niet gebiedsdekkend geweest;

3. Het bestand aan 0-jarige kokkels kan niet geschat worden volgens methoden I en II waarbij gebruik gemaakt wordt van alle 928 in het voorjaar in de Waddenzee bemonsterde punten, maar zou alleen ingeschat kunnen worden middels een directe bestandsberekening volgens kokkelstratum IV, waarbij slechts gebruik gemaakt kan worden van 200 monsterpunten. Dit levert een minder betrouwbare schatting op.

Om toch een ruwe inschatting te kunnen maken van het bestand aan 0-jarige kokkels in de Waddenzee in het najaar van 2018, is het bestand aan 0-jarige kokkels berekend over de 200 herbemonsterde punten. Dit levert waarschijnlijk een onderschatting op gezien bovengenoemde punten 1 en 2, en een ruwe schatting gezien bovengenoemd punt 3. Aldus is het bestand aan 0-jarige kokkels ruw geschat op 23,1 miljoen kg oogstbaar versgewicht en 3,5 miljoen kg oogstbaar vleesgewicht.

Indien het broed wordt meegenomen in een bestandsschatting betekent dit ook een verhoging van het oogstbare bestand aan oudere kokkels, omdat de totale dichtheid aan kokkels toeneemt op meerdere locaties waarop zich ook oudere kokkels bevinden, tot dichtheden hoger dan 50 kokkels per m². . Berekend over alleen de 200 herbemonsterde punten was het oogstbare bestand exclusief 0-jarige kokkels 45,9 miljoen kg vers en 6,9 miljoen kg vlees, en inclusief 0-jarige kokkels was dit 87,4 miljoen kg vers en 13,1 miljoen kg vlees.

Zoals aangegeven is een bestandsschatting over 200 monsterpunten onbetrouwbaarder dan een bestandsschatting over 928 monsterpunten. Voor schatting van het voorjaarsbestand, dus over alle 928 punten, werd een 95%-betrouwbaarheidsinterval berekend van -8% tot +8% (zie Van Asch *et al.*, 2018 voor meer uitleg en referenties voor deze methodiek). Voor de schatting van het najaarsbestand over de 200 herbemonsterde punten werd een 95%-betrouwbaarheidsinterval berekend van -16% tot +18%. Hiervan uitgaande ligt het ruw geschatte bestand aan 0-jarige kokkels tussen de 2,9 en 4,1 miljoen kg vlees, en het totale oogstbare bestand (inclusief de 0-jarige kokkels) tussen de 11,0 en 15,5 miljoen kg vlees.

4.2 Oosterschelde

4.2.1 Sterfte

Met een sterfte van 90% onder de 1-jarige kokkels, 94% onder de 2-jarige kokkels en 96% onder de meerjarige kokkels lag de kokkelsterfte in de Oosterschelde duidelijk hoger dan in de Waddenzee. Terwijl onder 1-jarige kokkels in de Waddenzee geen afwijkende sterfte werd geconstateerd, is deze leeftijdsklasse in de Oosterschelde wél massaal gestorven.

Het achterhalen van oorzaken voor de sterfte, en oorzaken voor verschillen tussen de Waddenzee en de Oosterschelde, was geen onderdeel van de huidige opdracht. Verklaringen voor het verschil in sterfte tussen 1-jarige kokkels uit de Waddenzee en Oosterschelde kunnen gezocht worden in verschillen in temperatuur tussen beide gebieden en in verschillen in conditie van de kokkels zelf.

Het is mogelijk om aan de hand van gemeten temperaturen in lucht en water op verschillende meetstations in Nederland te zien of het in het Waddengebied warmer is geweest dan in Zeeland, maar er zijn geen temperaturen gemeten in de bovenste laag van het sediment tijdens laagwater, afgezien van enkele metingen op 2 augustus in de Oosterschelde, door visserijkundig ambtenaar H. Heidekamp. Hierbij werden in het laagje water dat bij laagwater nog op een drooggevalen plaat stond, temperaturen tot 30,9°C gemeten terwijl die dag in Vlissingen een maximum temperatuur van 25,6°C werd gemeten. Dit geeft aan dat de temperatuur in het water dat bij laagwater nog op de plaat staat mogelijk hogere waarden kan bereiken dan de omringende luchttemperatuur, waarschijnlijk afhankelijk van de hoeveelheid zonnestraling, en dat het voor het verklaren van verschillen in kokkelsterfte tussen de Waddenzee en de Oosterschelde waarschijnlijk belangrijk is om juist deze temperaturen te kennen.

Het is in theorie ook mogelijk dat de 1-jarige kokkels in de Oosterschelde grotendeels al wél gepaaid hadden en de 1-jarige kokkels in de Waddenzee nog niet (pas in hun tweede levensjaar), waardoor de 1-jarige kokkels in de Oosterschelde mogelijk met een slechtere conditie de zomerhitte in zijn gegaan dan de 1-jarige kokkels in de Waddenzee. Of dit werkelijk heeft gespeeld was geen onderdeel van de opdracht en is daarom verder niet onderzocht.

4.2.2 *Groei*

Dat in de Waddenzee geen netto groei heeft plaatsgevonden en in de Oosterschelde wél, hoewel duidelijk lager dan normaal, heeft mogelijk te maken met de periode waarin is herbemonsterd in de Oosterschelde. De monsterpunten in de monding van de Oosterschelde, op de platen Neeltje Jans en de Roggenplaat, zijn pas in de periode van 24 september t/m 1 oktober bemonsterd. Daarmee hebben de kokkels op deze locaties mogelijk alweer tijd gehad om te groeien. Omdat meer dan 90% van de kokkels is gestorven, en dus per monsterpunt hooguit slechts enkele kokkels van één jaar en ouder werden aangetroffen, is uit de gegevens uit de herbemonstering niet goed vast te stellen of dit inderdaad kan verklaren waarom in de Oosterschelde wél een netto groei werd waargenomen. Het is ook mogelijk dat de overlevende dieren juist de wat grotere waren, die wellicht vanwege een beter conditie hebben overleefd.

4.2.3 *Herziene bestandsschatting*

Als gevolg van de sterfte van meer dan 90% is in de Oosterschelde het kokkelbestand op 1 september bijgesteld van 43,1 miljoen kg vers naar 4,5 miljoen kg vers. Het oogstbare bestand is bijgesteld van 4,4 miljoen kg kokkelvles naar 0,05 miljoen kg.

4.2.4 *Methodiek*

Voor de Oosterschelde is niet uitgezocht in welke mate het herziene bestand onderschat kan zijn als gevolg van het niet herbemonsteren van de monsterpunten waarop in het voorjaar geen kokkels werden gevonden. Gezien de extreem hoge kokkelsterfte in de Oosterschelde, en gezien het extreem lage oogstbare kokkelbestand verwachten we dat dit effect verwaarloosbaar is.

4.2.5 *Nieuwe broedval*

Ook in de Oosterschelde zijn tijdens de herbemonstering 0-jarige kokkels aangetroffen. Een deel van het broed was nog te klein om op de zeef te blijven liggen. Net als voor de Waddenzee geldt dat de herbemonstering in de Oosterschelde een onderschatting geeft van het totaal aanwezige bestand. Om een indruk te geven van de hoeveelheid aangetroffen kokkelbroed is toch een bestandsberekening gedaan. Deze leverde een bestand op van 2,4 miljoen kg versgewicht. Voor de Oosterschelde is verder geen berekening gemaakt van het oogstbare bestand voor alle leeftijdsklassen inclusief het broed, en ook niet voor het broed apart.

Kwaliteitszorg

CVO beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaat nummer: 187378CC1-2015-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 september 2018. De certificering is uitgevoerd door DNV GL Business Assurance B.V.

De inventarisatie wordt uitgevoerd middels methodieken die beschreven staan in handboeken (Troost *et al.*, 2016; Perdon & Troost, 2018). De kwaliteit van soortenkennis van schelpdieren en leeftijdsbepaling bij kokkels wordt onderhouden middels een jaarlijkse schelpdiertoets (Perdon & Troost, 2018).

Ondertekening

Rapport CVO 18.014

Projectnummer: 4318100235

Akkoord: Sieto Verver
Hoofd CVO

Handtekening:



Datum: 10 december 2018

Akkoord: Dr. Johan Craeymeersch
Senior onderzoeker, Wageningen Marine Research

Handtekening:



Datum: 10 december 2018

Literatuur

- Cardoso, J.F.M.F, J.I.J. Witte & H.W. van der Veer, 2009. Differential reproductive strategies of two bivalves in the Dutch Wadden Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 84: 37-44.
- Kamermans P., J.J. Kesteloo & D. Baars, 2003. Eindverslag Evaluatie Schelpdiervisserij tweede fase. Deelproject H2: Evaluatie van de geschatte omvang en ligging van de kokkelbestanden in de Waddenzee, de Oosterschelde en de Westerschelde. *RIVO-rapport C054/03*.
- Kamermans, P., T. Bult, B. Kater, D. Baars, J. Kesteloo, J. Perdon & E. Schuiling, 2004. Eindrapport EVA II (Evaluatie Schelpdiervisserij tweede fase). Deelproject H4: Invloed van natuurlijke factoren en kokkelvisserij op de dynamiek van bestanden aan kokkels (*Cerastoderma edule*) en nonnen (*Macoma balthica*) in de Waddenzee, Ooster- en Westerschelde. *RIVO-rapport C058/03*.
- Seed, R. & R.A. Brown, 1977. A Comparison of the Reproductive Cycles of *Modiolus modiolus* (L.), *Cerastoderma (=Cardium) edule* (L.), and *Mytilus edulis* L. in Strangford Lough, Northern Ireland. *Oecologia* 30: 173-188.
- Van Asch, M., E.B.M. Brummelhuis, D. van den Ende, K. Troost, C. van Zweeden, 2018. Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren 2018. *CVO rapport 18.011*.
- Verdelhos, T., J.C. Marques & P. Anastácio, 2015. Behavioral and mortality responses of the bivalves *Scrobicularia plana* and *Cerastoderma edule* to temperature, as indicator of climate change's potential impacts. *Ecological Indicators* 58: 95-103.

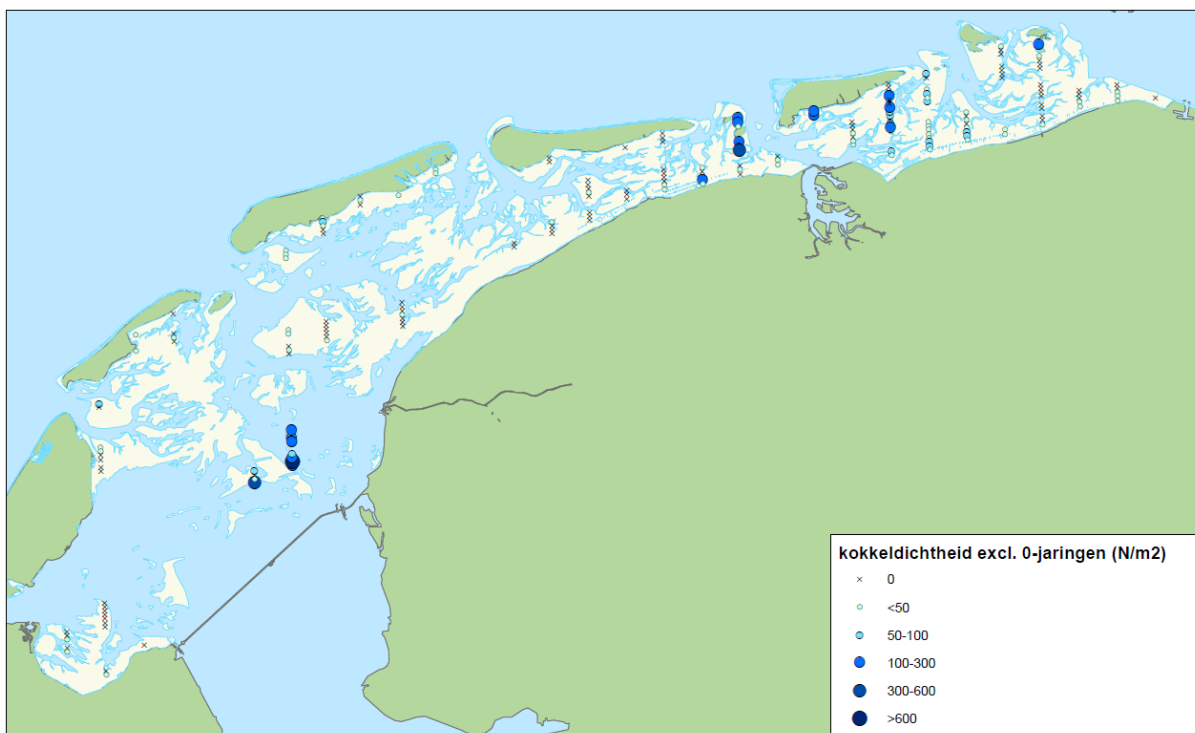
Bijlage

Kaart 1: Dichtheid van kokkels in de Waddenzee tijdens de herbemonstering, exclusief 0-jarigen.

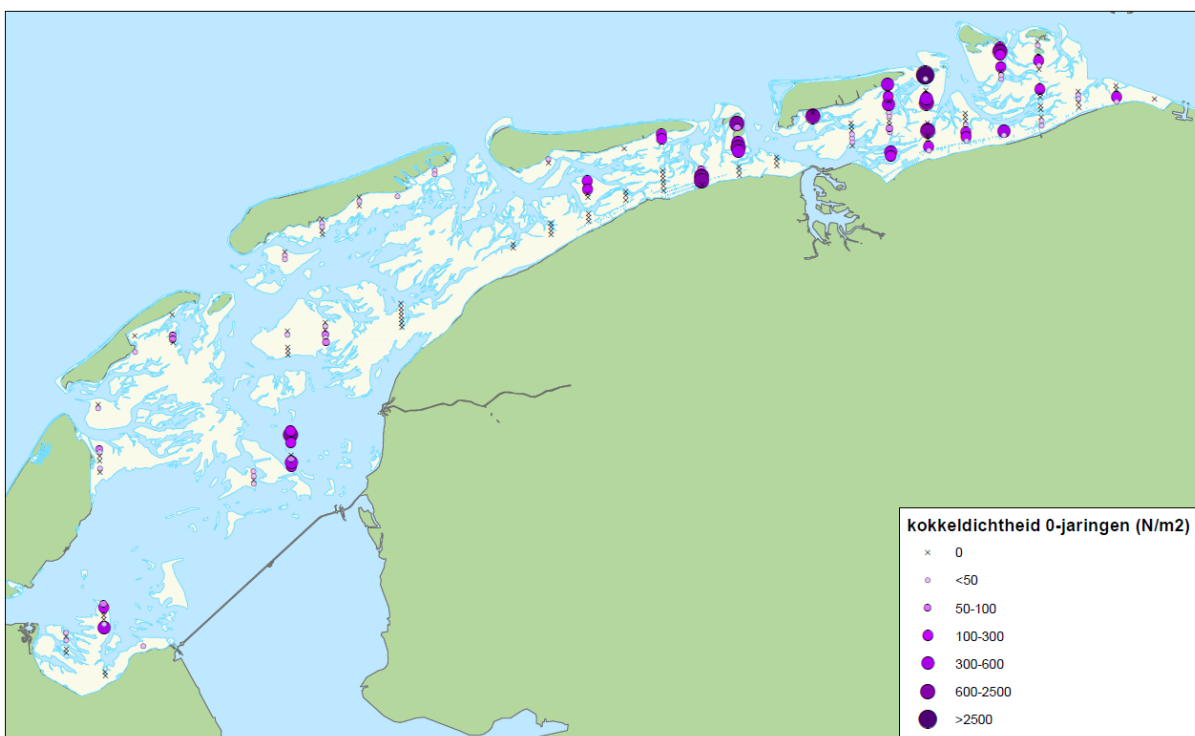
Kaart 2: Dichtheid van 0-jarige kokkels in de Waddenzee tijdens de herbemonstering.

Kaart 3: Dichtheid van kokkels in de Oosterschelde tijdens de herbemonstering, exclusief 0-jarigen.

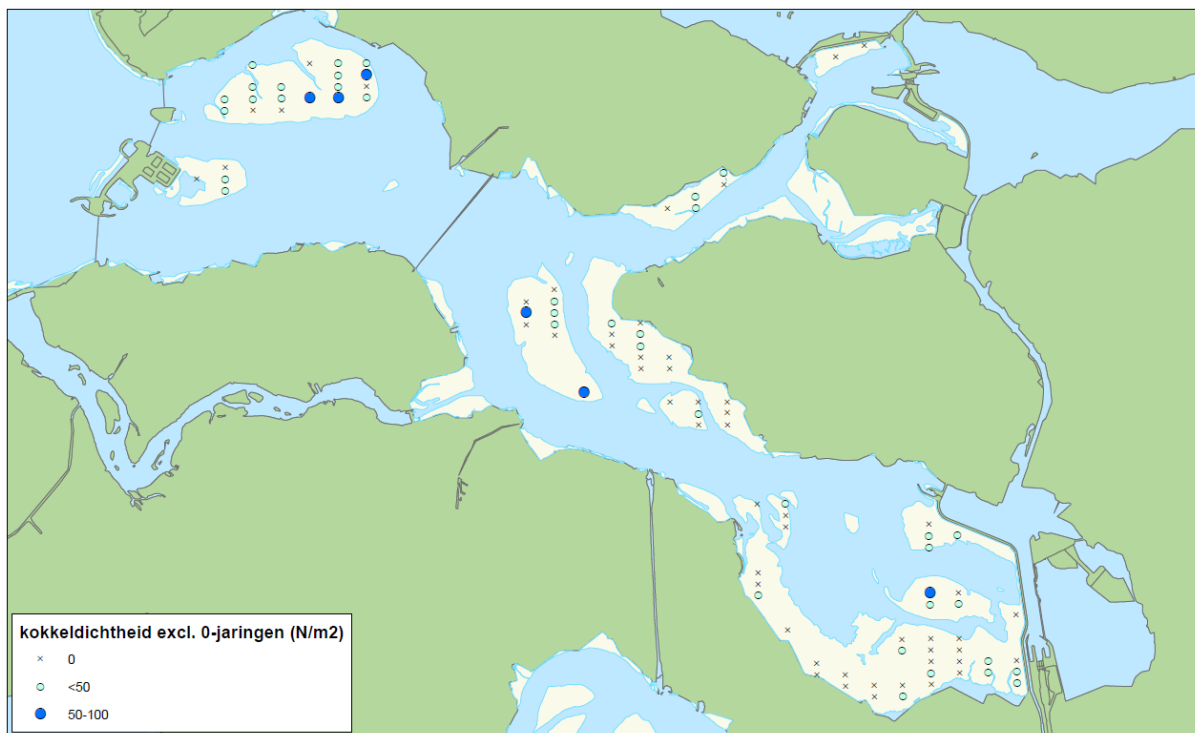
Kaart 4: Dichtheid van 0-jarige kokkels in de Oosterschelde tijdens de herbemonstering.



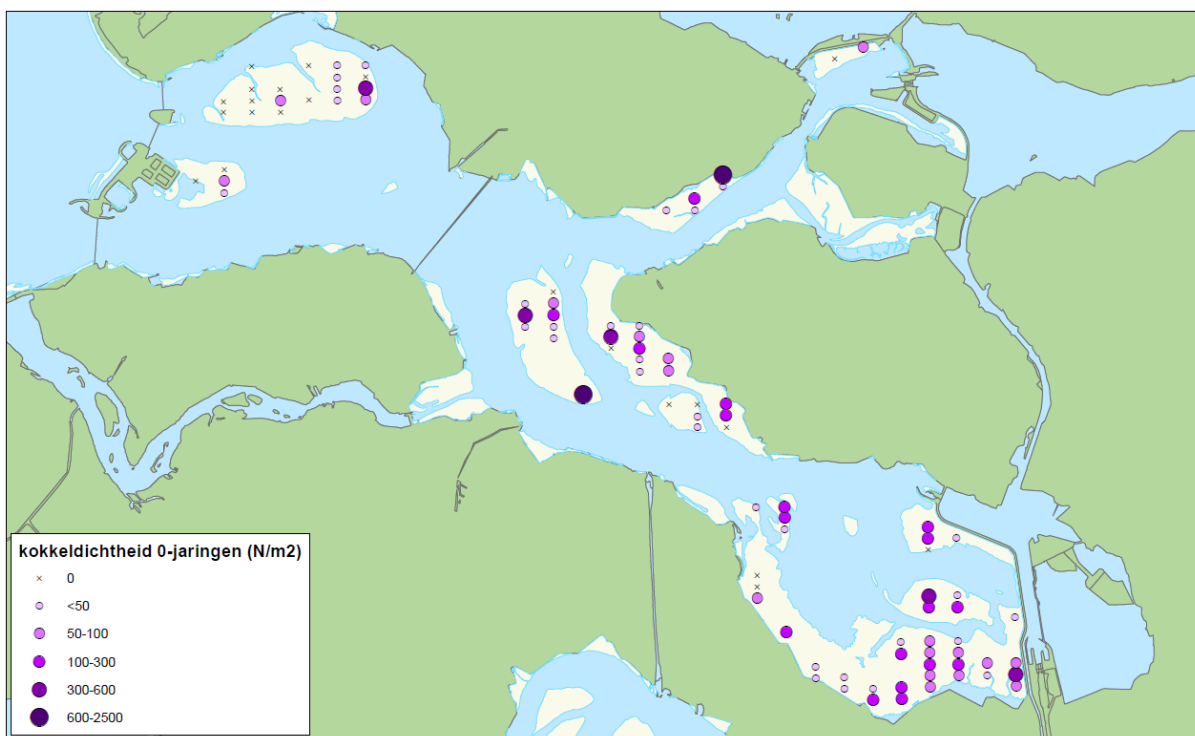
Kaart 1: Dichtheid (aantal/m²) van kokkels in de Waddenzee tijdens de herbemonstering. Dichtheden zijn exclusief 0-jarige kokkels.



Kaart 2: Dichtheid (aantal/m²) van 0-jarige kokkels in de Waddenzee tijdens de herbemonstering.



Kaart 3: Dichtheid (aantal/m²) van kokkels in de Oosterschelde tijdens de herbemonstering. Dichtheden zijn exclusief 0-jarige kokkels.



Kaart 4: Dichtheid (aantal/m²) van 0-jarige kokkels in de Oosterschelde tijdens de herbemonstering.