



De Zoe en de zeekoet

Een onderzoek naar de doodsoorzaak en de herkomst van de zeekoeten die massaal strandden op de Nederlandse kust in januarifebruari 2019

Auteur(s): Marnik F. Leopold, Marja Kik, Peter van Tulden, Jan Andries van Franeker,
Susanne Kühn, Jolianne Rijks

Wageningen University &
Research rapport C026/19

De Zoe en de zeekoet

Een onderzoek naar de doodsoorzaak en de herkomst van de zeekoeten die massaal strandden op de Nederlandse kust in januari en februari 2019



Auteur(s): Mardik F. Leopold¹, Marja Kik², Peter van Tulden³, Jan Andries van Franeker¹, Susanne Kühn¹, Jolianne Rijks⁴

1 Wageningen Marine Research

2 Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit Utrecht

3 Wageningen Bioveterinary Research

4 Dutch Wildlife Health Centre, Universiteit Utrecht

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Marine Research, Universiteit Utrecht en Wageningen Bioveterinary Research in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek (BO-43-023.02-039)

Wageningen Marine Research
Den Helder, Maart 2019

VERTROUWELIJK Nee

Wageningen Marine Research rapport C026/19

Keywords: Zeekoet, *Uria aalge*, Massasterfte, MSC Zoe

Opdrachtgever: Ministerie LNV
T.a.v.: Bernard Baerends
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag

BO-43-023.02-039

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/472854>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Foto omslag: Theo Bosboom

© Wageningen Marine Research

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

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

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

A_4_3_1 V28 (2018)

Inhoud

Samenvatting	4
English summary	7
1 Inleiding	9
2 Herkomst en leeftijdsverdeling van de zeekoeten	11
2.1 Leeftijd, geslacht, conditie en biometrie van de gestrande zeekoeten	12
3 De invloed van weersomstandigheden	20
4 Ziektebeeld	28
4.1 Ziektebeeld bij opgevangen zeekoeten	28
4.2 Ziektebeeld bij 16 vers dode zeekoeten	29
4.3 Ziektebeeld bij ingevroren dode zeekoeten	31
4.4 Conclusies pathologisch onderzoek	32
5 Virologie en antibioticumresistentie	33
6 Plastic onderzoek	36
6.1 Inleiding	36
6.2 Methodes	37
6.3 Resultaten	38
6.4 Conclusie	40
7 Paraffine onderzoek	42
7.1 Methode	43
7.2 Resultaten	44
7.3 Conclusie	44
8 Dieet	48
8.1 Dissectie	48
8.2 Reconstructie van het dieet	48
8.3 Resultaten	49
8.4 Non-food	52
9 Conclusie	54
10 Dankwoord	56
11 Kwaliteitsborging	57

Samenvatting

De MSC Zoe en de dode zeekoeten: is er een verband?

In de nacht van 1 op 2 januari 2019 zijn volgens de laatste stand van zaken in totaal 342 containers overboord geslagen van het schip MSC Zoe, ten noorden van de Waddeneilanden. In de dagen en weken daarna, strandden grote aantallen dode en nog levende, maar doodzieke zeekoeten op de Nederlandse kust. Grof geschat zullen uiteindelijk ongeveer 20.000 zeekoeten zijn omgekomen, uitgaande van één gestrande zeekoet per dag per kilometer kust, gedurende een periode van ongeveer zes weken, als we aannemen dat de helft van de op zee omgekomen vogels nooit aan land komt. De meerderheid van de zeekoeten die naar vogelasiels werden gebracht bleek niet meer te redden. Een verband met de containerramp was snel gelegd. Zou het mogelijk zijn dat de massale zeevogelsterfte, die in tijd en in ruimte samenviel met de verloren lading, de oorzaak van de sterfte is?

Het ministerie van LNV heeft onderzoek naar de massasterfte laten doen door Wageningen Marine Research, Wageningen Bioveterinary Research en het Dutch Wildlife Health Centre van de Universiteit Utrecht. Onderzoekers van deze instituten hebben gezamenlijk ecologisch, virologisch en pathologisch onderzoek gedaan naar de sterfte. Daarbij is steeds de mogelijke rol van de containerramp in het oog gehouden, maar zijn ook andere mogelijke oorzaken onderzocht.

Een verloren lading kan op een aantal manieren leiden tot zeevogelsterfte. Er kunnen giftige stoffen in zee komen waardoor de vogels, of hun voedsel, sterven. Of er kunnen materialen in zee komen die weliswaar niet direct giftig zijn, maar die wel door de vogels worden gegeten, met als gevolg verstopte magen en/of darmen: denk aan de vele miljoenen plastic pellets die meteen na de containerramp in het waddengebied aanspoelden.

Er zijn, met inzet van vrijwilligers, op de Waddeneilanden en langs de Hollandse en Zeeuwse kust, tussen 6 januari en 13 februari in totaal 123 dode zeekoeten voor onderzoek verzameld. Daarnaast zijn 16 zeekoeten via vogelasiels ingestuurd voor onderzoek en hebben het Vogelhospitaal Haarlem en Ecomare op Texel informatie gedeeld over de verschijnselen bij, en het ziekteverloop van 76 nog levend binnen gebrachte exemplaren.

De **hoofdconclusie** van het onderzoek is: alle vogels waren extreem vermagerd. **Verhongering is de oorzaak geweest van deze massasterfte**. De achterliggende vraag is dan: wat kan deze massale verhongering hebben veroorzaakt?

De sterfte bleef uiteindelijk beperkt tot een vrij klein gebied binnen het verspreidingsgebied van de zeekoet. De piek van de strandingen lag op de Nederlandse Waddeneilanden en de kuststrook van Noord- en Zuid-Holland. Er was ook verhoogde sterfte net over de grens in Duitsland. In Zeeland werden ook dode zeekoeten gevonden, maar minder dan noordelijker in Nederland. In België was nauwelijks sprake van verhoogde sterfte. Er was een licht verhoogde sterfte van andere zeevogels zoals alken, noordse stormvogels en drieteenmeeuwen, maar niet van grote meeuwen of zee-eenden. Ten noorden van Terschelling en Ameland overwinterden, ten tijde van de sterfte bij de zeekoeten, zeker 40.000 zwarte zee-eenden, deze groep bleef gespaard. Ook werden geen opvallende sterftes gemeld van andere dieren, zoals bijvoorbeeld vissen of zeezoogdieren. Al deze waarnemingen maken het **zeer onwaarschijnlijk dat gif, al dan niet afkomstig van de MSC Zoe, de oorzaak was van de massale sterfte onder de zeekoeten**. Dat er een gif bestaat dat (vrijwel) uitsluitend zeekoeten doodt, is zeer onwaarschijnlijk. Pathologisch onderzoek leverde ook geen aanwijzingen op voor vergiftiging.

Kort na de containerramp deden geruchten de ronde dat de zeekoetensterfte te maken zou kunnen hebben met een stranding van paraffine-achtige stoffen. In het onderzoek is nagegaan of de

zeekoeten dergelijke stoffen hadden gegeten. In één van de onderzochte magen werd paraffine-verdacht materiaal gevonden, terwijl we dit wel kennen bij stormvogels. Van vijftig zeekoeten zijn ook monsters van buikveren en inhoud van de einddarm aan chemisch onderzoek onderworpen. In buikveren werd slechts één maal paraffine aangetoond en in de einddarm twee maal.

Paraffinelozingen zijn daarmee uitgesloten als oorzaak van de massasterfte.

Alle verzamelde vogels zijn onderzocht op vogelgriep (Aviaire Influenza). Er zijn geen hoog-pathogene aviaire influenza virussen aangetoond. Wel bleken twee vogels drager te zijn van twee verschillende, laag-pathogene stammen. Met slechts twee gevallen is de incidentie van deze virussen laag: **aviaire influenza virussen zijn niet verantwoordelijk voor de massasterfte.**

Er zijn in de magen en darmen van de onderzochte zeekoeten diverse kleine stukjes plastic gevonden: meest kleine draadjes, een enkele *plastic pellet* en een enkele *microbead* (wit korreltje met een doorsnede van een halve mm). De gevonden pellet was veel ouder en anders van kleur dan de pellets die massaal aanspoelden na de containerramp en dus niet afkomstig van de MSC Zoe. Geen enkele onderzochte vogel had zoveel plastic in het maag-darmkanaal dat dit problemen zou hebben opgeleverd, het ging steeds om minieme hoeveelheden. In zwerfvuil verstrikte zeekoeten zijn ook niet waargenomen. **Door de MSC Zoe verloren plastics en ander zwerfvuil waren niet verantwoordelijk voor de massasterfte.**

Besmeuring met kleine plekje olie is bij twee vogels gevonden. In tegenstelling tot massale sterftes in het verleden was **oliebesmeuring nu geen belangrijke doodsoorzaak voor de massasterfte.**

Er gingen geruchten rond over het voorkomen van duizenden "balletjes" in de ontlasting. "Balletjes" zouden kunnen duiden op coccidiose: een ziekte veroorzaakt door een alleen microscopisch waarneembare kleine parasiet die de darmen aantast. De darmen van vrijwel alle vogels waren inderdaad aangetast en nog aanwezige ontlasting was droog, dik en korrelig en dit had geleid tot soms ernstige verstopping van de einddarm. Onderzoek aan de ontlasting liet echter zien dat de genoemde balletjes geen parasieten waren (of plastics), maar urinezuur kristallen. De nieren van veel vogels toonden bij sectie bleek en de afvoer van urine was verstoord: de vogels waren uitgedroogd. Dit hing vermoedelijk samen met weinig eten. Zeekoeten hebben geen toegang tot zoet water en drinken niet of nauwelijks: ze komen aan water via hun spijsvertering en niet eten leidt tot uitdroging. De vogels waren verhongerd en uitgedroogd: **er zijn geen geheimzinnige bolletjes of coccidiose aangetroffen.**

Parasieten (wormen, veerluizen, protozoen) waren niet in groten getale aanwezig. **Parasieten hebben geen (grote) invloed op de voedingstoestand van de zeekoeten gehad.**

Virussen, anders dan de eerder vermelde Aviaire Influenza virussen, zijn niet aangetroffen en zijn dus ook niet van invloed geweest op de massale sterfte van de zeekoeten.

Onderzoek aan weergegevens (windkracht, windrichting en temperatuur) in samenhang met het aantal zeekoeten dat jaarlijks in Nederland aanspoelt in de winter, liet zien dat verhoogde aantallen zeekoeten worden gevonden in winters met veel aanlandige wind en in koude winters. De windkracht (daggemiddelde windsnelheid december/januari per winter) draagt weinig bij aan de aantallen dood in Nederland gevonden zeekoeten. De winter van 2018/2019 was niet bijzonder winderig (met uitzondering van de containerramp storm, maar deze duurde maar enkele dagen). Ook was deze winter niet koud; wel was er veel noordelijke en westelijke (aanlandige) wind. Vogels die verzwakt op zee rondzwommen werden hierdoor naar de kust gedreven en strandden zo levend of vers dood. **Door een kortdurende storm zouden gezonde zeekoeten niet in grote aantallen moeten sterven. Dit wijst erop dat er blijkbaar al veel verzwakte vogels op zee verbleven toen de storm toesloeg en het laatste zetje gaf.** Navraag bij onderzoekers in de broedgebieden langs de oostkust van Schotland leverde een interessant inzicht op. Het afgelopen broedseizoen was moeilijk voor de zeekoeten. Het broedsucces (gemiddeld aantal groot gebrachte jongen per paar) was iets lager dan normaal (gemiddeld over de voorgaande 36 jaren) en de gewichten waarmee de kuikens de kolonie verlieten waren erg laag. Zulke lage kuikengewichten gaan gepaard met verhoogde sterfte in de winter erna. Volgens verwachting werden relatief veel geringde kuikens uit 2018 dood teruggemeld

(waaronder vier uit Nederland). Een meerderheid (68%) van de onderzochte dode zeekoeten bleken vogels van een half jaar oud: het waren vooral de kuikens, die hun leven met een slechte start waren begonnen, die deze winter in Nederland aanspoelden. **Voor de populatie blijven de gevolgen beperkt.** Sterfte van jonge vogels is altijd relatief hoog, maar zeekoeten leven lang en broeden vele jaren achtereen, en de volwassen broedvogels (6%) ontsprongen de dans.

In de magen van de zeekoeten werden nog wel prooiresten gevonden, maar meest van zeer kleine vissen en ongewervelden zoals garnalen. Dat duidt erop dat **de zeekoeten zodanig verzwakt waren dat ze de vissen die ze normaal eten niet meer konden vangen.** Kleine vissen en ongewervelden zwemmen langzamer en zijn een makkelijker prooi, maar leveren weinig calorieën op.

De zeekoeten zijn massaal gestorven, kort na de containerramp, maar niet als gevolg daarvan. De zeekoeten moeten, gezien de gevonden bewijzen, al in slechte conditie zijn geweest toen de storm hen, én de MSC Zoe, trof.

English summary

The lost cargo of the MSC Zoe and the guillemot die-off: are these connected?

The north-westerly storm that hit the Dutch coast in the night of the January 1st, 2019, made a large container vessel, the MSC Zoe lose 342 containers. This incident took place in the shipping lane, north of the Dutch Wadden Sea islands. Circa one week later, dead and dying common guillemots started washing ashore in large numbers, and kept on stranding for weeks. Our best estimate, based on stranding rates, the length of coastline affected and considering that maybe one out of two birds that died at sea never reached dry land, suggests that some 20,000 guillemots died in the event. Many birds that stranded alive were ferried off to rehabilitation centres, but very few could be rescued. Could something, among the goods lost at sea, have been responsible for this die-off?

The Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality has commissioned Wageningen Marine Research, Wageningen Bioveterinary Research and the Dutch Wildlife Health Centre of Utrecht University to conduct a broad study of this guillemot die-off.

Lost cargo can cause loss of life in seabirds in several ways. Toxic chemical may enter the water column, poisoning the birds themselves or their food. Other materials may be swallowed by the birds and cause gastro-intestinal problems, or birds may get entangled and die. Of particular concern were large numbers of industrial plastic polyethylene pellets (circa 5 mm cross section) and the smaller microbeads (0.5 mm) of EPS-granulate (EPS = Expanded Polystyrene), items known to get swallowed by seabirds.

With the help of a large network of volunteers, a total number of 123 dead guillemots was collected from beaches across the country, between 6 January and 13 February. Bird rehabilitation centres sent in 16 more birds, that they had received alive, but that had died shortly after arrival at their facilities. Information on how the birds behaved, and died in these centres was shared.

The collected birds were studied in depth by a team of seabird ecologists, veterinary pathologists and virologists. Seabird biologists from overseas, studying guillemots in their breeding colonies, were consulted. Connections were sought between the die-off and the container incident, but other explanations were also considered.

The main conclusion of this study is: all birds were extremely emaciated. Starvation was the common cause of death in this die-off. The next question, however, is: what may have caused these birds to starve?

The guillemot die-off was mostly confined to The Netherlands. Some increase mortality was also reported from the westernmost German Wadden Islands, while mortality in Belgium was near-normal. Increased mortality was also seen in razorbills, northern fulmars and kittiwakes. The latter two species have a more pelagic (offshore) distribution, suggesting that the problem may have started offshore, beyond the location of the container incident. Remarkably, a large flock (>40,000) common scoters wintering near the site of the sunk containers, were spared. There were no signs of increases mortalities among other animals in that area either (benthos, marine mammals). **All this indicates, that toxic substances were unlikely to be the cause of the guillemot die-off as these would have affected other animals as well.**

Shortly after the container incident, it was suggested that paraffin-like substances, that washed ashore in some places, could be responsible. However, feather samples and samples taken from the intestinal contents of stranded birds, only yielded few positive results: most birds were clean.

Therefore, a paraffin spill cannot be held responsible for the guillemot die-off.

The collected birds were swabbed and tested for Avian Influenza and other viruses. A few birds were found to have been carriers of Avian Influenza, but all strains were low-pathogenic and several different strains were involved. No other damaging viruses were found and viruses, like **Avian Influenza, cannot have caused the guillemot die-off. Other viruses were not found either.**

Some plastics, including one industrial pellet and one possible microbead, but mostly tiny threads. None of the plastics found in the stomachs and intestines of the birds could be linked to the cargo loss of the MSC Zoe and all items were small and ecologically insignificant. Birds entangled in plastic etc were not reported and not among the birds collected and studied. Hence, the loss of cargo in the container incident was not responsible for the die-off, through ingestion or entanglement.

Two birds were found, among the 123 birds studied, with small patches of oil in their feathers, all others were clean (from oil) and **oiling, unlike in past incidents, did not cause the present guillemot die-off.**

There were suggestions of thousands of small "globules" in the feces of birds brought to rehabilitation centres. This would suggest that coccidiosis, a microbial disease, could be responsible. However, after scrutiny, these globules were found to be crystals of uric acid, linked to the birds having renal problems due to dehydration. Guillemots do not have access to fresh water and have to make due with metabolic water from their food. If they stop feeding, dehydration may be the result. **There were no signs of coccidiosis.**

Parasites (helminths, feather lice, protozoans, fungi) were not prominent. **Parasites did not (greatly) affect the health status of the birds in the die-off.**

Prolonged, adverse weather conditions have been shown to play a significant role in earlier guillemot wrecks. Weather conditions, in the northern Netherlands were studied, both for December/January 2018/19 and over a long range of earlier years, and compared to guillemot stranding rates from beached birds surveys. The past winter was not found to have been a particularly bad one. There was this storm that caused the container loss, but this storm was not truly severe and short-lived. Temperature was generally high. Onshore winds prevailed and these would have made dead and dying birds strand, but would have killed them. **The weather was thus unlikely to have caused the mass mortality, although the storm may have pushed many birds over the edge, if these were already weakened.** Information from the breeding colonies in Scotland revealed that the guillemots had produced very light chicks in 2018. Survival of first-year is generally very poor in such years and this indicates, that this year's batch of newborns, had had a very poor start in life. **The problem underlying the massive die-off was thus probably rooted in their past, and after a winter of struggling to survive, the combination of poor body condition, nearshore distribution, onshore winds and a storm, could have caused the mortality to become large, and noticeable.**

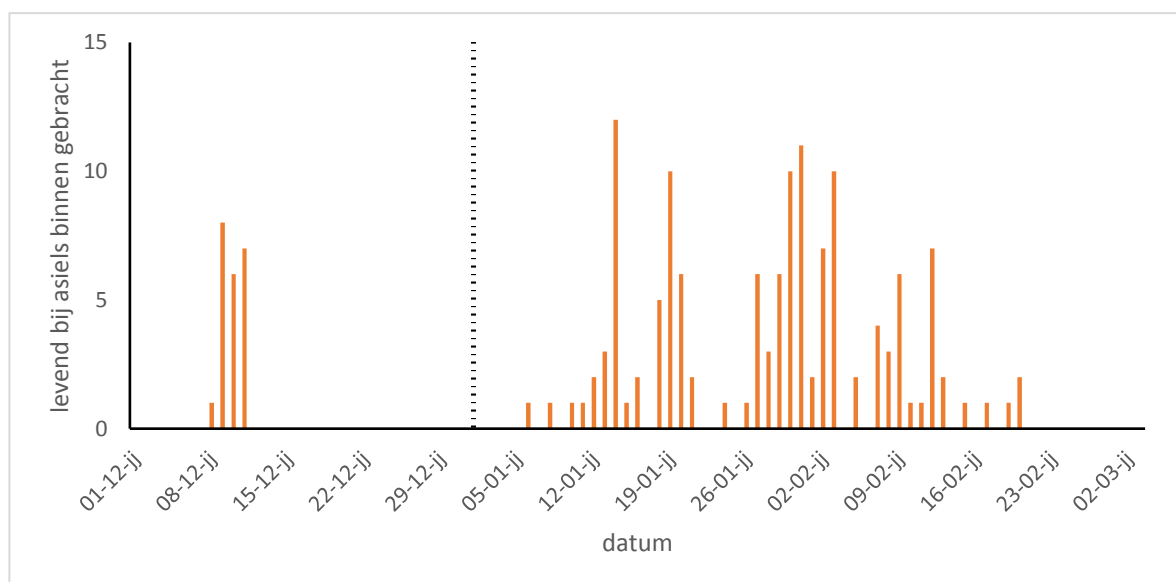
Stomach and gut contents analysis showed that the birds had been feeding until the end, but that prey that the birds had been able to catch were mostly very small and low in calories: a starvation diet. This too points towards the birds having been weakened and unable to forage properly.

At the population level, consequences of the die-off will probably be small. The majority of the dead birds were in their first winter and breeding birds were largely unaffected. The biometry and ringing recoveries showed, that most dead birds originated from the British Isles, and Helgoland.

1 Inleiding

In de nacht van 1 op 2 januari 2019 verloor het containerschip MSC Zoe tijdens een noordwesterstorm circa 345 containers in de scheepvaartroute ten noorden van de Waddeneilanden. Het schip, met een laadcapaciteit van 19.000 containers, was onderweg van het Portugese Sines naar Bremerhaven met zo'n 8.000 containers aan boord. Achttien containers spoelden aan. Het merendeel van de verloren containers is op de zeebodem terechtgekomen.

In de dagen en weken daarna, strandden grote aantallen dode en nog levende, maar doodzieke zeekoeten op de Nederlandse kust (Figuur 1). Vogels die naar de diverse kustasiels werden gebracht bleken broodmager, ziek en de meeste waren niet meer te redden. De vogels hadden maag/darm problemen en zwarte, stinkende ontlasting. Sommige vogels kwamen binnen met een nat verenkleed, maar in tegenstelling tot eerdere massastrandings onder zeekoeten, had maar een enkeling olie op het verenkleed. Vooral op Terschelling en Ameland werden aanvankelijk veel zeekoeten gevonden, maar de sterfte bleek zich uit te strekken van de meest westelijke Duitse Waddeneilanden tot in Zeeland. Daarmee was de stranding in geografische zin beperkt van omvang, bijvoorbeeld in vergelijking met het verspreidingsgebied van de zeekoet op zee, of met de omvang van slecht-weer systemen die over zee trokken.



Figuur 1. Aantallen zeekoeten, binnengebracht bij de kustasiels Fugelhelling (Ureterp), Ecomare (Texel) en Vogelhospitaal (Haarlem). In december was een sterftegolfje, grotendeels van olieslachtoffers. Vanaf ongeveer een week na het containerincident, aangegeven met een zwarte arcering op 1 januari werden zeekoeten binnen gebracht.

Een verband met de containerramp was snel gelegd. Zou het mogelijk zijn dat de massale zeevogelsterfte, die in tijd en in ruimte samenviel met de verloren lading, de oorzaak van de sterfte is?

Het ministerie van LNV heeft onderzoek naar de massasterfte laten doen door Wageningen Marine Research, Wageningen Bioveterinary Research en het Dutch Wildlife Health Centre van de Universiteit Utrecht. Onderzoekers van deze instituten hebben gezamenlijk ecologisch, virologisch en pathologisch onderzoek gedaan naar de sterfte. Daarbij is steeds de mogelijke rol van de containerramp in het oog gehouden, maar zijn ook andere mogelijke oorzaken onderzocht.

Voor dit onderzoek is aan vrijwilligers langs de kust en aan de kustasiels gevraagd om vers dode dieren te verzamelen voor onderzoek. Deze vogels zijn diepgevroren opgeslagen om op een later moment (14 februari 2019) in een grote gezamenlijke sessie te worden onderzocht door verschillende experts. Dit onderzoek vond plaats in de onderzoeksfaciliteit van de Faculteit Diergeneeskunde, afdeling Veterinaire Pathologie van de Universiteit Utrecht. In dit onderzoek zijn 123 zeekoeten van buiten en van binnen onderzocht op aanwijzingen die hun massale sterven zouden kunnen verklaren. Naast de 123 diepgevroren bewaarde zeekoeten zijn 16 zeekoeten door verschillende asielen voor onderzoek ingestuurd naar het Dutch Wildlife Health Centre, dat opvallende sterftes onder wilde dieren in Nederland onderzocht. Deze vogels waren niet diepgevroren maar zijn vers aangeleverd, wat ze meer geschikt maakte voor diepgaand histopathologisch onderzoek. Tenslotte is navraag gedaan bij een aantal kustasiels om het ziektebeeld van levend binnen gebrachte vogels te leren kennen.

Dit rapport bevat een aantal eigenstandige hoofdstukken, van verschillende experts, waarin achtereenvolgens behandeld worden:

De herkomst en leeftijdsverdeling van de bij de massasterfte betrokken zeekoeten

(Wageningen Marine Research). In dit hoofdstuk wordt uitgezocht van waar (op zee, kort voor de stranding, en uit welke broedgebieden) de gestrande vogels afkomstig waren, en hoe het zover heeft kunnen komen dat vele duizenden vogels omkwamen.

De invloed van weersomstandigheden op de massastranding van de zeekoeten wordt onderzocht door patronen van strandingen over een langere reeks van jaren te vergelijken met weergegevens.

Het ziektebeeld van de levend binnengebrachte vogels **en de pathologie** van de gestorven vogels (Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit Utrecht & Jolianne Rijks, Dutch Wildlife Health Centre, Universiteit Utrecht). In dit hoofdstuk wordt gezocht naar de gezamenlijke onderliggende oorzaak van de massasterfte.

Virologie en antibioticum resistentie (Wageningen Bioveterinary Research). Verschillende virussen, waaronder Aviaire Influenza (Vogelgriep) en bacteriën zijn eerder bij zeekoeten aangetoond en kunnen ook onder wilde vogels veel slachtoffers maken. In dit hoofdstuk wordt het voorkomen van deze ziekteverwekkers onderzocht onder de binnengebrachte zeekoeten.

Plastics in het maagdarm kanaal van de zeekoeten (Wageningen Marine Research). In dit hoofdstuk wordt uitgezocht in hoeverre zwerfvuil, al dan niet verloren tijdens het containerincident, verantwoordelijk gehouden moeten worden voor de massasterfte.

Paraffine in het maagdarmstelsel en in het verenkleed van de zeekoeten (Wageningen Marine Research). In dit hoofdstuk wordt uitgezocht in hoeverre paraffine-achtige stoffen verantwoordelijk gehouden moeten worden voor de massasterfte.

Dieet. Maag- en darminhoud van de 123 verzamelde vogels is onderzocht op voedselresten om na te gaan of de vogels kort voor hun dood nog hadden gegeten en zo ja, of er een "normaal" spectrum aan prooien is gegeten.

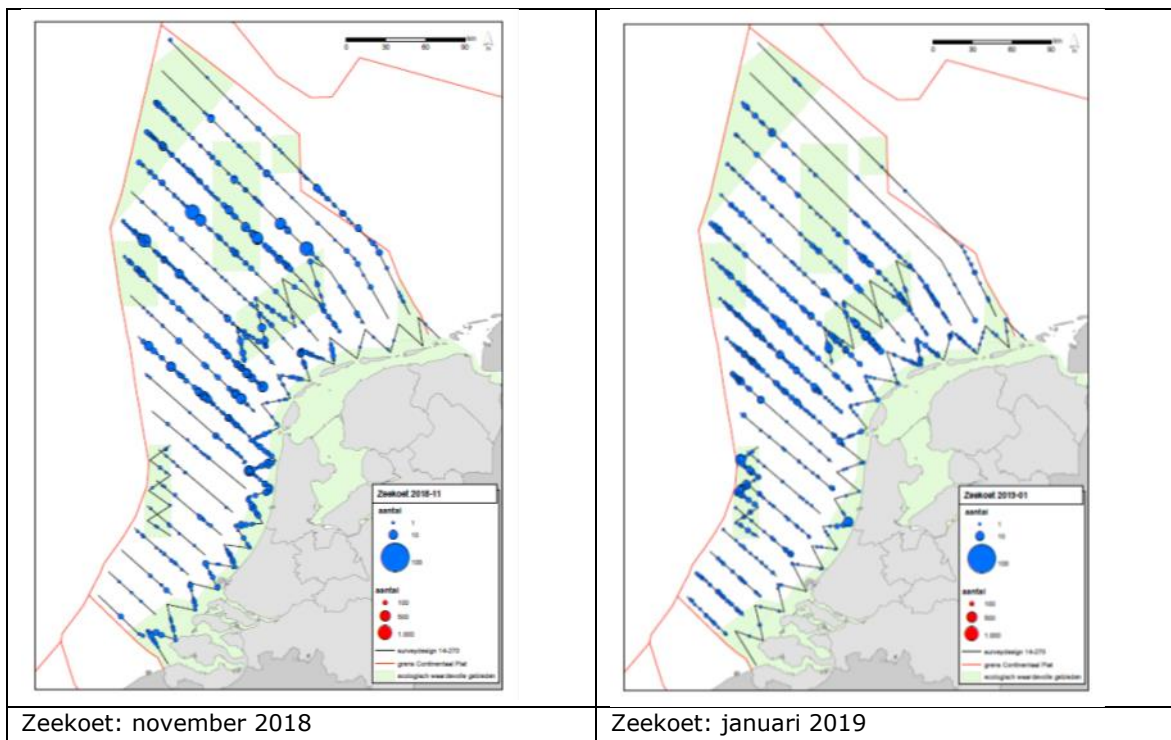
Op grond van alle bevindingen wordt in het laatste hoofdstuk, **Conclusies**, samengevat wat de meest waarschijnlijke oorzaak is geweest van de massastranding van zeekoeten, kort na het incident met de MSC Zoe.

2 Herkomst en leeftijdsverdeling van de zeekoeten

Mardik Leopold, Wageningen Marine Research

Zeekoeten broeden niet in Nederland, maar overwinteren wel in grote aantallen in onze wateren. De populatie is de afgelopen decennia sterk gegroeid en dit wordt weerspiegeld in de aantallen die Nederland bezoeken. In de Nederlandse sector van de Noordzee, circa 57.000 km² groot, pieken de aantallen in november/december. Vijfentwintig (25) jaar geleden werd het aantal zeekoeten in deze maanden hier geschat op 240.000 vogels (Camphuysen & Leopold 1994); tegenwoordig schat men de aantallen op 420.000 (Fijn et al. 2015). Zeekoeten komen buiten het broedseizoen wijdverspreid over de hele Noordzee voor: het aantal overwinteraars in de Noordzee wordt geschat op ruim anderhalf miljoen (Skov et al. 2007). Geringde vogels die in Nederland zijn gevonden kwamen uit alle hoeken van de Britse Eilanden (Speek & Speek 1984; Wernham et al. 2002), maar ook van Helgoland, IJsland, de Faeröer eilanden en IJsland en Noorwegen. Hoog-noordelijke zeekoeten, die broeden van de oostkust van Noord-Amerika, Noorwegen en Rusland overwinteren gewoonlijk (ver) ten noorden van de Noordzee en dit geldt ook voor de meeste vogels van IJsland en de Faeröer eilanden. Vogels uit dit deel van de populatie worden dus vrijwel nooit in Nederland gevonden (de Wijs 1982, 1985). De soort broedt ook in de Oostzee, maar die deelpopulatie overwintert daar. "Onze" zeekoeten zijn dus vooral afkomstig van kolonies rond de Britse Eilanden, met Noordoost Schotland als belangrijkste brongebied (Leopold 2017).

In Nederland houden Bureau Waardenburg (BuWa) en Delta Project Management (DPM) samen voor Rijkswaterstaat (RWS) de vinger aan de pols met betrekking tot het voorkomen van zeevogels op het Nederlandse deel van de Noordzee. Om de maand wordt de Noordzee per vliegtuig op zeevogels geïnventariseerd, volgens een standaard protocol en volgens een standaard route (Fijn et al. 2015). Aan BuWa/DPM is gevraagd om de resultaten van de tellingen in november 2018 (de toestand vóór het incident met de MSC Zoe) en in januari 2019 (de toestand net na dit incident) versneld op te leveren. RWS verleende hiervoor toestemming met dien verstande dat de geproduceerde kaarten (Figuur 2) nog voorlopige resultaten laten zien, afkomstig uit het MWTL-monitoringsprogramma van RWS.



Figuur 2. Verspreiding van zeekoeten in de Nederlandse sector van de Noordzee (voorlopige resultaten). Gebieden met een bijzondere ecologische waarde zijn groen gearceerd. Het Friese Front is het parallellogram ten noordwesten van de Waddeneilanden.

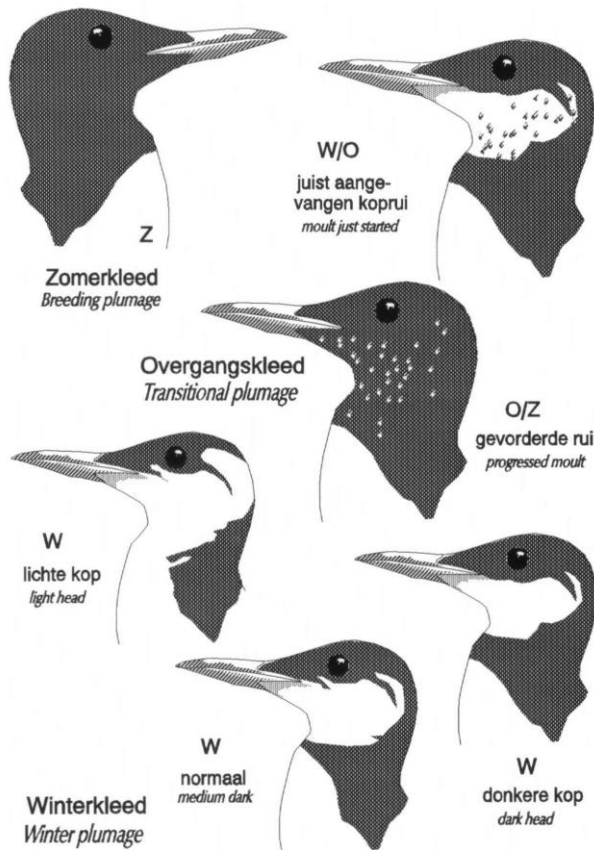
De zeekoet laat in beide maanden een diffuse verspreiding zien op zee. In het gebied waar de containers werden verloren, ten noorden van Terschelling en verder naar het oosten, kwamen in november 2018, ruim vóór het containerincident, weinig zeekoeten voor. Wel zaten er toen veel zeekoeten voor de kust van Noord-Holland. In december is niet geteld dus de situatie ten tijde van het incident (1 januari) of kort daarvoor is niet bekend. In januari 2019, na het incident met de MSC Zoe werden in de gehele kuststrook boven Terschelling tot Schiermonnikoog zeekoeten waargenomen. Verder noordwestelijk, ruwweg ter hoogte van het Friese Front, maar ook voor de Hollandse kust, kwamen hogere aantallen voor. Mogelijk waren dit dus belangrijk brongebieden van de op de Nederlandse kust gestrande vogels.

2.1 Leeftijd, geslacht, conditie en biometrie van de gestrande zeekoeten

De 123 vogels die, verspreid over stranden van Zeeland tot Schiermonnikoog (Tabel 1) werden verzameld voor onderzoek in de nasleep van het containerincident, zijn in detail, uitwendig en inwendig, onderzocht op de faculteit Diergeneeskunde van de Universiteit Utrecht. Leeftijd, geslacht, conditie, maten en gewichten, bevuiling met olie, en kleeckenmerken werden voor iedere vogel vastgelegd. Bij zeekoeten kunnen drie leeftijdsklassen worden onderscheiden: vogels in hun eerste winter hebben in de regel nog een volledig winterkleed in januari/februari; hebben witte tippen aan de ondervleugeldekveren; kleinere lichaamsmaten dan oudere vogels en ze hebben een grote Bursa van Fabricius (een inwendig orgaantje dat een rol speelt bij de opbouw van het immuunsysteem bij vogels, vastzittend aan de cloaca). Bij zeekoeten in hun eerste winter is dit orgaantje, zichtbaar bij secties, ongeveer 2 cm³ groot, bij tweede winter vogels minder dan 1 cm³, bij derde winter vogels is er hooguit nog een restje van aanwezig en bij volwassen vogels ontbreekt het (<http://www.zeevogelgroep.nl/files/documents/AgeingManual.pdf>). Mannen en vrouwen zijn bij zeekoeten alleen inwendig van elkaar te onderscheiden, aan de hand van de geslachtsorganen. De vordering van de kopruï (Figuur 3) werd bij iedere vogel genoteerd. Deze loopt van volledig winterkleed tot volledig zomerkleed, met diverse stadia daar tussenin (Sandee 1983; Camphuysen 1995; Camphuysen et al. 2007).

Tabel 1. Verdeling van de onderzochte zeekoeten over verschillende deelgebieden en maanden.

Deelgebied	Van...tot	Jan	Feb	Jan/Feb
"Zeeland"	Ouddorp - Neeltje Jans		4	9
"Zuid-Holland"	Kijkduin - Wijk aan Zee	3	10	
Texel	Teso haven - vuurtoren	10	17	
Vlieland	Noordzeestrand	4		
Terschelling	Noordzeestrand	21	2	
Ameland	Noordzeestrand	21	17	
Schiermonnikoog	Noordzeestrand	4		
Harlingen			1	



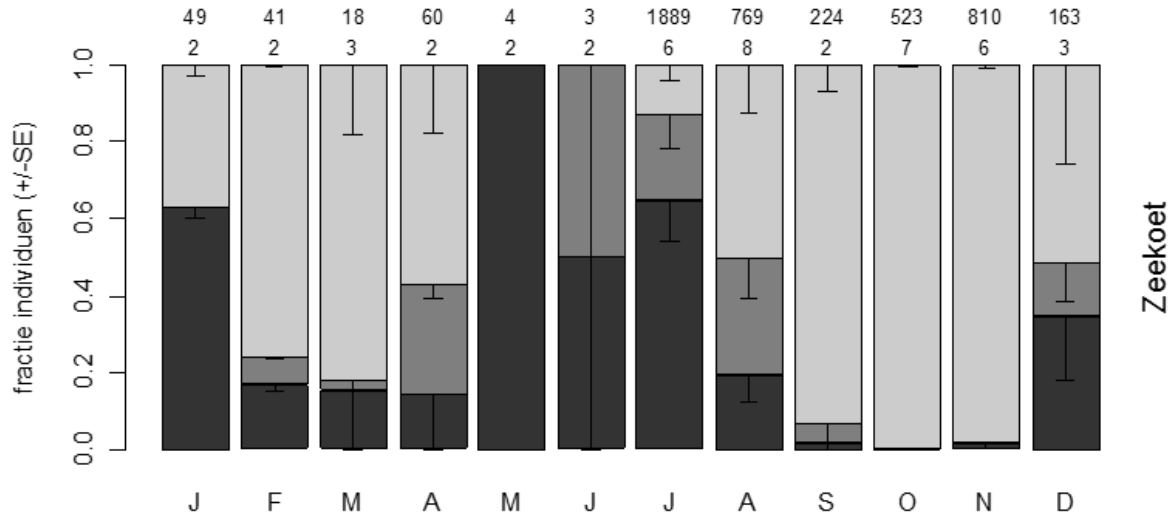
Figuur 3. Kleden van zeekoeten, overgenomen uit Camphuysen (1995), lopend van zomerkleed (Z), via diverse overgangskleden (O) naar winterkleed (W). Tussen overgang/zomerkleed (O/Z) en winter/overgangskleed (W/O) kan nog een intermediair kleed O worden onderscheiden (Tabel 2).

Veel volwassen (broed)vogels zijn in januari alweer in volledig zomerkleed en zitten dan bij de kolonies en zijn dus niet meer in onze wateren aanwezig (Figuur 4).



Figuur 4. De toekomstige broedvogels zijn in januari alweer in de kolonie te vinden! Webcam, Scottish Seabird Centre van Isle of May, Schotland, 14-1-2019. <https://seabird.org/wildlife/webcams/isle-of-may-cliff/12/28/94>

“Volwassen” vogels in zomerkleed die stranden op de Nederlandse kust in januari/februari zijn dus jong- volwassen, of lopen in hun rui achter bij de vogels die al op de kolonies zijn teruggekeerd, en zijn dus mogelijk in minder goede conditie. In januari/februari is verder uit de kust in Nederlandse wateren echter een aanzienlijk deel van de zeekoeten in zomerkleed (Figuur 3). In januari is dit ruim 60%, in februari nog bijna 20%. De scherpe daling na januari laat zien, dat vogels Nederland verlaten zodra ze in broedconditie komen en dat de achterblijvers blijkbaar nog geen broedvogels zijn.



Figuur 5. Koprui van zeekoeten op het Friese Front (ca 100 km NW van Texel: een mogelijk brongebied van de massastrandings, zie Figuur 2). Zwart: zomerkleed. Donkergrijs: overgangskleed. Lichtgrijs: winterkleed. De cijfers boven de staven geven de steekproefgroottes aan; eerst het aantal individuen waarvan het kleed is gescoord, daaronder het aantal jaren waarin het gebied bezocht is. Kuikens (in de zomer, zolang als zodanig herkend) zijn uitgesloten. Deze figuur is overgenomen uit van Bemmelen et al. (2013).

De verdeling van leeftijden en kleden onder de onderzochte gestrande vogels (Tabel 2) laat duidelijk zien dat de meerderheid nog in hun eerste winter was (geboren in 2018) en dat jongere vogels vooral in winterkleed waren en oudere vogels meer en meer in zomerkleed. Bij de eerste winter was er een mannenoverschot; bij oudere vogels een vrouwenoverschot.

Tabel 2. Verdeling van leeftijden en kleden (zie Figuur 1) van de 123 zeekoeten die bij de massa-sectie werden onderzocht.

	Totaal aantal: man/vrouw	W	W/O	O	O/Z	Z
eerste winter	49 / 35	82	2			
2 ^e , 3 ^e winter	14 / 17 / 1?	21	3	5		3
volwassen	2 / 5	1		1	1	4

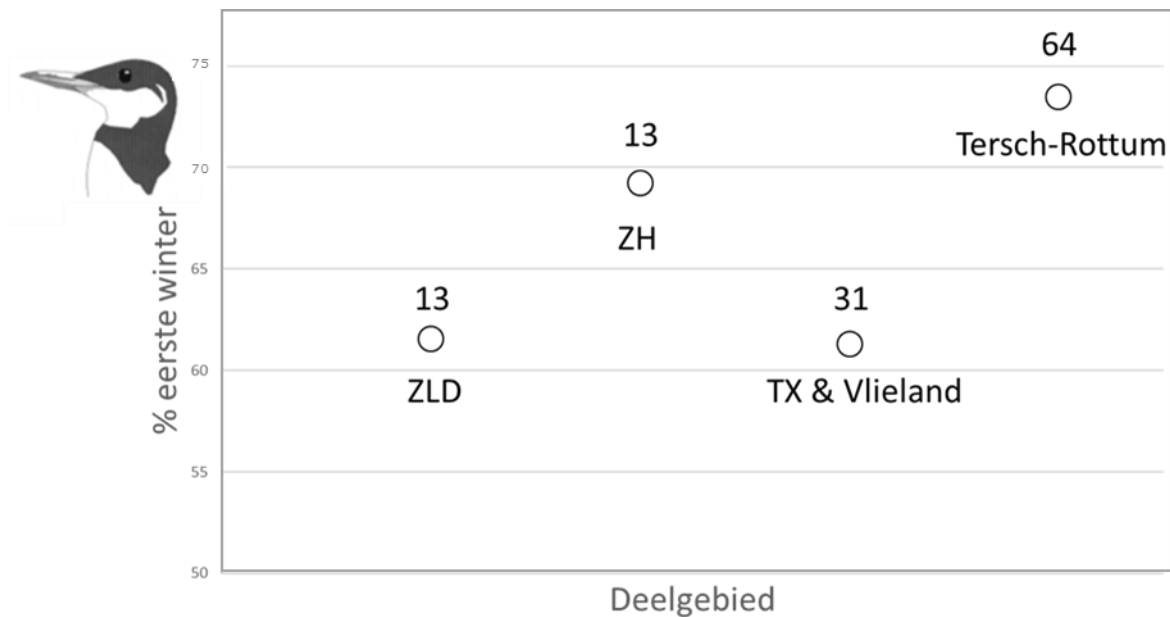
Gemeten over alle 123 vogels, was 6% in zomerkleed, aanzienlijk minder dan het percentage zomerkleden op het Friese Front in deze maanden (Figuur 5). Daarbij was ruim de helft (55%) dood gevonden in januari en in die maand ligt het percentage zomerkleden op het Friese Front boven de 60%. De gevonden verdeling aan kleden pleit dus tegen het Friese Front als brongebied, of wijst erop dat de sterfte selectief plaatsvond en dat vooral jonge vogels werden getroffen. Tijdens scheepstellingen van WMR en NIOZ in de kustzone ten noorden van de Nederlandse Waddeneilanden en langs de Hollandse kust werd tussen 1988 en 2012 het kleed genoteerd van 6389 zeekoeten in de maanden januari en februari (Tabel 3). De percentages zomerkleden onder deze vogels waren over het algemeen lager dan die op het Friese Front, en vertoonden meer overeenkomst met dat van de onderzochte gestrande vogels. Evengoed werden er op zee hogere percentages zomerkleden

vastgesteld dan onder de gestrande vogels en dit laat zien, samen met het feit dat veel vogels levend strandden, dat vooral (jonge) zeekoeten in winterkleed zijn omgekomen in de massasterfte van januari/februari 2019.

Tabel 3. Verdeling van kleden van zeekoeten op zee in de Nederlandse kustzone in januari en februari 1988-2017 (ESAS-database, Wadden: 53°-53°30'N, 4°30'-6°30'E; Holland en Zeeland: 52°-53°N, >4°E). Van 9 vogels, verzameld in Zeeland (1 in zomerkleed, 2 in overgangskleed en 6 in winterkleed) was onduidelijk wat de precieze vinddatum was. Deze zijn niet verwerkt in de resultaten in Tabel 3.

Kustzone		Wadden		Zuid-Holland en Zeeland	
		Jan	Feb	Jan	Feb
op zee	Zomer	33	18	1612	286
op zee	Overgang	11	2	439	34
op zee	Winter	277	107	2829	741
op zee	% zomer	10.3 (321)	14.2 (127)	33.0 (4880)	27.0 (1061)
stranding	% zomer	6.7 (60)	2.7 (37)	33.3 (3)	0 (14)

In eerdere jaren (1980-2003) is gevonden dat in de winter (nov-apr) het aandeel eerste winter zeekoeten dat strandt op de oostelijke Waddeneilanden (Terschelling-Rottum) hoger is dan in Zeeland en de Hollandse kust (Ouweland et al. 2004). De zeekoeten die in januari/februari 2019 strandden, vertoonden dit beeld ook, al was het beeld wat diffuus voor Zeeland en Holland, wellicht doordat er relatief weinig vogels voor deze regio's werden onderzocht. Het percentage jonge vogels onder de zeekoeten, gestrand op de oostelijke Waddeneilanden was evenwel hoger (73% n=64) dan in Zeeland/Holland (63%, n=57) (Figuur 5). Ten noorden van de oostelijke Waddeneilanden overwinteren blijkbaar relatief veel jonge vogels, en de winter van 2018/19 vormde op dit eerder gevonden patroon geen uitzondering.



Figuur 6. Percentages eerste winter zeekoeten onder de 123 onderzochte vogels, respectievelijk afkomstig uit "Zeeland" (alles ten zuiden van Hoek van Holland), Zuid-Holland (Hoek van Holland tot en met Wijk aan Zee), Texel/Vlieland en de oostelijke Waddeneilanden (Terschelling tot Rottum). Aantallen onderzochte vogels staan boven de punten vermeld. Tekening zeekoet: Kees Camphuysen.

Olie, in het verleden de belangrijkste doodsoorzaak bij zeekoeten die in Nederlands strandden (Camphuysen 2018), werd bij de nu onderzochte vogels niet (121x) of nauwelijks (2x) op het verenkleed aangetroffen. Van de twee vogels met olie was er een die op 18 januari op Texel was gevonden en waarvan het kadaver bij sectie werd beoordeeld als "oud". Mogelijk was deze vogel al

gestorven vóór het incident met de MSC Zoe. In december 2018 spoelden er op Texel meerdere vogels aan met olie op de veren (pers. comm. Mariëtte Smit, hoofd dierverzorging, Ecomare, Texel). De andere "olievogel" was vers en werd gevonden op Terschelling, op 27 januari (Figuur 6).



Figuur 7. De enige twee zeekoeten onder de 123 onderzochte vogels met (een beetje) olie op het verenkleed. Links een vogel die mogelijk al stierf vóór het incident met de MSC Zoe (olie op de rechterflank); rechts een vogel die vers dood op Terschelling werd gevonden, 4 weken na het incident. Foto's: Jan Andries van Franeker & Yvonne Hermes, Wageningen Marine Research en Nederlandse Zeevogelgroep.

De lichaamsconditie van iedere vogel werd ingeschat aan de hand van een drietal standaard kenmerken: de hoeveelheid onderhuids vet; de hoeveelheid vet aanwezig tussen de inwendige organen, en de bespiering van het borstbeen (<http://www.zeevogelgroep.nl/files/documents/ConditionManual.pdf>).

Een van de 123 onderzochte vogels was te autolytisch (rot) om deze bepalingen nog aan te kunnen en van twee andere vogels hadden aaseters te veel borstspier, respectievelijk ingewanden weggegeten voor een zinvolle bepaling. Bij geen enkele van de overgebleven 122/121 vogels werd nog een spoortje onderhuids/ingewandsvet aangetroffen (code 0): alle vogels hadden al deze reserves opgebruikt. Van de 121 vogels met intacte borstspieren werden deze 110 keer beoordeeld als sterk geatrofieerd (code 0, op een schaal van 0-3) en bij elf vogels als geatrofieerd (code 1). Alle vogels waren dus zeer ernstig vermagerd.

De lichaamsgrootte is enigszins indicatief voor de herkomst (het broedgebied waarvan de vogels afkomstig zijn) van zeekoeten. Vogels in het zuiden zijn kleiner dan verder noordelijk (Camphuysen et al. 2007). De vleugellengte en snavellengte zijn het meest onderscheidend en er zijn verschillen tussen de verschillende leeftijden en seksen (Ouweland et al. 2004).

Tabel 4. Gemiddelde gewichten (alleen schone, droge, complete vogels die zo goed als vrij van zand aren; gram, SD) en vleugel- en snavellengtes (mm, SD) voor de verschillende leeftijdsklassen, voor mannen en vrouwen apart.

Leeftijd	Sekse	Aantal	Gewicht (g)	Aantal	Vleugel (mm)	Aantal	Snavel (mm)
Volwassen	Vrouw	0		2	203.75	2	46.20
	Man	3	694 ± 76.5	5	206.00 ± 5.49	5	48.08 ± 1.36
2e, 3e winter	Vrouw	5	628 ± 35.9	17	204.44 ± 4.45	17	45.57 ± 2.20
	Man	5	622 ± 79.9	15	201.80 ± 4.03	15	44.38 ± 3.10
1e winter	Vrouw	16	586 ± 50.3	35	197.63 ± 9.89	35	43.47 ± 2.70
	Man	26	593 ± 67.3	49	198.70 ± 4.19	48	44.57 ± 2.68

De eerste winter vogels lijken kleiner dan de 2^e/3^e winter vogels en volwassen vogels (Tabel 4), maar de verschillen zijn lastig te beoordelen omdat de onderzochte aantallen soms klein zijn en de verschillen tussen de seksen niet consistent en niet significant verschillend zijn (T-test, $p > 0.05$).

Daarom zijn de gegevens voor mannen en vrouwen samen genomen (Tabel 5 en 6). Uit de cijfers blijkt dat de eerste winter vogels nog niet volgroeid zijn en dat vogels in hun tweede/derde winter niet of nauwelijks meer verschillen van volwassen vogels.

Tabel 5. Gemiddelde gewichten (alleen schone, droge, complete vogels; gram, SD) en vleugel- en snavellengtes (mm, SD) voor de verschillende leeftijdsklassen, voor mannen en vrouwen samen.

Leeftijd	Aantal	Gewicht (g)	Aantal	Vleugel (mm)	Aantal	Snavel (mm)
Volwassen	3	694 ± 76.5	7	205.36 ± 4.79	7	47.54 ± 2.67
2 ^e , 3 ^e winter	10	625 ± 58.5	32	203.20 ± 4.40	32	45.95 ± 2.65
1e winter	42	590 ± 60.8	84	198.26 ± 7.11	83	44.11 ± 2.72

Tabel 6. Significantiematrix voor gewicht, en vleugel- en snavellengtes voor de verschillende leeftijdsklassen, voor mannen en vrouwen samen (Tabel 5).

	Gewicht	Vleugel	Snavel
Volwassen vs 2e, 3e winter	<0.05	ns	ns
2 ^e , 3 ^e winter vs 1 ^e winter	=0.1	<0.001	<0.01
Volwassen vs 1 ^e winter	<0.05	<0.001	<0.001

De lichaamsmaten van de zeekoeten, betrokken bij de massastrandings van 2019 suggereren dat de vogels (vooral) afkomstig waren van de Britse Eilanden, zuidelijk van Orkney (Camphuysen et al. 2007-ALCIDAE). Enkele ringvondsten bevestigen dit. Onder de 16 vers dode en 123 ingevroren onderzochte zeekoeten waren geen vogels met ringen, maar er zijn ten tijde van de massastrandings wel enkele geringde zeekoeten in Nederland gevonden (Tabel 7). Vijf vogels waren afkomstig van Isle of May, Firth of Forth, Oost-Schotland en een van Helgoland (Duitsland).

Tabel 7. Ringvondsten van zeekoeten in Nederland, januari/februari 2019. De eerste vijf vogels zijn afkomstig van Isle of May, Schotland (56°11'N 2°33'W). *: Vogel R03117 was als broedvogel geringd op Isle of May in 2003 en heeft hier gebroed t/m 2018. Informatie van: Prof. Mike Harris, Centre for Ecology & Hydrology (CEH), Edinburgh. **: De zesde vogel kwam van Helgoland, in de Duitse Bocht van de Noordzee. (informatie: Olaf Geiterr, Vogelwarte Helgoland en Dr Henk van der Jeugd, Vogeltrekstation/NIOO).

Ring	Vindplaats	Datum	GPS	leeftijd	conditie
N08190	Hollum, Ameland	23/1/19	53°25'N 5°39'E	1 ^e winter	Niet vers
N08233	Pietersbierum, Friesland	18/1/19	53°12'N 5°25'E	1 ^e winter	Vers
N08213	Rottumerplaat	10/2/19	53°32'N 6°29'E	1 ^e winter	Vers
N08284	Schor 't Stelletje, Zierikzee	15/2/19	51°38'N 3°56'E	1 ^e winter	Vers
R03117 *	Ouddorp, strand	14/1/19	51°49'N 3°55'E	Broedvogel*	Vers
L002988 **	Hoorn, Terschelling	19/1/19	53°24'N 5°20'E	1e winter	Vers

Een overwegend zuidelijke (Britse Eilanden tot Helgoland) herkomst wordt nog eens bevestigd doordat er onder de 123 onderzochte zeekoeten slechts twee waren van de gebilde vorm (1.6%). De gebilde vorm (Figuur 7) van de zeekoet komt noordelijker talrijker voor. In Engeland is 1–5% gebild, in Schotland 6–17%, op IJsland 7–53%, in Zuid Noorwegen 12.5%, in Noord Noorwegen 19–25% en nog verder noordelijk >36% (Camphuysen et al. 2007-ALCIDAE).



Figuur 8. Een van de twee zeekoeten van de gebilde vorm (witte ring rond het oog). Foto: Jan Andries van Franeker & Yvonne Hermes, Wageningen Marine Research en Nederlandse Zeevogelgroep.

De combinatie van lichaamsmaten, ringvondsten en het percentage gebilde zeekoeten laat zien dat de in januari/februari 2019 in Nederland gestrande vogels vooral van afkomstig waren van de Britse Eilanden.



Figuur 9. Volwassen zeekoet R03117 (L-Rood-Rood), dood gevonden op het strand bij Ouddorp, ZH, op 14 januari 2019 door George Tanis. NB: hoewel deze vogel volwassen is, en heeft gebroed tot en met 2018, was hij nog in winterkleed (vergelijk met Figuur 3) en niet in goede conditie. Foto's overgenomen met toestemming van de fotograaf/vinder: George Tanis, van <https://waarneming.nl/waarneming/view/166594371>

Referenties:

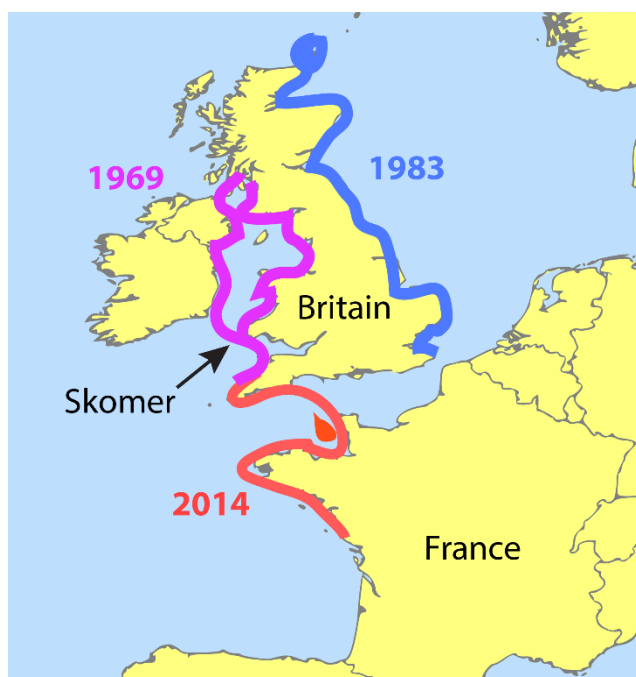
- van Bemmelen R., Arts F. & Leopold M. 2013. Alken en zeekoeten op het Friese Front. IMARES Rapport C160/13, 44p. <https://www.wur.nl/en/Publication-details.htm?publicationId=publication-way-343433373432>
- Camphuysen C.J. 1995. Leeftijdsbepaling van Zeekoet *Uria aalge* en alk *Alca torda* in de hand. Sula 9: 1-22.
- Camphuysen C.J. 2018. Monitoring and assessment of the proportion of oiled common guillemots in The Netherlands: annual update, winter 2016/17, with a preview into 2017/2018. Rapport 2018-04, RWS Centrale Informatievoorziening BM 18.06, mei 2017. Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, Texel.
- Camphuysen C.J. & Leopold M.F. 1994. Atlas of seabirds in the southern North Sea. IBN Research report 94/6, NIOZ Report 1994-8, Institute for Forestry and Nature Research, Netherlands Institute for Sea Research and Dutch Seabird Group, Texel, 126p.
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/atlas-of-seabirds-in-the-southern-north-sea>
- Camphuysen C.J., Bao R., Nijkamp H. & Heubeck M. (eds) 2007. Standard autopsy: post-mortem examinations of stranded seabirds. Technical documents 4.1, Handbook on Oil Impact Assessment, version 1.0. Online edition,
<http://www.oiledwildlife.eu/birds/publications/handbook-oil-impact-assessment-seabirds> met daaronder:
<http://www.zeevogelgroep.nl/files/documents/StandardAutopsy.pdf>
<http://www.zeevogelgroep.nl/files/documents/AgeingManual.pdf>
<http://www.zeevogelgroep.nl/files/documents/ConditionManual.pdf>
<http://www.zeevogelgroep.nl/files/documents/DietStudy.pdf>
<http://www.zeevogelgroep.nl/files/documents/ALCIDAE.pdf>
- Fijn R.C., Arts F.A., de Jong J.W., Collier M.P., Engels B.W.R., Hoekstein M., Jonkvorst R.-J., Lilipaly S., Wolf P.A., Gyimesi A. & Poot M.J.M. 2015. Verspreiding en abundantie van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat in 2014-2015. Bureau Waardenburg Rapportnr. 15-179. Bureau Waardenburg, Culemborg.
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/verspreiding-en-abundantie-van-zeevogels-en-zeezoogdieren-op-het-nederlands-continentaal-plat-2014-2015>
- Leopold M.F. 2017. Seabirds? What seabirds? An exploratory study into the origin of seabirds visiting the SE North Sea and their survival bottlenecks. Wageningen Marine Research report C046/17. <https://doi.org/10.18174/416194>
- Ouwehand J., Leopold M.F. & Camphuysen C.J. 2004. A comparative study of the diet of Guillemots *Uria aalge* and Razorbills *Alca torda* killed during the Tricolor oil incident in the south-eastern North Sea in January 2003. Atlantic Seabirds (special issue) 6: 147-166.
- Sandee H. 1983. Kleurcontrast in de vleugeldekveren bij alk en zeekoet. Nieuwsbrief NSO 4(4/5): 133-143, Nederlandse Zeevogelgroep.
- Skov H., Durinck J., Leopold M.F. & Tasker M.L. 2007. A quantitative method for evaluating the importance of marine areas for conservation of birds. Biol. Conserv. 136: 362-371.
- Speek B.J. & Speek G. 1984. Thieme's vogeltrekAtlas. Terugmeldingen van 181 vogelsoorten verzameld in 301 geografische kaarten. Thieme, Zutphen, 305p.
- Wernham C., Toms M., Marchant J., Clark J., Siriwardena G. & Baillie S. (eds) 2002. The migration atlas: movements of the birds of Britain and Ireland. T. & A.D. Poyser, London, 884p.
- de Wijs W.J.R. 1981. *Uria aalge hyperborea* in Nederland? Limosa 54: 63-64.
- de Wijs W.J.R. 1985. Herkomst en leeftijd van zeekoeten *Uria aalge* in Nederland. Limosa 58: 61-64.

3 De invloed van weersomstandigheden

Mardik Leopold & Joop Coolen, Wageningen Marine Research

De zeekoet is een soort die vaker massaal strandt. Afgezien van grote olie-incidenten, waarbij de oorzaak van de stranding duidelijk is, en strandingen veroorzaakt door andere chemicaliën (zie bijvoorbeeld Camphuysen et al. 1999), zijn er ook grootschalige strandingen geweest van schone vogels. Bekende en vermoede oorzaken van massasterftes bij dieren zijn extreme weersomstandigheden, voedselgebrek (al dan niet in combinatie met vrijkomende toxische stoffen uit lichaamsvet), biotoxines (bijvoorbeeld uit plankton), ziektes en maar ook een betere oplettendheid van waarnemers (Fey et al. 2015). Voor de zeekoet zijn relatief veel massasterftes beschreven. Veelal werd de oorzaak gezocht in extreme weersomstandigheden, in Europa langdurige reeksen winterstormen (Blake 1984; Harris & Wanless 1984, 1996; Morley et al. 2016; Louzao et al. 2019); in Alaska waar de soort ook voorkomt dacht men juist aan warme, El Niño omstandigheden (Piatt & Van Pelt 1997). De meeste vogels die bij dergelijke massastrandings betrokken waren, waren schoon (geen olie in het verenkleed) en sterk vermagerd. Om die reden werd voedselgebrek verondersteld de oorzaak te zijn en men spreekt dan van een *wreck* (Heubeck et al. 1992). Wanneer zeekoeten langdurig onvoldoende vis kunnen vangen raken ze uitgeput, gaan ze in conditie achteruit en sterven ze tenslotte.

Omdat "extreem weer" zich gebruikelijk over een groot gebied uitstrekt, omvatten *wrecks* ook meestal een groot gebied (Birkhead 2014). Bij zeekoeten *wrecks* zijn vaak tienduizenden vogels betrokken (Louzao et al. 2019) en in extreme gevallen meer dan 100.000 (Piatt & Van Pelt 1997), al blijkt steeds dat het daadwerkelijke aantal slachtoffers niet goed kan worden vastgesteld, vanwege de geografische omvang van de *wreck*, onzekerheden over welk deel van de op zee gestorven vogels strandt, en (in het buitenland) ontoegankelijke delen van de kustlijn. In Nederland lijken *wrecks* over het algemeen kleinschaliger, maar ook in ons land blijft het lastig om aantallen gestorven vogels goed te schatten (Camphuysen 1993).

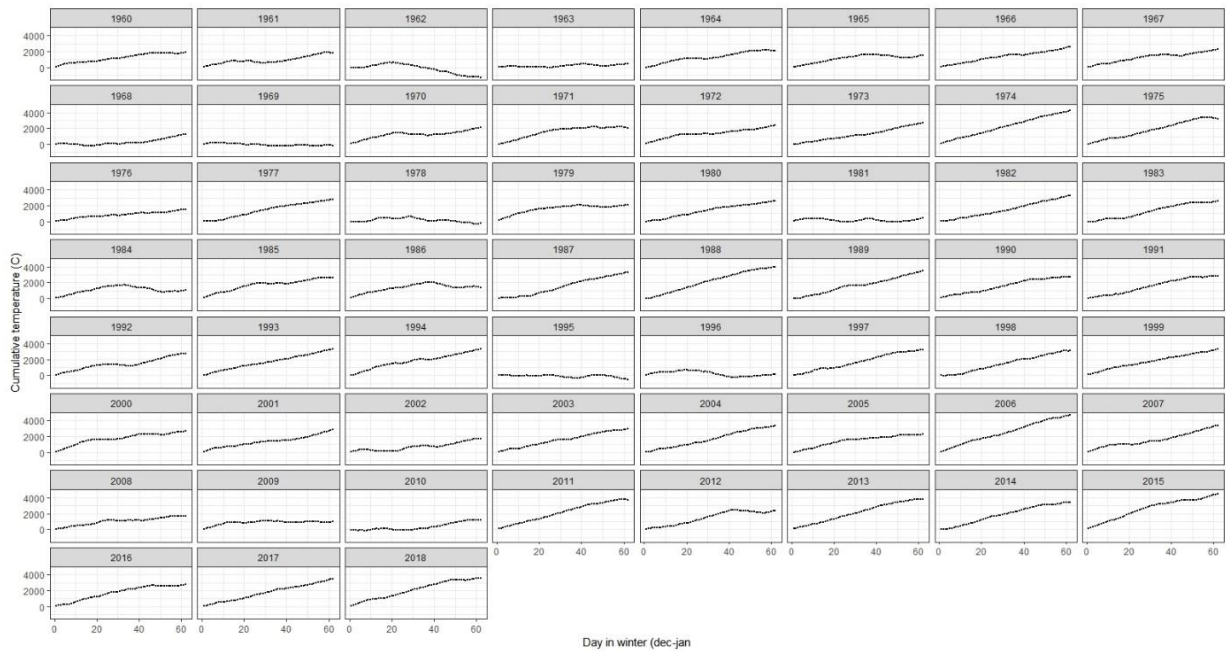


Figuur 10. Overzicht van de geografische omvang van eerdere, grote wrecks, waarbij Britse vogels waren betrokken (Birkhead 2014). Figuur overgenomen van: <http://myriadbirds.com/2014/03/03/wrecks/>

De vraag is echter, of er in de winter van 2018/19, meer precies in de maanden december (de aanloop tot de massasterfte) en januari (de eigenlijke massasterfte) sprake was van langdurig extreem slecht weer op de Noordzee in de buurt van Nederland. Om na te gaan hoe het weer in deze

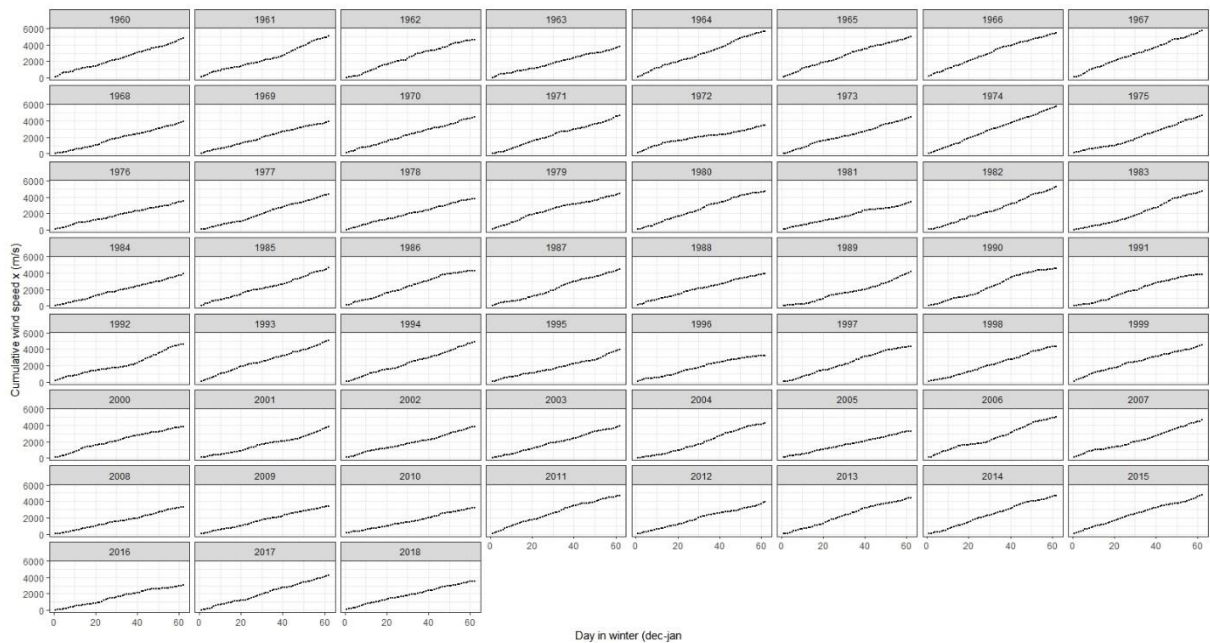
winter zich verhiel tot eerdere winters is een analyse gedaan op gegevens van het KNMI (2019). Er is gekozen voor de gegevens van weerstation De Kooy (vliegveld Den Helder) vanwege de lange tijdreeks en zijn "centrale" ligging: aan de kust, met de kustzone langs de Wadden naar het oosten en de Hollandse kustzone naar het zuiden. Er is gebruik gemaakt van gegevens voor temperatuur (etmaalgemiddelde temperatuur (in 0.1 graden Celsius)), windsnelheid (etmaalgemiddelde windsnelheid (in 0.1 m/s) en windrichting (vectorgemiddelde windrichting in graden), steeds voor 62 dagen: december-januari 1906-2019.

Eerst werd de cumulatieve temperatuur (temperatuursom) per winter geplot, door de temperatuur van iedere dag op te tellen bij die van de vorige dag(en) (Figuur 10) voor de winters 1960/61 t/m 2018/19). Zolang de temperatuur boven nul is, neemt de temperatuursom steeds toe, maar als het vriest, daalt deze (zie bijvoorbeeld 1962). Deze analyse laat zien, dat de winter van 2018/19 relatief warm was: de temperatuursom komt hoog uit.



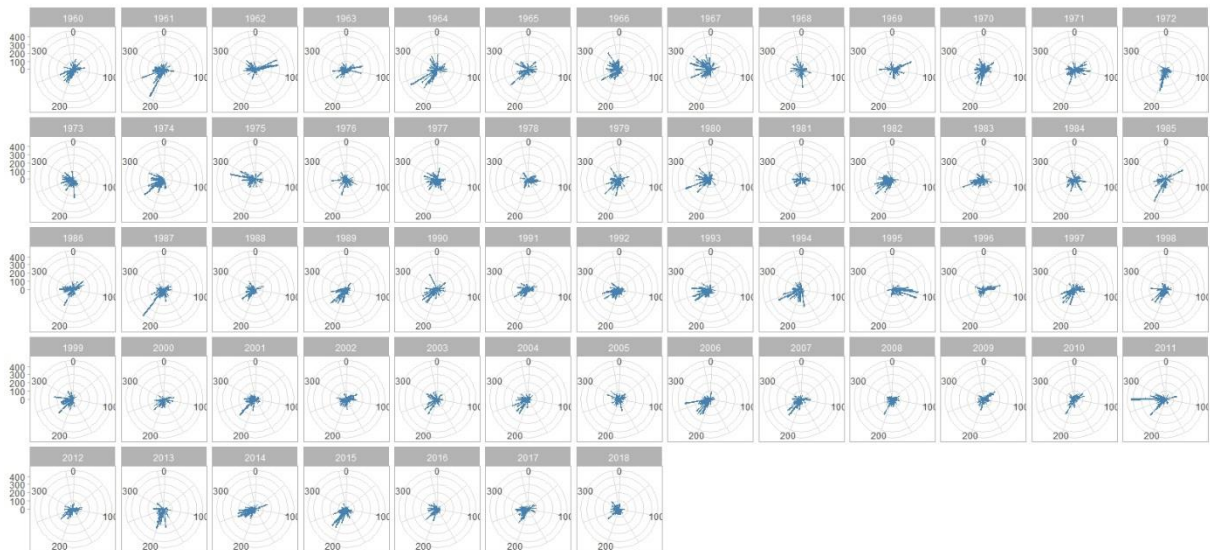
Figuur 11. Temperatuursommen voor de winters (december en januari) 1960/61 t/m 2018/19. Iedere winter is aangeduid met het jaar waarin december viel. NB: de temperaturen zijn gegeven in 0.1°C, dus de daadwerkelijke temperatuursom in (hele) graden Celsius is een tiende van wat hier is weergegeven. Data: KNMI 2019 voor weerstation De Kooy.

Hetzelfde werd gedaan voor de daggemiddelde windsnelheden (Figuur 12). Uit deze analyse blijkt dat de winter van 2018/19 in cumulatieve zin niet bijzonder winderig was: de windsom komt niet bijzonder hoog uit.



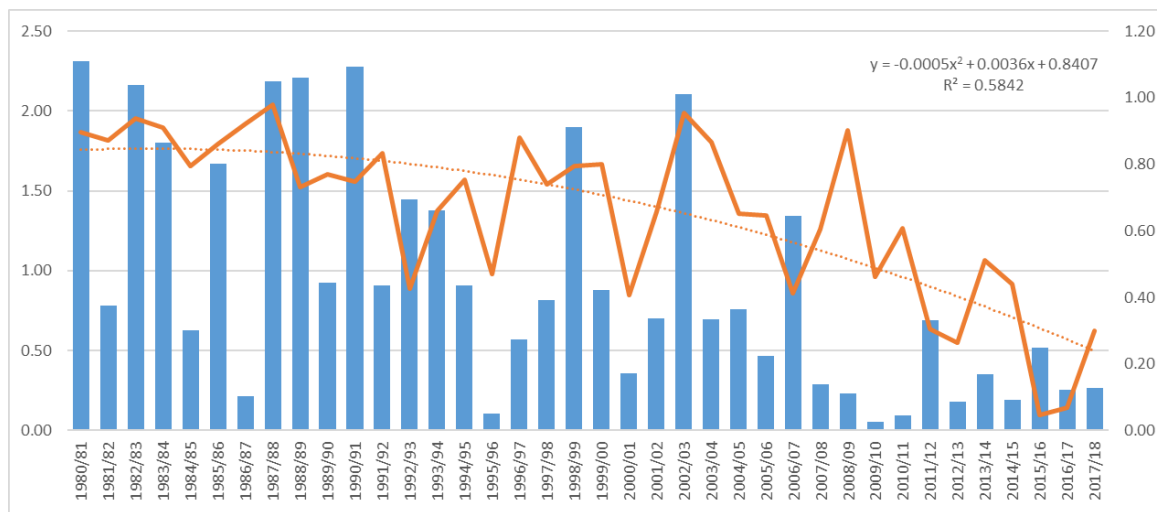
Figuur 12. Gesommeerde dagelijkse windsnelheden (in 0.1 m/s) voor de winters (december en januari) 1960/61 t/m 2018/19. Iedere winter is aangeduid met het jaar waarin december viel. Data: KNMI 2019 voor weerstation De Kooy.

De dagelijkse vectorgemiddelde windrichting is per winter in een windroos geplot (Figuur 13). In deze figuur is te zien dat er in de winter van 2018/19 weinig oostelijke winden (aflandig) waren en veel wind uit richtingen tussen noord en zuidwest (aanlandig).



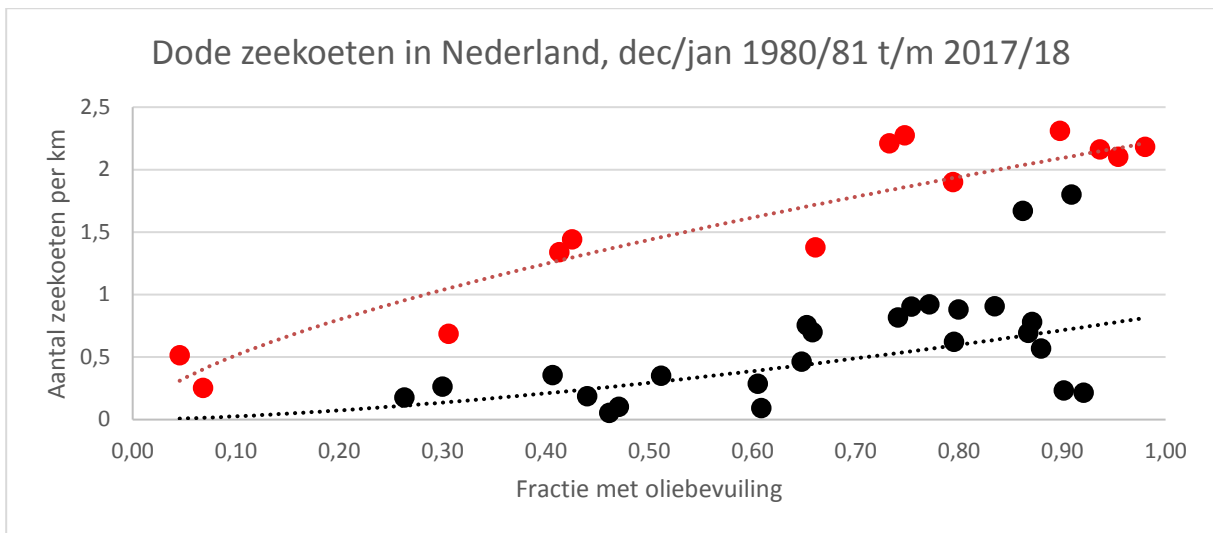
Figuur 13. De dagelijkse vectorgemiddelde windrichtingen per winter (62 dagen, van 1 december tot en met 31 januari) voor 1960/61 t/m 2018/19. Iedere winter is aangeduid met het jaar waarin december viel. Data: KNMI 2019 voor weerstation De Kooy.

Data van jaarlijks op de Nederlandse kust angespoelde zeekoeten zijn opgevraagd bij Kees Camphuysen van de Nederlandse Zeevogelgroep die deze gegevens beheert sinds 1980 (zie: Camphuysen 1993, 2018). Dood angespoelde vogels worden in Nederland op een groot aantal kustgedeelten geteld waarbij steeds wordt genoteerd hoeveel vogels op hoeveel kilometer kustlijn worden gevonden. Eenmaal gevonden vogels worden gemerkt of verwijderd om dubbeltellingen tegen te gaan. Er is ooit met deze reeks tellingen, uitgevoerd door vrijwilligers, gestart, vanwege het grote aantal olielachtoffers dat aanspoelde (Camphuysen 1993, 1999a,b, 2018). Om die reden wordt ook voor iedere (intacte) vogel genoteerd of deze besmeurd is met olie. Met deze data worden twee jaargegevens berekend: het aantal vogels dat per kilometer wordt gevonden (de "dichtheid") en het aandeel vogels met olie in de veren (het "oliebevuilingspercentage"). Een uitwerking van deze gegevens voor de maanden december en januari gecombineerd (per winter) laat zien dat in de jaren 80 en 90 de oliebevuilingspercentages vaak dermate hoog waren, tot bijna 100%, dat deze eventuele wrecks (van schone vogels) maskeerden (Figuur 14). In de loop der jaren is de zee aanzienlijk schoner geworden, door een reeks politieke maatregelen en door controle hierop, op zee, waardoor het aantal olielozingen aanzienlijk is teruggelopen. Deze trend wordt weerspiegeld door de oliebevuilingspercentages en deze trend bij de zeekoet wordt internationaal gebruikt om de ontwikkelingen te kunnen volgen onder de *Marine Strategy Framework Directive* (internationaal) en de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (nationaal). De ontwikkelingen worden in Nederland jaarlijks gerapporteerd aan het ministerie van Infrastructuur en Milieu (Camphuysen 2018).



Figuur 14. Dichtheden (n/km) angespoelde zeekoeten in de winter (dec/jan), 1980-2017 (blauwe staven, linker Y-as) en de oliebevuilingspercentages (rechter Y-as). De rode doorgetrokken lijn geeft de metingen weer, de stippellijn de trend, voor oliebevuiling. Data en bewerking: Dr Kees Camphuysen, Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee en Nederlandse Zeevogelgroep.

Om een tijdreeksanalyse te kunnen doen, en te kunnen compenseren voor de zeer hoge oliebevuilingspercentages in het verleden, zijn de jaarlijkse oliebevuilingspercentages uitgezet tegen de jaarlijkse dichtheden (Figuur 15). Vervolgens is bekeken, of er jaren te identificeren waren waarin, los van de aantallen met olie bevuilde zeekoeten, ook aanzienlijke aantallen schone zeekoeten aanspoelden. Dit is gedaan door de ratio voor dichtheid: oliebevuilingspercentage per winter te berekenen (voor december en januari gecombineerd). De gedachte hierachter is, dat de beide maten elkaar versterken als het gaat om het vinden van wrecks: veel dode vogels gedeeld door een laag oliebevuilingspercentages levert een hoge uitkomst op en is dan een indicatie voor een wreck. Bij bestudering van de uitkomsten bleken jaren met een hoge uitkomst (ratio hoger dan 2) zich anders te gedragen dan jaren met een lage ratio. Het getal van 2 is min of meer willekeuring gekozen, maar Figuur 15 geeft zo een aanwijzing dat er inderdaad jaren zijn geweest met relatief veel schone angespoelde zeekoeten op de Nederlandse kust. De vraag is nu of berekende ratio's correleren met de weersomstandigheden.



Figuur 15. De relatie tussen het oliebevuildingspercentage onder zeekoeten die in de winter (december en januari) aanspoelen op de Nederlandse kust en hun "dichtheid": het aantal gevonden zeekoeten per kilometer. De rode punten en bijbehorende trend geven de jaren weer waarin de ratio dichtheid/oliebevuildingspercentage groter is dan twee; in zwart zijn de jaren weergegeven met een ratio kleiner dan 2.

De relatie tussen weersomstandigheden en de ratio: [dichtheid/oliebevuildingspercentage] in december-januari 1980-2017 werd met lineaire multiple regressie geanalyseerd. De gemiddelde dagelijkse windsnelheid, temperatuur en windrichting over december-januari (bron: KNMI De Kooy) werden als verklarende variabelen inbegrepen. Uit het model bleek dat ongeveer 67% van de variatie in zeekoetstrandings werd verklaard door deze weersomstandigheden. Met name windrichting en temperatuur bleken van significante invloed ($p < 0.001$), waarbij bij lagere temperaturen en wind uit noord tot noord-west de meeste zeekoeten aanspoelden. De modeluitkomsten staan weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8. De modeluitkomsten van de lineaire multiple regressie. Zowel gemiddelde temperatuur als gemiddelde windrichting hebben een zeer ($p \sim 0.001$) invloed op de ratio dichtheid/oliebevuildingspercentage; de gemiddelde windsnelheid niet ($p \sim 0.1$).

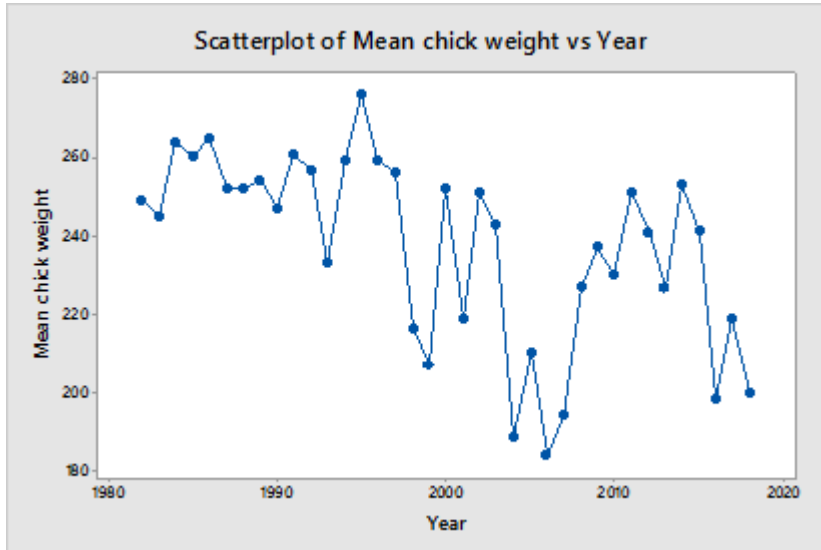
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.602501	0.810203	1.978	0.056090
Windsnelheid	-0.030888	0.018189	-1.698	0.098612
Gem. Temperatuur	-0.016714	0.004656	-3.590	0.001030
Gem. Windrichting	0.009986	0.002687	3.717	0.000723

De veelgehoorde suggestie bij eerdere *wrecks*, dat aanhoudende harde wind (storm) de vogels zou uitputten, en dat dit kan leiden tot een *wreck*, lijkt voor de massastrandings van 2018/19 dus niet op te gaan. In het laatste deelfiguurtje in Figuur 11 (gesommeerde dagelijkse windsnelheden zoals gemeten in De Kooy) zit geen gedeelte waarin de windsom opeens snel toeneemt en ook het bereikte totaal is niet hoog in vergelijking met andere jaren. De gemiddelde windsnelheid heeft hooguit een klein effect op het stranden van schone zeekoeten in Nederland en bovendien was 2018/19 cumulatief ook niet bijzonder winderig (Figuur 13). De winter was bovendien niet koud, dus de temperatuur kan ook geen stuwende werking hebben gehad op de sterftegolf. Wel was er relatief veel noordelijke en westelijke wind. Dit zal er voor gezorgd hebben dat vogels die op zee stierven en min of meer intact bleven drijven, naar de kust werden gedreven. Maar dit verklaart nog niet *waarom* er zo veel vogels in korte tijd stierven.

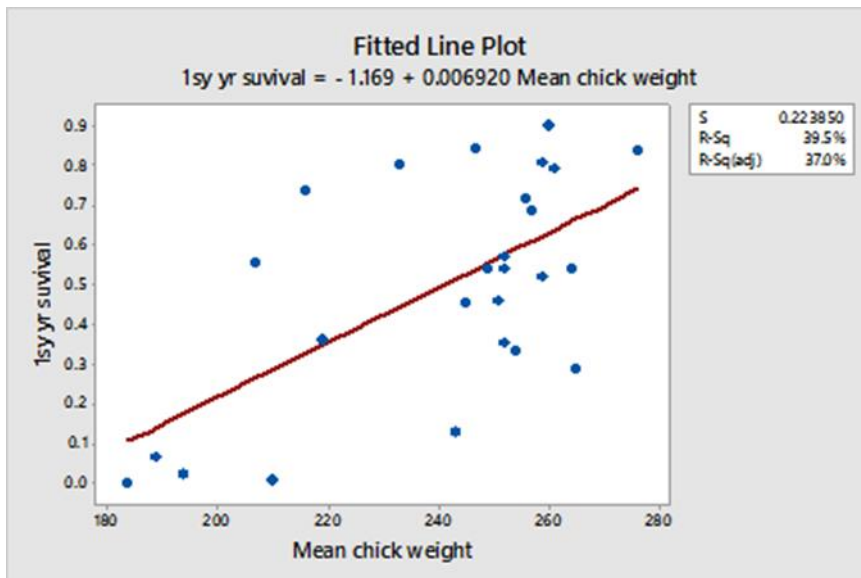
De storm van 1 en 2 januari, die de MSC Zoe haar containers deed verliezen en die de sterftegolf onder de (meest jonge) zeekoeten in gang lijkt te hebben gezet, was weliswaar hevig (getuige het containerincident) maar kortdurend. Van een dergelijke storm zouden geen 20.000 zeekoeten moeten omkomen, *tenzij* deze al in een slechte conditie waren toen de storm toesloeg. In dat scenario zou de

storm het laatste zetje hebben gegeven en vielen de al verzwakte zeekoeten langzaam maar zeker, gedurende de volgende weken, om en spoelden aan op de kust.

Navraag bij onderzoekers in een belangrijke broedkolonie leerden hierover het volgende. Van Isle of May kwamen de meeste in Nederland gevonden ringen. Dit wordt verklaard door intensief onderzoek daar, waarbij veel vogels worden geringd. Het broeden van de zeekoeten op Isle of May wordt al 37 jaar gevolgd. In 2018 begonnen de vogels laat aan het broedseizoen en een late start is een indicatie voor een slechte conditie van de broedvogels aan het begin van het broedseizoen. Het broedsucces was echter niet bijzonder laag, met 0.70 jong grootgebracht tot "uitvliegen" (zeekoet kuikens verlaten de kolonie als ze nog niet eens halfwas zijn en nog niet kunnen vliegen, en worden verder op zee grootgebracht). De "uitvlieggewichten" van de kuikens, standaard gemeten als hun vleugeltjes een lengte hebben bereikt van 60+ mm was echter laag: gemiddeld 200 gram in vergelijking met de voorgaande 36 jaren (gemiddeld 238; range 184-276 gram; Figuur 16).



Figuur 16. "Uitvlieggewichten" van zeekoetkuikens op Isle of May. Data en grafiek: Prof. Mike Harris, Centre for Ecology & Hydrology (CEH), Edinburgh.



Figuur 17. Het jaarlijkse "uitvlieggewicht" van zeekoetkuikens op Isle of May uitgezet tegen de overleving na 1 jaar. Data en grafiek: Prof. Mike Harris, Centre for Ecology & Hydrology (CEH), Edinburgh.

Voor individuele kuikens is het uitvlieggewicht niet bepalend voor de kans om het eerste levensjaar te overleven. Veel lichte kuikens slagen er blijkbaar in om, eenmaal op zee, een inhaalslag te maken. Maar op populatieniveau is er wel een significante relatie met het gemiddelde jaarlijkse uitvlieggewicht op de overleving in het eerste jaar, hoewel het uitvlieggewicht slechts ca. 40% van de variatie verklaart, volgens lineair verband bekeken. In de jaren met uitvlieggewichten rond de 200 gram zoals in 2018 (Figuur 16) was de overlevingskans erg laag (Figuur 17).

Een en ander maakt het aannemelijk dat de zeekoetkuikens van 2018 een slechte start hebben gehad in hun leven. Individuele kuikens kunnen hiervoor compenseren in de maanden na het uitvliegen, maar in jaren met zeer lage gemiddelde uitvlieggewichten gaat het merendeel op zee dood. Als dit ver van land gebeurt, wordt dit niet snel opgemerkt maar als er veel sterfte is in de nabijheid van een kustlijn, én als er aanlandige wind heerst, bestaat de mogelijkheid dat er lokaal veel dode vogels aanspoelen. De "functie" van de noordwestelijke storm die de MSC Zoe haar containers deed verliezen in dit scenario was, dat al zwakke zeekoeten naar land werden gedreven en hun laatste restjes energie verbruikten. De gewichten van de dood gevonden zeekoeten waren absolute minima, vanwaar herstel vermoedelijk niet meer mogelijk was: behalve dat alle vet en veel spierweefsel was verbruikt, was ook de conditie van de organen aangetast, waaronder het maagdarmsstelsel. De vogels hebben tot het laatst nog geprobeerd te vissen (zie hoofdstuk Dieet), maar waren niet meer in staat de vissen te vangen die ze zouden moeten vangen om weer in goede conditie te komen. In hoog tempo spoelde vervolgens een groot aantal zeekoeten aan op de kusten van noordelijke en westelijk Nederland.

De effecten van deze sterfte op populatieniveau zullen overigens vermoedelijk gering zijn. In ongeveer de helft van de jaren gaat ongeveer de helft van de geproduceerde jongen dood (Figuur 17), soms veel meer, soms veel minder. De zeekoet is een langlevende soort die vele jaren de kans krijgt een jong groot te krijgen. Over zijn of haar hele leven moet de gemiddelde zeekoet slechts één jong produceren dat zelf weer gaat broeden, om de populatie in stand te houden. Het verlies van een generatie kuikens heeft nauwelijks effecten op de aantalsontwikkelingen in de broedkolonies, zo hebben eerdere *wrecks* aangetoond waarbij vogels van Isle of May betrokken waren (Harris & Wanless 1984, 1996). Maar dit laat onverlet dat de winter van 2018/19 voor de betrokken vogels (en voor de mensen in de opvangcentra die de meeste binnengebrachte verzwakte vogels niet meer konden redden) een winter vol ellende is geweest.

Referenties:

- Birkhead T. 2014. The seabird wreck of 2014. <http://myriadbirds.com/2014/03/03/wrecks/>
- Blake B.F. 1984. Diet and fish stock availability as possible factors in the mass death of auks in the North Sea. *J. Exp. Mar. Biol.* 76: 89-103.
- Camphuysen C.J. 1993. Zeevogelstrandingen op de Nederlandse kust: 26 jaar een vinger aan de pols (1965-1991). *Limosa* 66: 1-16.
- Camphuysen C.J. 1999a. Beached Bird Surveys in the Netherlands, 1915-1988. Techn. rapport Vogelbescherming 1, Werkgroep Noordzee, Amsterdam 322p.
- Camphuysen C.J. 1999b. Olieslachtoffertellingen aan de Nederlandse kust, 1915-1988. Techn. rapport Vogelbescherming 2, Werkgroep Noordzee, Amsterdam 21p.
- Camphuysen C.J. 2018. Monitoring and assessment of the proportion of oiled common guillemots in The Netherlands: annual update, winter 2016/17, with a preview into 2017/2018. Rapport 2018-04, RWS Centrale Informatievoorziening BM 18.06, mei 2017. Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, Texel.
- Camphuysen K.C.J., Barreveld H., Dahlmann G. & van Franeker J.A. 1999. Seabirds in the North Sea demobilized and killed by Polyisobutylene (C₄H₈)_n (PIB). *Mar. Poll. Bull.* 38: 1171-1176.
- Fey S.B., Siepielski A.M., Nusslé S., Cervantes-Yoshida K., Hwan J.L., Huber E.R., Fey M.J., Catenazzi A. & Carlson S.M. 2015. Recent shifts in the occurrence, cause, and magnitude of animal mass mortality events. *PNAS* 112: 1083-1088.
- Harris M.P. & Wanless S. 1984. The effect of the wreck of seabirds in February 1983 on auk populations on the Isle of May (Fife). *Bird Study* 31: 103-110.
- Harris M.P. & Wanless S. 1996. Differential responses of guillemot *Uria aalge* and shag *Phalacrocorax aristotelis* to a late winter wreck. *Bird Study* 43: 220-230.
- Heubeck M., Meek E. & Suddaby D. 1992. The occurrence of dead auks (Alcidae) on beaches in Orkney and Shetland, 1976-91. *Sula* 6: 1-18.
- KNMI 2019. <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/daggegevens>
- Louzao M., Gallagher R., García-Barón I., Chust G., Intxausti I., Albisu J., Brereton T. & Fontán A. 2019. Threshold responses in bird mortality driven by extreme wind events. *Ecological Indicators* 99: 183-192.
- Morley T.I., Fayet A.L., Jessop H., Veron P., Veron M., Clark J. & Wood M.J. 2016. The seabird wreck in the Bay of Biscay and South-Western Approaches in 2014: A review of reported mortality. *Seabird* 29: 22-38
- Piatt J.F. & Van Pelt T.I. 1997. Mass-mortality of guillemots (*Uria aalge*) in the Gulf of Alaska in 1993. *Mar. Poll. Bull.* 34: 656-662.

4 Ziektebeeld

Marja Kik, Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit Utrecht & Jolianne Rijks, Dutch Wildlife Health Centre, Universiteit Utrecht.

4.1 Ziektebeeld bij opgevangen zeekoeten

Enig inzicht in het ziektebeeld bij opgevangen zeekoeten is verkregen dankzij de informatie aangeleverd door het Vogelhospitaal Haarlem en van de Vogelopvang Ecomare (Texel). Beide opvangcentra noteren datum ontvangst, diersoort, locatie vondst, diagnose, uitkomst en datum daarvan. De opties voor uitkomst zijn dood bij binnenkomst, euthanasie, gestorven, en vrijgelaten. Bij een deel van de vogels werd ook de lichaamstemperatuur doorgegeven (<38° C wordt als te laag beschouwd).

Vogelhospitaal Haarlem ontving tussen 8 januari en 13 februari 40 zeekoeten. Deze waren afkomstig uit Schoorl (1), Wijk aan zee (3), Velsen Noord (1), IJmuiden (7), Bloemendaal (6), Zandvoort (15), Noordwijk (6) en Katwijk (1). Ecomare ontving 45 zeekoeten tussen 6 januari en 8 februari 2019. Deze waren voornamelijk op Texel gevonden. Ter vergelijking, in 2018 werden er in dezelfde tijdsperiodes door Vogelhospitaal Haarlem maar twee en door Ecomare maar drie zeekoeten opgevangen.

Negen (9) zeekoeten waren al gestorven bij binnenkomst. Van de overige 76 zeekoeten werden 19 (25%) direct bij binnenkomst geëuthanaseerd. De meesten (44/76; 58%) zijn gemiddeld rond 2 dagen na binnenkomst gestorven (37/44) of alsnog geëuthanaseerd (7/44). Slechts 13 (17%) herstelden zich en konden worden vrijgelaten na een week tot 24 dagen.

Het voornaamste genoteerde kenmerk van de zeekoeten bij binnenkomst was verzwakking. Botbreuken, oogtrauma, bloed uit bek en/of ernstig veerleedafwijkingen waren aanleiding voor directe euthanasie. Opvallende kenmerken naast verzwakking waren vermagering, onderkoeling (hypothermie), en bij de geëuthanaseerde of gestorven zeekoeten ook bloed in de ontlasting, vieze cloaca of verstopte cloaca. Onder de vrijgelaten zeekoeten zaten drie gerevalideerde olieslachtoffers.



Figuur 18. Verzwakte zeekoeten met bloederige ontlasting onder de warmtelamp. Foto Theo Bosboom, gemaakt bij Ecomare.

4.2 Ziektebeeld bij 16 vers dode zeekoeten

Pathologisch onderzoek op vers dode dieren is tussen 29 januari en 1 februari 2019 verricht op 16 vers dode zeekoeten ontvangen door het Dutch Wildlife Health Centre (DWHC) in het kader van ziektesurveillance bij wilde dieren. Het pathologisch onderzoek bestaat uit macroscopie, cytologie, histologie en bemonstering voor laboratoriumdiagnostiek. De 16 onderzochte zeekoeten waren gevonden op de Waddenzee eilanden (3 op Terschelling, 7 op Ameland, 2 op Schiermonnikoog) en langs de Noordzeekust (2 bij Zandvoort, 1 bij Bloemendaal en 1 bij Bergen aan Zee). Het ging om zeekoeten van beide geslachten, en zowel juveniel als (jong-)volwassen (7 met en 9 zonder Bursa van Fabricius).

De opvallendste bevindingen op basis van de macroscopie en cytologie waren slechte bespiering en het ontbreken van vetreserves (cachexie; figuur 19), verbloeding naar het maagdarmkanaal (hemorragische diathese; figuur 20-links), en overvulde einddarm (figuur 20 midden en rechts). Alle 16 onderzochte zeekoeten waren cachectisch (erg mager). Hemorragische diathese werd vastgesteld in 12 gevallen (12/16). Meestal waren de magen leeg (4/16) of werden er alleen wormen in gezien (7/16), en de darmen waren vaak slecht gevuld, behalve een overvulde einddarm bij zes van de zeekoeten (6/16). De inhoud van de overvulde einddarm was (licht) bruin, vast, droog, korrelig, en het darmslijmvlies ter plekke was hyperemisch (bloedrijk). Uraatkristallen (neerslag van urinezuur, ontstaat bij te weinig vocht in de nieren) werden in de inhoud van de overvulde einddarm cytologisch aangetoond. Een dier had wormen in de dunne darm. De longen oogden vaak vochtig (oedemateus; 11/16) en/of bloedrijk (hyperemisch; 8/16). Daarentegen was de lever vaak bleek licht bruin (10/16) en waren de nieren vaak bleek licht bruin (8/16) en soms ook bol. Vijf zeekoeten hadden een vergrote milt (tussen 1.5 tot 2.1 cm lang), hetgeen zou kunnen wijzen op een verhoogde aanmaak van rode (bijvoorbeeld bij bloedverlies) en/of witte bloedcellen (bijvoorbeeld bij ontsteking). Zes zeekoeten hadden bijschildklieren met een diameter van ongeveer 0.3 cm. Dit kan wijzen op een gebrek aan vitamine D en/of calcium en/of een te hoog fosfor gehalte, wat kan leiden tot verstoringen van het calcium metabolisme. Hierdoor moeten de bijschildklieren "harder gaan werken" en dus raken ze vergroot. Normaliter zijn de bijschildklieren van vogels niet of nauwelijks met het blote oog te zien. Een vogel had een slecht verenkleed met veel zand tussen de veren en een ander had veerluizen. Vocht in de hals luchtzakken, hetgeen op verdrinking zou kunnen wijzen, was niet aanwezig. In de magen is geen met het blote oog zichtbaar plastic aangetoond.

Histologisch werden (geringe) lymfocytair infiltraten (teken van geringe ontsteking) in het maagdarmkanaal gevonden in de kliermaag (5/16) en in de darmen (9/16). In twee gevallen werden ook abscessen (vorm van ontsteking, iets ernstiger en langer durend) in de dunne darm gezien, en in een geval met einddarm overvulling ook verlies en korstvorming in het slijmvlies op meerdere plekken van de cloaca. Er was ook histologisch aanwijzing voor hemorragische diathese (verbloeding naar de holten van de magen (4/16) en de darmen. Protozoaire (eencellige organismen) structuren waren soms zichtbaar (1/16 kliermagen; 2/16 darmen). Enkele hersenen waren bloedrijk (hyperemisch) (6/16) maar zonder zichtbare tekenen van ontsteking. De longen waren bloedrijk (hyperemisch) (16/16), vochtig (oedemateus) (12/16), met (punt-)bloedingen (6/16), geringe infiltratie van ontstekingscellen (3/16) en/of stofneerslagen (pneumoconiose) (2/16). Enkele levers toonden geringe verbindweefseling (periportale fibrose) (7/16), hyperemie (2/16) en/of smalle levercelbalkjes (2/16), een conditie die past bij vermagering. Enkele milten toonden geringe veranderingen duidend op milde witte bloedcel aanmaak (5/16). Enkele nieren waren hyperemisch (2/16) en een had infiltraten (1/16). Soms was er een verandering van de bekleding van de urineafvoergang aanwezig wat op een langdurige irritatie kan duiden (metaplasie van plaveiselcel epitheel) (4/16) en in een geval geringe stapeling van urinezuur (uraatstuwung) (1/16).

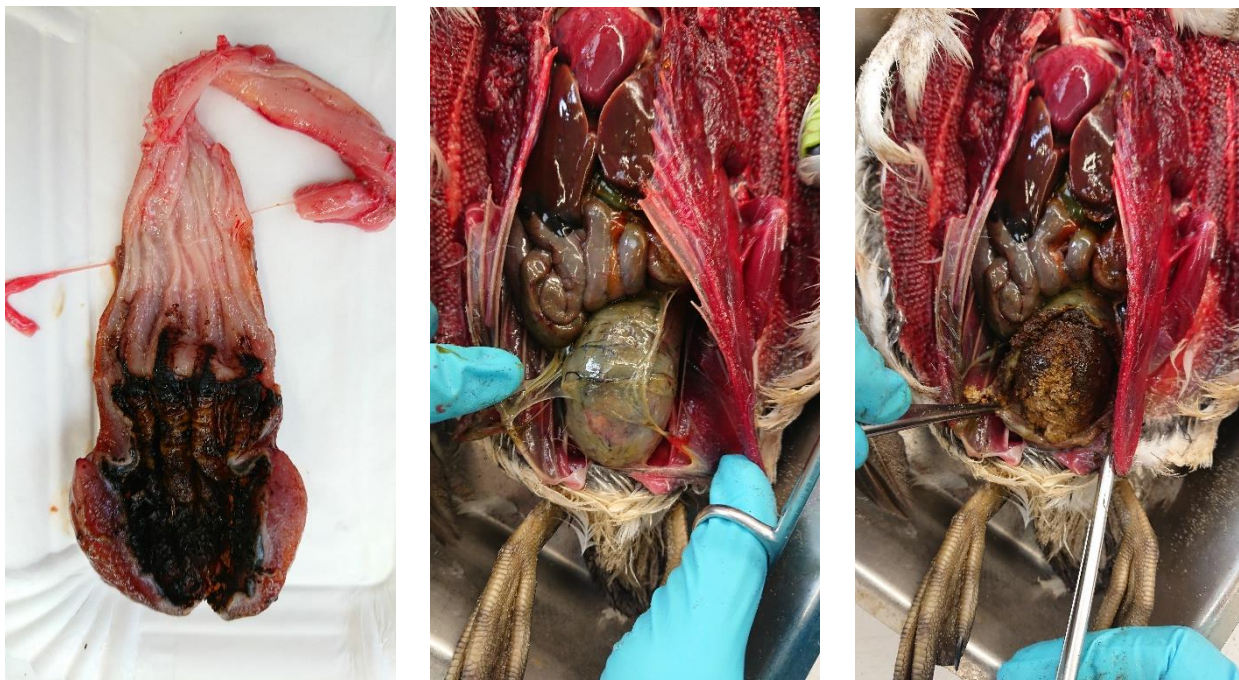
De veerluizen zijn geïdentificeerd als *Mjoberginirmus obliquus* (Mallophaga, *Philopteridae*) en *Austromenopon nigropleurum* (Mallophaga, *Menoponidae*) en wormen in de magen als *Contraecaecum rudolphii* (Nematoda, *Ascaridida*, *Anisakidae*). Hoog-pathogene vogelgriep is d.m.v. PCR op cloaca en trachea swabs uitgesloten (diagnostiek bij Wageningen Bioveterinary Research in Lelystad). Wel had een van de Ameland zeekoeten (nr. 3190130039) een aviaire influenza besmetting van het type H1N1 (laag-pathogeen). Vogelgriepvirus genetisch materiaal werd bij deze vogel vastgesteld in zowel de cloaca als de trachea swab. Verdere monsters zijn nog in onderzoek bij Erasmus MC in Rotterdam voor

andere virussen. Er is geen op het oog zichtbare plastic aangetroffen in de vers dode vogels, en bij histologisch onderzoek op vers dode dieren is geen aanwijzing voor cytotoxische afwijkingen gevonden.

Op basis van de bevindingen is de conclusie dat de zeekoeten zijn gestorven door verbloeding naar het maagdarkanaal en onderkoeling (hypothermie) secundair aan cachexie, waarbij de achterliggende redenen voor de cachexie niet door pathologisch onderzoek kunnen worden vastgesteld. Het is nog niet duidelijk hoe bij een deel van de dieren verstopping van de einddarm is ontstaan. Mogelijk komt dit laatste door dehydratie, hetgeen bij zeevogels zou kunnen ontstaan als ze te weinig vis binnenkrijgen en ze daardoor te weinig metabolisch water kunnen aanmaken.



Figuur 19. Cachectische zeekoet. De ingevallen borstspieren (links) duiden op slechte bespiering en er waren geen subcutane (midden) of interne (rechts) vetreserves. Foto's van zeekoet nr. 3190129025.



Figuur 20. Zeekoet met hemorragische diathese in de magen (links) en met een overvulde einddarm, voor (midden) en na (rechts) het openknippen ervan. Foto's van zeekoet nr. 3190130044.

4.3 Ziektebeeld bij ingevroren dode zeekoeten

Tijdens de sectie op de ontdoode zeekoeten zijn de macroscopische afwijkingen vastgelegd. Hierbij zijn de hersenen niet bekeken. Ook is het maagdarmkanaal niet geopend voor inspectie of bemonstering, om de inhoud niet verloren te laten gaan. Monsters voor histologisch onderzoek zijn genomen bij overduidelijke afwijkingen aan andere organen dan het maagdarmkanaal. Voor onderzoek naar de inhoud van het maagdarmkanaal zie de hoofdstukken over dieet, plastic en paraffine.

Alle onderzochte zeekoeten waren slecht bespied en hadden geen tot minimaal vetreserves. Ook onder deze groep zeekoeten kwam hemorragische diathese frequent voor, maar voor exacte aantallen had er inspectie van het maagdarmkanaal moeten plaatsvinden. Een overvulde einddarm werd bij 21 van 109 pathologisch onderzochte ingevroren zeekoeten vastgesteld (figuur 21). Enkele dieren (5/109) toonden duidelijk uraatstuwing (figuur 22).

Incidentele macroscopische bevindingen waren met geringe hoeveelheid olie besmeurde veren (2/109), kromme borstbeneden (5/109), leververgroting (hepatomegalie, 4/109), levers met ontstekingshaarden (2/109), miltvergroting (splenomegalie, 5/109), wormen in de slokdarm (4/109), oedeem in luchtzak (1/109), een gelige (schimmel?) luchtzak (1/109), een sterk vergrote galblaas (1/109) en een sterk verdikte eileider (1/109). Histologisch onderzoek bij de gevallen van de levers met haarden toonden een dier met een lever- en spierontsteking door schimmelinfectie (mycotische myositis en hepatitis) en een ander met leverontsteking (granulomateuze hepatitis). Histologisch onderzoek van de verdikte eileider toonde ontsteking van de eileider (pyogranulomateuze, bacteriële salpingitis).

Bij een van zeekoeten (nr. 3190213063), gevonden op Ameland, is een aviaire influenza besmetting aangetoond van het type H9N2. Ook deze stam is laag-pathogeen en het betreft dus een andere stam dan de H1N1 die bij een van de 16 vers dode zeekoeten werd aangetroffen.

Samenvattend, ook de ingevroren zeekoeten waren cachectisch met deels hemorragische diathese en overvulde einddarm. Mogelijk komt dit laatste mede door dehydratie, hetgeen bij zeevogels zou kunnen ontstaan als ze te weinig vis binnenkrijgen en ze daardoor te weinig metabolisch water kunnen

aanmaken. De waargenomen uraatstuwung past hierbij. Ook bij deze vogels geen aanwijzingen voor een algemeen infectieuze oorzaak. De oorzaak voor de cachexie kon door pathologisch onderzoek niet worden vastgesteld, maar duidelijk is dat de dieren langere tijd onvoldoende hebben gegeten. Zie hiervoor het hoofdstuk Biometrisch en ecologisch onderzoek.



Figuren 21 (links) en 22 (rechts). Zeekoet met overvulde eindharm (links) en een andere met uraatstuwung. Foto's van de ingevroren zeekoeten nr. 3190213059 (65) en nr. 3190212041 (17).

4.4 Conclusies pathologisch onderzoek

Er is geen hoog pathogene aviaire influenza aangetoond en de incidentie van deze virussen was laag: aviaire influenza is niet verantwoordelijk voor de massasterfte onder de zeekoeten in januari/februari 2019.

Besmeuring met olie is bij twee vogels gevonden (kleine plekje op het verenkleed). In tegenstelling tot massale sterftes in het verleden was oliebesmeuring nu geen belangrijke doodsoorzaak.

Er is geen macroscopisch plastic aangetroffen in de vers dode vogels (DWHC) en bij de ingevroren vogels (Wageningen Marine Research) dat problemen zou kunnen hebben opgeleverd voor de vogels (zie het hoofdstuk over plastic).

Histologisch onderzoek van 16 zeekoeten geeft geen aanwijzing voor een gezamenlijke infectieuze oorzaak.

Er is geen toxicologisch onderzoek uitgevoerd, maar er zijn met histologisch onderzoek geen aanwijzingen voor vergiftiging aangetroffen.

De genoemde bolletjes die elders microscopisch waren aangetroffen in de ontlasting van de vogels zijn geen parasieten of plastics, maar urinezuur kristallen.

Het aantal aangetroffen parasieten (wormen, veerluizen, protozoen) heeft geen (grote) invloed op de voedingstoestand van de vogels gehad.

Alle vogels waren extreem vermagerd. Verhongering is de oorzaak geweest van deze massasterfte.

5 Virologie en antibioticumresistentie

Peter van Tulden, Wageningen Bioveterinary Research, Marja Kik, Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit Utrecht en Mardik Leopold, Wageningen Marine Research

Tijdens de snijssessie zijn van 100 zeeoeten cloacaswabs genomen. Per zeeoet zijn drie swabs afgenomen voor onderzoek naar Aviaire Influenza (AI) virussen, screening op overige virussen en een check op ESBL's (Extended Spectrum Beta-Lactamase). Dit is een enzym dat bepaalde soorten antibiotica (penicillines en cefalosporines) kan afbreken. ESBL-producerende bacteriën kunnen aanwezig zijn in de darmen van mensen en dieren. De bacteriën worden verder ook in het milieu (zoals het oppervlaktewater van rivieren) gevonden (<https://www.rivm.nl/esbl>).

Daarnaast zijn van 92 zeeoeten trachea's verwijderd en zijn hiervan swabs genomen voor onderzoek naar Aviaire Influenza virussen en een screening op overige virussen.

In de screening van swabs voor Aviaire Influenza is met behulp van een PCR bij slechts 1 zeeoet uit de cloacaswab een positieve reactie waargenomen. Dit betrof zeeoet DWHC/UU nr 3190213063, gevonden op Ameland, op 28 januari 2019. Na typering bleek dit een laagpathogene H9N2 variant te zijn. In de tracheaswabs van deze vogel werden geen Aviaire Influenza (AI) virussen aangetoond en AI werd ook bij geen enkele andere geteste zeeoet in de trachea gevonden.

Tevens is in een elftal zeeoeten, onderzocht in het kader van de screening op AI via SOVON, bij 1 vogel in de cloaca een laagpathogene H1N1 aangetoond. Deze vogel kwam van Ameland (DWHC/UU-nummer: 3190130039). Het screeningsprogramma via SOVON is ontstaan als uitloop van de AI-uitbraak van 2005. Dood gevonden vogels die mogelijk drager kunnen zijn van een AI-virus worden door medewerkers van SOVON ingestuurd voor onderzoek. Van deze vogels worden cloaca- en tracheaswabs genomen. Daarnaast wordt ook de trachea verwijderd zodat indien de tracheaswab een positief resultaat geeft nog een vervolgonderzoek kan worden ingezet. Hoog-pathogene AI-virussen worden voornamelijk in de trachea van vogels aangetroffen. De monsterstroom vanuit SOVON gaat in samenwerking met DWHC.

Tenslotte is bij een zeeoet, gevonden op Terschelling op 26 januari 2019, eveneens in de cloaca een laagpathogene H6N2 aangetoond (WBVR-nummer: 19001339-002). Deze zeeoet werd onderzocht op mogelijke vergiftiging, mogelijk als gevolg van de scheepsramp met zeecontainers. Deze zeeoet was 1 van 3 onderzochte zeeoeten.

De incidentie van virussen is laag en heel divers. Op een totaal aantal van 114 onderzochte vogels werden drie positieve gevallen gevonden (2.6%), van drie verschillende laagpathogene stammen. Deze diversiteit in combinatie met de lage incidentie maakt dat Aviaire Influenza niet heeft gezorgd voor de massale sterfte onder de zeeoeten. Wat de detectie van de virussen heeft betekend voor de betreffende individuen is niet komen vast te staan.

In de screening van de cloacaswabs afkomstig van de zeeoeten zijn geen ESBL producerende bacteriën aangetoond.

NB: zeeoeten komen nooit direct in aanraking met landbouwhuisdieren (kippen en eenden) maar bijvoorbeeld meeuwen zouden als intermediair kunnen functioneren. Resistente *E. coli* zijn wereldwijd onder meer geïsoleerd uit wilde watervogels (eenden en ganzen), aalscholvers, en meeuwen (Bonnedahl & Järhult 2014) en in Nederland (ook) uit zeevogels: noordse stormvogel, jan-van-gent, kokmeeuw, kleine mantelmeeuw, zilvermeeuw, grote mantelmeeuw en **zeeoet** (Veldman et al. 2013).

Hetzelfde geldt voor aviaire influenza. Zeekoeten komen niet aan land, behalve op onbereikbare klifkusten, rotsrichels en eilanden. Toch is AI ook eerder wel in zeekoeten aangetoond (Wille et al. 2014). Onder 1317 zeekoeten, die op AI werden getest in Newfoundland en Labrador (Canada) bleken zich 71 dragers te bevinden (5.4%). De auteurs vermoeden dat meeuwen intermediair geweest moeten zijn tussen eenden (die vaker drager zijn van AI in de regio) en de zeekoeten, maar stellen ook dat als AI eenmaal in een zeekoetenkolonie aanwezig is, het virus makkelijk van vogel op vogel kan worden overgedragen, gezien de grote dichtheden waarin zeekoeten broeden.

Tot, slot, in een screening m.b.v. een micro-array op 100 cloacaswabs en 92 tracheaswabs werden geen overige virussen (anders dan AI) aangetoond.

Conclusie: op basis van de uitgevoerde analyses zijn er geen aanwijzingen gevonden voor antibioticaresistente bacteriën (ESBL's) en virussen die een rol hebben gespeeld in de massale sterfte van de zeekoeten.

Referenties:

- Bonnedahl J. & Järhult J.D. 2014. Antibiotic resistance in wild birds. *Upsala Journal of Medical Sciences* 119: 113-116.
- Veldman K., van Tulden P., Kant A., Testerink J. & Mevius D. 2013. Characteristics of cefotaxime-resistant *Escherichia coli* from wild birds in The Netherlands. *Applied and Environmental Microbiology* 79: 7556-7561.
- Wille M., Huang Y., Robertson G.J., Ryan P., Wilhelm S.I., Fifield D., Bond A.L., Granter A., Munro H., Buxton R., Jones I.L., Fitzsimmons M.G., Burke C., Tranquilla L.M., Rector M., Takahashi L., Kouwenberg A.L., Storey A., Walsh C., Hedd A., Montevecchi W.A., Runstadler J.A., Ojkic D., Whitney H. & Lang A.S. 2014. Evaluation of seabirds in Newfoundland and Labrador, Canada, as hosts of influenza A viruses. *J. Wildl. Dis.* 50:98-103. doi: 10.7589/2012-10-247. Epub 2013 Oct 25.
- <https://www.rivm.nl/esbl>

6 Plastic onderzoek

Susanne Kühn, Jan Andries van Franeker, Mardik Leopold, Wageningen Marine Research.

6.1 Inleiding

Onder de verloren lading van de containers van MSC Zoe bevond zich veel plastic materiaal. Veelal betrof dit plastic gebruiksproducten van een formaat en type dat niet direct als gevaar werd gezien voor het dierenleven in de Noordzee kustzone en de Waddenzee in de zin van verstrikking of het eten van plastics. Twee vormen van microplastic (5 mm en kleiner) werden wel als direct risico gezien voor consumptie door vogels als de zeekoet, direct dan wel indirect via door de vogels gegeten vis.

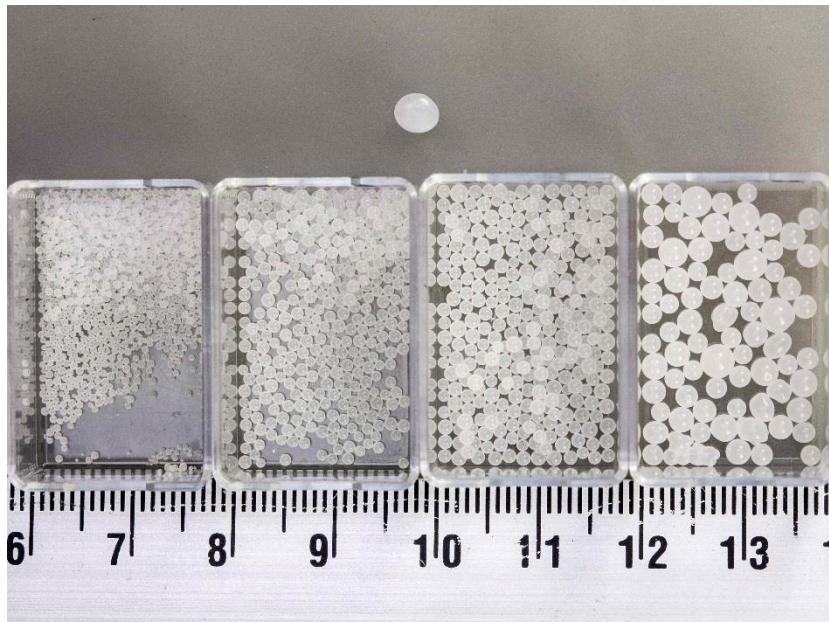
Het eerste plastic type waarover zorg bestond waren industrieel plastic polyethyleen korrels (pellets). In de containers zaten zakken van 25 kg van zogenaamd hoge-dichtheid polyethyleen korrels (HDPE), uit Korea. Een aantal van deze zakken is vrijwel intact aangespoeld op vooral Schiermonnikoog, maar naar schatting van de Rijksuniversiteit Groningen zijn op de Noordzee- en Waddenkust zeker zo'n 24 miljoen korrels aangespoeld. Dit type plastic pellets heeft een doorsnee van rond de 5 mm, en is veelvuldig gevonden in vogelmagen en vormt een standaard onderdeel van de monitoring van plastics in magen van stormvogels (van Franeker & Kühn 2018). De Koreaanse korrels waren melkwit en goed herkenbaar (zie foto's). Dit type industriële pellets bevat in het algemeen vrijwel geen toevoegingen, omdat die pas door de verwerkende industrie worden toegevoegd (vullers, kleurstoffen, weekmakers, anti-oxidanten, UV-beschermers, etc.).



Figuur 23. Onder het op Schiermonnikoog verzamelde afval uit verloren containers van de MSC Zoe bevonden zich enkele min of meer intacte zakken met HDPE plastic granulaat. Van de losse korrels zijn er volgens schatting van de Rijksuniversiteit Groningen zeker 24 miljoen vooral op de oostelijke Waddeneilanden en Groninger kust aangespoeld. (Schiermonnikoog, 15 januari 2019); foto's Jan Andries van Franeker).

Een tweede mogelijk relevant plastic type uit de containers van MSC Zoe betrof polystyreen microbeads, of EPS-granulaat, bolletjes van rond de 0.5 mm diameter, die door verhitting kunnen worden opgeblazen tot een tientallen malen groter volume piepschuim eindproduct in gewenste vorm

(EPS = Expanded Polystyrene). De hoeveelheid mogelijk schadelijke additieven in EPS granulaat is groter dan in de polyethyleen pellets want aan het EPS granulaat zijn naast drijfgassen zoals bijv. pentaan vaak brandvertragers toegevoegd en een beschermende buitenlaag die uitlekken van additieven moet voorkomen. Naar verluidt zou een beschadigde container met ca 22 ton van zulk materiaal verpakt in kubieke meter zakken overboord hebben gehangen, en mogelijk deels verloren zijn. Verdere details over het materiaal of het al dan niet verloren gaan, en zo ja in welke hoeveelheden, zijn op dit moment niet bekend. Zeekoeten zouden dit soort bolletjes via vis tot zich kunnen nemen.



Figuur 24. Vier verschillende groottes van polystyreen microbeads (EPS granulaat), bestemd voor de productie van piepschuim materialen. Het EPS granulaat dat mogelijk vanaf MSC Zoe is verloren zou ter grootte zijn van de balletjes in het linker bakje, d.w.z. 0.5 mm diameter. Boven de bakjes ter vergelijking een losse HDPE pellet (zie Figuur 23). Het EPS granulaat in de bakjes op de foto is NIET afkomstig van een MSC Zoe container maar een industrieel proefmonster verkregen met hulp van Erwin Jansen, CARAT GmbH. Foto: Jan Andries van Franeker.

6.2 Methodes

De magen en darmen van de zeekoeten werden onderzocht op het voorkomen van door de mens veroorzaakte vervuiling, waaronder vooral plastics, maar ook ander zwerfafval, inclusief industrieel getint materiaal. Dit onderzoek is uitgevoerd in combinatie met het dieetonderzoek (hoofdstuk Dieet). De darmen werden gesplitst in een stuk van ca 10 cm einddarm voor het paraffine-onderzoek, en alle daarvoor liggende darmdelen voor voedsel- en plasticonderzoek.

De magen werden opengeknipt en de inhoud zorgvuldig uitgespoeld met koud (kraan)water. In het standaardprotocol voor onderzoek bij de monitoring van plastics en ander zwerfvuil in de magen van zeevogels wordt gebruik gemaakt van een 1 mm zeef (van Franeker et al. 2011). Vanwege de mogelijke aanwezigheid van klein EPS-granulaat is bij het huidige onderzoek een extra zeef van een 0.3 mm toegevoegd (Figuur 25).

De darmdelen van de zeekoeten voor voedsel en zwerfvuil onderzoek werden enkele dagen bij kamertemperatuur geweekt in een oplossing van 5 Molair kaliumhydroxide (KOH). Organisch materiaal, in dit geval de darm zelf en daarin ook al het aanwezige zachte prooiweefsel, lost hier in op, terwijl harde prooiresten (gehoorsteentjes van vis, kaken van inktvis, hardere resten van schaaldieren of visbotten) en harde zwerfvuil resten zoals plastics intact blijven (Foekema et al. 2013,

Kühn et al. 2017). Na ca. vier dagen in de KOH werd ieder monster koud gespoeld over een 0.15 mm zeef om detectie van microbeads te kunnen garanderen.

Alles uit magen en darmen wat op de zeven achterbleef, werd in petri-schalen onder een binoculaire microscoop uitgezocht op de aanwezigheid van door de mens in zee gebracht afval. Het onderzoek aan de natuurlijke maaginhoud, dus voedselresten inclusief natuurlijke non-food items zoals steentjes en natuurlijk planten materiaal is behandeld in het hoofdstuk Dieet. Plastics en andere vormen van afval werden gesorteerd in verschillende categorieën zoals gedefinieerd door van Franeker et al. (2011). Plastics worden daarin verdeeld in de categorieën van industriële pellets en gebruiksplastics met subcategorieën van velvormige, draadvormige en schuimvormige plastics, hardere plastic fragmenten, en een restgroep van 'ander' plastic. In dit geval is afzonderlijk de extra microbead categorie aangehouden. De categorie 'ander zwerfvuil' bevat onder meer papier, aluminiumfolie, bewerkt hout, verfresten, keukenafval. Tot slot is een categorie 'industriële afval' gedefinieerd waaronder bijvoorbeeld hoogovenslakken en klonten van teer of paraffine. Per (sub-)categorie werd het aantal stukjes geteld en gewogen in grammen op vier decimalen nauwkeurig. Gewichten van 0.0001 g en minder worden geregistreerd als 0.0001 g.

Een selectie van aangetroffen plastics is door middel van Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) geanalyseerd op polymeer type. Voor die analyse is een Shimadzu FTIRSpirit gebruikt. Een laser wordt op het monster gericht en het gereflecteerd licht wordt als een spectrum weergegeven en vergeleken met een interne bibliotheek. Hiervoor worden 16 scans per meting gemaakt. Het spectrum waar de vergelijking mee wordt gemaakt, ligt tussen de 600 en de 4000 nm.



Figuur 25. Uitspoelen van de magen over 1mm en 0.3mm zeven. In honger situaties wordt vaak een donkere drab gevonden als gevolg van darminhoud die terug loopt naar de maag. Aanwezig plastic zwerfvuil was vaak oud, klein en draadvormig zoals op de rechterfoto.

6.3 Resultaten

Van de 120 onderzochte zeekoeten hadden 33 vogels (27.5%) plastic in hun maag. Ander afval werd slechts één Zeekoet aangetroffen: één maag had een aantal stukjes bewerkt hout in de maag. Hoogovenslakken, klonten paraffine of teer werden in de magen niet gevonden. In 28 van de 33 (85%) zeekoeten met plastics in de maag betrof het plastic draadvormige materialen (Figuur 25; Tabel 9). Andere plastic categorieën waren schaars of afwezig, en kwamen ook nooit voor met meer dan een enkel stukje. Draadvormig materiaal kwam soms met meer stukjes voor in dezelfde maag, maximaal 6. Van de 56 gevonden plastic items zijn 91% draadvormig, en vermoedelijk afkomstig van netten of touwwerk. Wellicht zien zeekoeten draadvormige objecten aan voor kleine vis of wormachtigen die normaal in het dieet voorkomen (zie hoofdstuk Dieet). Gezien het kleine formaat van de aangetroffen materialen is het ook mogelijk dat deze stukjes indirect, via gegeten vis, in de vogelmagen terecht zijn gekomen.

Verscheidene draadvormige materialen konden door middel van FTIR worden geïdentificeerd als polyamide, maar ook polyethyleen draad is aangetroffen. Eén zeekoet had een donkerbruine plastic pellet in de maag, sterk afwijkend van de verse, witte pellets die direct na het incident met de MSC Zoe op de stranden van de Waddeneilanden werden aangetroffen. Deze pellet bestond uit

polypropyleen plastic (PP). Slechts één zeezoet had een klein microbead-achtig bolletje met diameter 0.5 mm in de maag. De samenstelling van dit bolletje was met FTIR niet makkelijk te bepalen omdat het item bij de meting verbrokkelde. Het resterend materiaal werd met 89% waarschijnlijkheid als Carboxymethyl cellulose geïdentificeerd en bevatte met zekerheid geen polystyreen. Het EPS granulaat van figuur 24 werd in meerdere FTIR analyses direct met hoge betrouwbaarheid als polystyreen geïdentificeerd. Deze enkele microbead behoort dus met zekerheid niet tot het EPS granulaat dat mogelijk uit de MSC Zoe containers is verloren.

Tabel 9. Details van plastics gevonden in de 120 onderzochte zeezoetmagen.

Plastic categorie	Aantal zeezoeten (% frequentie van voorkomen)	gemiddeld aantal stukjes per maag	gemiddeld plastic gewicht per maag (gram)
Industrieel pellet	1 (0.8%)	0.01	0.0004
Microbead	1 (0.8%)	0.01	< 0.0001
Velvormig plastic	1 (0.8%)	0.01	0.0001
Draadvormig plastic	28 (23.3%)	0.43	0.0024
Schuimvormig plastic	0 (0%)	0	0
Fragmenten plastic	2 (1.7%)	0.002	0.0009
Ander gebruiksplastic	0 (0%)	0	0
Alle plastics	33 (27.5%)	0.47	0.0036



Figuur 26. Microbead aangetroffen in de maag van een van de onderzochte zeezoeten. Deze korrel bestond ondanks de uiterlijke gelijkenis met EPS granulaat met zekerheid niet uit polystyreen maar vermoedelijk voornamelijk uit Carboxymethyl cellulose.

In de darmen van de 120 zeezoeten werden bij vijf verschillende vogels vijf stukjes plastic gevonden, drie draden, en twee velletjes met een zeer laag gewicht. Er werden géén verdere microbead-achtige bolletjes of aangetroffen. In twee van de zeezoeten met plastic in de darm was ook plastic in de maag aangetroffen. Als maag- en darmgegevens samengevoegd worden hadden 36 van de 120 onderzochte zeezoeten plastic ingeslikt (30%). Geen andere vormen van visueel zichtbaar afval werd in de darmresten gevonden. Via chemische analyses van de einddarmen kon wel tweemaal paraffine worden aangetoond, zie het desbetreffende hoofdstuk.

Vergelijking met zeezoetgegevens uit de literatuur is moeilijk omdat verschillende methodieken zijn gebruikt, bijvoorbeeld zonder gebruik van zeven. In onderzoek waarbij wel de standaard 1 mm zeef werd gebruikt vonden Acampora et al. (2016) in 12% van 25 onderzochte zeezoeten in Ierland plastic in de maag, met over alle vogels een gemiddeld aantal van 0.12 stukjes plastic. Provencher et al.

(2010) troffen in de nauwverwante kortsnavelzeekoet plastics aan in percentages tussen de 0% en 23% van de vogels, afhankelijk van de locatie en de tijd in het seizoen: van alle 186 onderzochte kortsnavelzeekoeten had 11% van deze Canadese vogels plastic in de in maag met een over alle vogels gemiddelde hoeveelheid van 0.2 stukjes per maag.

In vergelijking met op de Nederlandse kust gevonden noordse stormvogels (van Franeker & Kühn, 2018) hebben de zeekoeten van de massasterfte na het MSC Zoe incident slechts kleine hoeveelheden plastic in het maagdarmstelsel en lijkt een directe relatie met sterfte op individueel niveau hoogst onwaarschijnlijk.

6.4 Conclusie

Plastic en ander zwerfvuil in de 120 onderzochte magen en darmen van zeekoeten uit de massasterfte na het MSC Zoe incident is met een frequentie van minder dan één op de drie vogels aangetroffen. In combinatie met het geringe gewicht van de wel aanwezige stukjes is plastic niet te beschouwen als een mogelijke oorzaak voor de massasterfte. De in de zeekoeten aangetroffen plastics tonen daarnaast geen enkele relatie met materialen uit de containers van het MSC Zoe incident.

Referenties:

- Acampora H., Lyashevskaya O., van Franeker J.A. & O'Connor I. 2016. The use of beached bird surveys for marine plastic litter monitoring in Ireland. *Mar. Environ. Res.* 120: 122-129. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.08.002>
- Foekema E.M., De Grijter C., Mergia M.T., van Franeker J.A., Murk A.J. & Koelmans A.A. 2013. Plastic in North Sea fish. *Environ. Sci. Technol.* 47: 8818-8824. <https://doi.org/10.1021/es400931b>
- Kühn S., van Werven B., van Oyen A., Meijboom A., Bravo Rebolledo E.L. & van Franeker J.A. 2017. The use of Potassium Hydroxide (KOH) solution as a suitable approach to isolate plastics ingested by marine organisms. *Mar. Pollut. Bull.* 115: 86-90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.11.034>
- Provencher, J.F., Gaston, A.J., Mallory, M.L., O'Hara, P.D. & Gilchrist, H.G. 2010. Ingested plastic in a diving seabird, the thick-billed murre (*Uria lomvia*), in the eastern Canadian Arctic. *Mar. Pollut. Bull.* 60: 1406-1411. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.05.017>
- van Franeker J.A., Blaize C., Danielsen J., Fairclough K., Gollan J., Guse N., Hansen P.L., Heubeck M., Jensen J.K., Le Guillou G., Olsen B., Olsen K.O., Pedersen J., Stienen E.W. & Turner D.M. 2011. Monitoring plastic ingestion by the northern fulmar *Fulmarus glacialis* in the North Sea. *Environ. Pollut.* 159: 2609-2615. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.06.008>
- van Franeker J.A., Kühn S., Kotterman M. & Kwadijk C. 2019. Monitoring van paraffine-achtige stoffen op Nederlandse stranden en in magen van noordse stormvogels. Wageningen Marine Research rapport C001/19.
- van Franeker J.A. & Kühn S. 2018. Fulmar litter EcoQO monitoring in the Netherlands - Update 2017. Wageningen Marine Research Report C060/18 & RWS Centrale Informatievoorziening BM 18.20. Den Helder, 60pp. <https://doi.org/10.18174/458857>
- www.rug.nl/news/2019/03/eerste-onderzoeksresultaat-waddenplastic.nl_-schiernonnikoog-hotspot-van-aangespoelde-plastic-ko?lang=en
- www.wur.nl/plastics-stormvogels

7 Paraffine onderzoek

Jan Andries van Franeker, Suse Kühn, Christiaan Kwadijk, Wageningen Marine Research.

Geruchten deden de ronde dat de grootschalige sterfte van zeekoeten voor de Nederlandse kust in januari en februari 2019 te maken zou kunnen hebben met lozingen van paraffine. Beperkte hoeveelheden paraffines of palmvet-achtige substanties mogen volgens de huidige regelgeving door tankers op zee worden geloosd bij het nawassen van de scheepsruimen. Deze stoffen spoelen, al dan niet legaal geloosd regelmatig aan op de Nederlandse kust (van Franeker et al. 2019; Boonstra et al. 2018). Verschillende vormen van paraffine worden uit aardoliedestillaten en -residu's bereid. Paraffines kunnen, hoewel niet geclassificeerd als gevaarlijke stof (ECHA 2019a), door ontvettende en isolerende werking schadelijk zijn voor het functioneren van huid en veren. Het materiaal is in principe niet verteerbaar maar kan zelfs in zuivere op voedsel gerichte vormen toch giftige werking hebben op lever en andere inwendige organen (Baldwin et al. 1992; ECHA 2019) en moet daarmee als een risico worden gezien voor het zeemilieu en het daarin aanwezig leven. De samenstelling van op strand gevonden materialen is in het algemeen niet bekend. Kustgemeentes en Rijkswaterstaat ondervinden aanzienlijke economische schade van benodigde opruim acties.

De mogelijke link tussen de zeekoetsterfte en paraffine werd gelegd vanuit vogelopvangcentra en werd ook gevoed door waarnemingen van hoge dichtheden van verschillende types paraffine- of palmvet-achtig materiaal op de kust kort na het containerverlies van de MSC Zoe, in combinatie met industriële plastic pellets verloren uit een van de containers.



Figuur 27. Op 15 januari 2019 kon men op Schiermonnikoog in recente stormlijnen een mengelmoes zien van verse industriële plastic pellets afkomstig uit containers van MSC Zoe en klompjes paraffine- of palmvetachtige materiaal. Het links gefotografeerde stukje vloedlijn is bij elkaar geschraapt en afgespoeld en gesorteerd te zien op de rechterfoto. Op dit stranddeel lagen vooral geelbruine stukjes, en weinig wittig (midden onder) paraffine-achtig materiaal. Onder de pellets was slechts één oudere aan te treffen (rechtsboven), vermoedelijk niet afkomstig uit de MSC Zoe containers.



Figuur 28. Op 15 januari 2019 waren op Schiermonnikoog in jongere vloedlijnen beide types paraffine- en/of palmvet-achtig materiaal van figuur 1 in hoge dichtheden aanwezig.

Zichtbare paraffine- of palmvet-achtige stoffen zoals die bekend zijn uit de magen van noordse stormvogels (van Franeker et al. 2019) werden in de 120 onderzochte magen van zeekoeten niet aangetroffen. Maar mogelijk was er sprake van minder direct waarneembare aanwezigheid in veren of het darmstelsel. Omdat het daarvoor vereiste chemisch onderzoek tijdrovend en kostbaar is, werden 50 zeekoeten geselecteerd voor onderzoek aan buikveren en inhoud van de einddarm. Ongeveer de helft daarvan werd geselecteerd op vroege vinddatum, mogelijk direct verbonden aan het containerincident, en op ruimtelijk spreiding over alle Waddeneilanden en Noord- en Zuid-Hollandse kust. Dit werd later aangevuld met een aantal vogels met extreme hoeveelheid darminhoud (zie het hoofdstuk Ziektebeeld) en een aantal niet specifiek geselecteerde vogels volgens verzamelnummer.

7.1 Methode

Veermonsters zijn in hexaan gebracht en vervolgens 30 minuten in een ultrasoonbad geplaatst. Hierna is de oplossing nog een half uur geschud waarna een deel van de oplossing is overgebracht in een meetbuis voor gaschromatografische analyse (GC-vial). Voor analyse in de darmen is een deel van de inhoud uit de einddarm gesneden met een scalpel. Dit is vervolgens opgelost in hexaan en gedurende een half uur in een ultrasoonbad geplaatst gevolgd door een half uur schudden. Hierna is een deel van de oplossing overgebracht in een GC-vial voor analyse met een Agilent 6890 gas chromatografie-massaspectrometer (GC-MS). Tijdens de analyse is er gemeten met een zogenaamde 'full scan' in een massaspectrum 50-630 (in m/z waarden). Bij de GC-MS analyse is voor paraffine een zeer specifiek alkaanpatroon zichtbaar. Bij afwezigheid van dit patroon kan met enige zekerheid gesteld worden dat het geëxtraheerde monster in ieder geval niet hoofdzakelijk uit paraffine bestond. Ook is er tijdens de run gekeken naar onbekende pieken. Hierbij is dan geprobeerd de pieken te identificeren aan de hand van de NIST 2017 Bibliotheek. Voor voorbeelden van analysesresultaten zie ook: van Franeker et al. (2019).

7.2 Resultaten

Bij het laboratoriumonderzoek kon in de buikveren slechts eenmaal paraffine worden aangetoond en in de einddarm van andere vogels tweemaal. Er werden geen aanwijzingen gevonden voor palmvet of andere plantaardige vetten. Aantoonbare paraffine was daarmee aanwezig in 3 van de 50 (6%) onderzochte zeekoeten.

Opvallend was dat de chemische analyses bij acht zeekoeten de aanwezigheid van siloxaanverbindingen aantoonde. Viermaal in de veren, en bij vier andere vogels in de darmen. Siloxaan is een synthetische stof die gebruikt wordt in vele toepassingen met siliconen, zoals coatings, smeermiddelen, lijmen, kunstrubbers maar ook cosmetica en dergelijke. In de meeste vormen wordt het weinig toxisch geacht, maar het materiaal is zeker niet bestemd voor consumptie. Details van milieueffecten en schadelijkheid voor dieren bij besmeuring van huid of verenkleed of bij consumptie, lijken niet bekend. De eerste vondsten zaten in de veren van drie op één dag, dicht bij elkaar gevonden vogels (18 januari, Texel), maar de overige gevallen waren later op Vlieland, Terschelling, Ameland en als laatste op 2 februari in Zuid-Holland. De bron van dit materiaal is daarmee onzeker, inclusief een eventuele relatie met vracht uit containers van MSC Zoe. In parallel met de aanwezigheid van paraffine, geeft de aanwezigheid van deze synthetische stof in het Noordzeemilieu en daarin levende organismen reden tot zorg. Hoewel 8 vogels met siloxaan zo'n 16% van het aantal onderzochte zeekoeten vertegenwoordigen, lijkt met deze frequentie, de ruimtelijke spreiding van de vondsten, en het ontbreken van siloxaan in en op vogels die kort na het containerincident strandden op de oostelijke Waddeneilanden, een oorzakelijk verband van siloxaan met de massale sterfte onwaarschijnlijk, evenals een link met de verloren lading van de MSC Zoe.

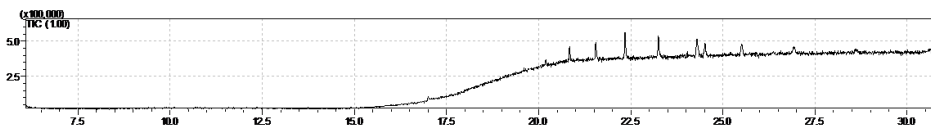
7.3 Conclusie

Paraffine- of palmvetachtige stoffen, hoewel uitbundig aanwezig in het Noordzeemilieu voor de Nederlandse kust in januari 2019, zijn uit te sluiten als hoofdoorzaak van de massasterfte van zeekoeten.

Darm #37

Monster 37, #319021206102

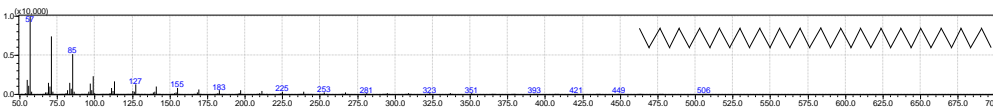
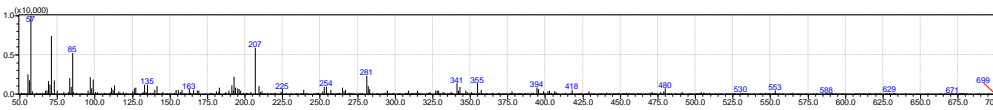
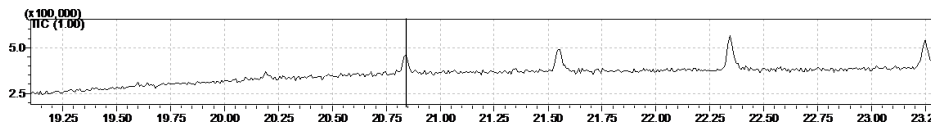
Aanwezigheid van: paraffine



hexatriacontane (paraffine)

C₃₆H₇₄

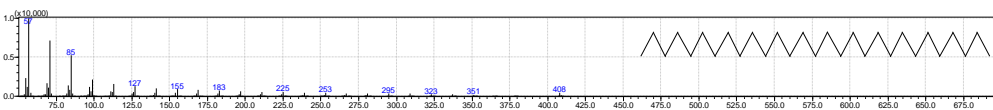
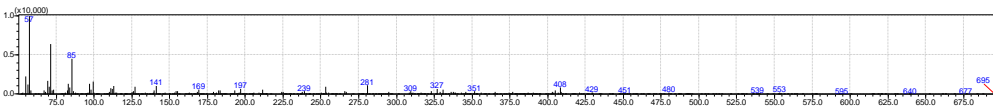
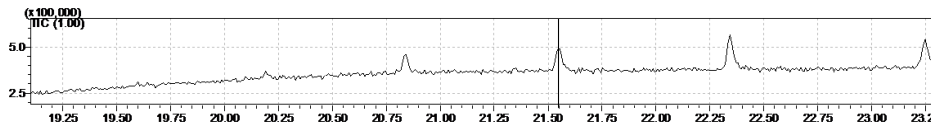
69% overeenkomst



Nonacosane (paraffine)

C₂₉H₆₀

91% overeenkomst



Hexatriacontane (paraffine)

C₃₆H₇₄

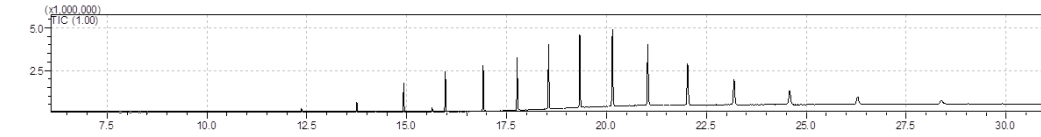
90% overeenkomst

Figuur 29. Alkanen in paraffines geven een herkenbaar piekenpatroon in de GC-MS analyses. Paraffines komen in veel verschillende vormen voor, met wisselende alkaanpieken. In dit voorbeeld van de darminhoud van zeekoet nr.37 kon goede overeenkomst worden aangetoond met hexatriacontaan en nonacosaan. De onderste figuren tonen de detailvergelijking van een specifiek paraffine met de gegevens uit een referentiebibliotheek.

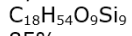
Darm #68

Monster 68, #319021306202

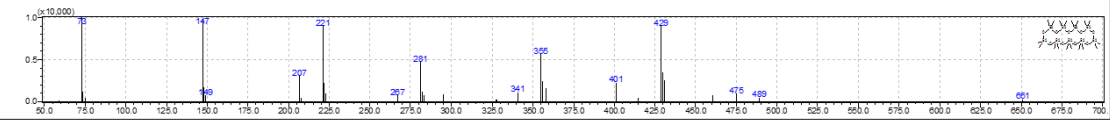
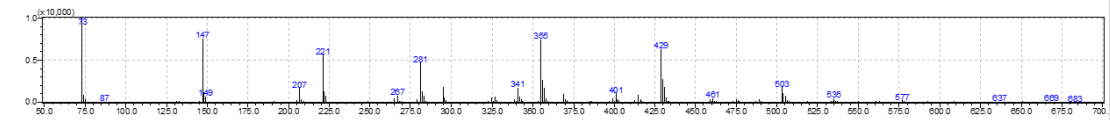
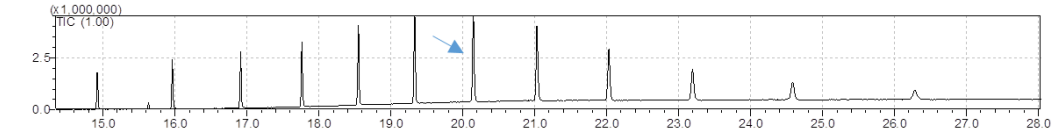
Aanwezigheid van: siloxane



Cyclononasiloxane



85% overeenkomst



Figuur 30. Onverwacht was de aanwezigheid van siloxaanverbindingen. In dit voorbeeld van zeezoet nr. 68 was goed aantoonbaar cyclononasiloxaan aanwezig. Meerdere vormen werden aangetroffen.

Referenties:

- Baldwin, M.K., Berry, P.H., Esdaile, D.J., Linnet, S.L., Martin, J.G., Peristianis, G.C., Priston, R.A.J., Simpson, B.J.E. & Smith, J.D. 1992. Feeding studies in rats with mineral hydrocarbon food grade white oil. *Toxicologic Pathology* 20: 426-443.
<https://doi.org/pdf/10.1177/019262339202000312>
- Boonstra, M., Francken, M. & Hougee, M. 2018. Analyse van paraffine monsters verzameld op de Nederlandse kust, 2017. Rapportage. Stichting De Noordzee Utrecht. 49p. + bijlage.
<http://publicaties.minienm.nl/download-bijlage/98160/paraffine-rapport-12102018-def.pdf>
- Van Franeker, J.A., Kühn, S., Kotterman, M., Kwadijk, C. 2019. Monitoring van paraffine-achtige stoffen op Nederlandse stranden en in magen van Noordse Stormvogels. Wageningen University and Research Report C001/19. Wageningen Marine Research, Den Helder, 33p.
<https://doi.org/10.18174/467759>
- ECHA 2019a Paraffin waxes and hydrocarbon waxes. <https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.029.375>
- ECHA 2019b. Paraffin Oils. <https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/6391>
<https://www.nist.gov/srd/nist-standard-reference-database-1a-v17>
- <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Research-Institutes/marine-research/show-marine/Wadden-Sea-island-Schiermonnikoog-two-weeks-after-the-container-incident-with-MS-C Zoe.htm>

8 Dieet

Mardik Leopold, Susanne Kühn, Guido Keijl, Wageningen Marine Research

8.1 Dissectie

Tijdens de massa-sectie werd iedere vogel geopend en werden maag en darm uit de vogel geprepareerd, waarbij ook een deel van de slokdarm werd meegenomen om er zeker van te zijn dat de hele kliermaag werd verzameld. Het maag-darm pakket werd in drie delen verdeeld: de maag (kliermaag en spiermaag) werd bewaard in een goed afgesloten plastic zakje, de einddarm (cloaca en circa 10 cm darm) en de resterende (ca. 1 m) darm werden elk in een goed afgesloten glazen potje opgeslagen.

De potjes met einddarmen werden naar Wageningen Marine Research in IJmuiden gebracht, waar deze monsters werden onderzocht op de aanwezigheid van paraffine-achtige stoffen, conform Van Franeker et al. (2019). Zie hiervoor het hoofdstuk: Paraffine onderzoek. De inhoud van de einddarmen is dus niet onderzocht op voedselresten.

De magen werden bij Wageningen Marine Research in Den Helder onderzocht op het voorkomen van voedselresten, paraffine-achtige stoffen en *non-food items*. Hiertoe werden de magen geopend en de inhoud boven een 0.3 mm zeef gespoeld met koud (kraan)water. Alles wat op de zeef achterbleef werd in een petrischaal gespoeld en het aldus verzamelde materiaal werd onder een binoculaire microscoop uitgezocht. Alle (harde) voedselresten en *non-food items*, zoals zwerfvuil, steentjes, plantenmateriaal en (eigen) veerluizen werden verzameld, gesorteerd, gedetermineerd en onder de microscoop gefotografeerd en opgemeten (lengte en breedte). Plastic werd gesorteerd in verschillende categorieën zoals gedefinieerd door Van Franeker et al. (2011) in pellets, vellen, draden of fragmenten en per categorie geteld en gewogen (op vier decimalen).

De darmen (zonder de einddarm) van de zeekoeten werden enkele dagen bij kamertemperatuur geweekt in een oplossing van 5 Molair kaliumhydroxide (KOH). Organisch materiaal, in dit geval de darm zelf en daarin ook al het aanwezige zachte prooiweefsel, lost hier in op, terwijl harde prooiresten (otolieten, chitine) en plastics intact blijven (Foekema et al. 2013, Kühn et al. 2017). Visbotten worden door de behandeling zachter maar blijven herkenbaar. Na ca 4 dagen in de KOH werd ieder monster over een 0.15 mm zeef gespoeld en de inhoud volgens de boven beschreven methode verwerkt. Bij de darm monsters werd gekozen voor een kleinere zeef omdat juist de kleinere otolieten in de darm terecht kunnen komen (zie bijvoorbeeld Veen et al. 2018).

8.2 Reconstructie van het dieet

Het dieet van de vogels werd gereconstrueerd aan de hand van specifieke harde prooiresten die in magen en darmen waren achtergebleven. Meest gebruikt werden de otolieten ("gehoorsteentjes") van vissen. Iedere (been)vis heeft in de schedel drie sets van twee gehoorsteentjes, twee relatief grote en vier relatief kleine. De otolieten zijn de hardste onderdelen van een vis en ze blijven, ook als een vis in de maag van een zeekoet helemaal is verteerd, nog enige tijd relatief intact en herkenbaar. Bij vissen in de Noordzee zijn de twee grote otolieten (de sagittae, verder otolieten genoemd; de kleinere lapilli en asteriscii zijn in deze studie niet gebruikt) zeer soort-specifiek van vorm en ze groeien met de vis mee. Hierdoor zijn ze bruikbaar om zowel de vissoort te bepalen als de grootte van de vis (Leopold et al. 2001). Naast otolieten werden bovenkaken, atlaswervels (van zandspieringen), stekels (van stekelbaarzen) en schubben van vissen in enkele gevallen gebruikt voor determinatie; een enkele bot

(platvis) werd herkend aan zijn cleithrum (een zwaar bot dat zich net achter de schedel bevindt); een spiering en een rivierprik werden herkend aan de hand van hun tanden (Camphuysen et al. 2017) en een snoekbaars werd herkend aan de hand van enkele onverteerde schubben (Steinmetz B. & Müller R. 1991). Ongewervelde prooien werden herkend aan de hand van hun harde buitenskelet(delen): staarten, monddelen en klauwtjes van garnalen, of kaken van mariene wormen. Enkele isopoden (staafpissebedden) en veerluizen (vermoedelijk door veren poetsen binnen gekregen) werden nog vrijwel intact in enkele magen en darmen aangetroffen.

De meeste harde prooidelen komen spiegelbeeldig, in paren voor in ieder vis en deze werden zo mogelijk gepaard door voor iedere maag/darm combinatie te zoeken naar waarschijnlijke paren op grond van grootte, subtiele vormkenmerken en oriëntatie (links of rechts). "Paren", en overblijvende enkele linker- of rechter items werden elk beschouwd als afkomstig van één vis, garnaal of worm. Bij (driedoornige) stekelbaarzen (die eigenlijk zes stekels hebben, maar de derde rugstekel en de centrale buikstekel zijn onbetekenend klein), werden zo mogelijk de linker- en rechterbuikstekels gepaard met elkaar en met de twee voorste rugstekels. Alleen van zeenaalden kon niet goed bepaald worden van hoeveel individuen er resten in een maag/darm combinatie aanwezig waren. De otolieten van deze vissen zijn zeer klein, maar zowel grote als kleine zeenaalden konden worden herkend aan de hand van karakteristieke wervels en schubben. Voor monsters met slechts enkele zeenaald-onderdelen werd aangenomen dat het dan om een enkele vis ging, voor monsters met veel (tot honderden) resten werd het aantal vissen op tien gesteld. Ook de grootte van zeenaalden kon niet worden bepaald. Voor de soort kleine zeenaald werd aangenomen dat ze gemiddeld 12 cm lang waren; voor de soort grote zeenaald werd de lengte op 15 cm gesteld.

Hoewel otolieten (en stekelbaarsstekels) erg hard zijn, worden ze wel aangetast door maagzuur. De mate van slijtage werd visueel ingeschat, variërend van onversleten (0), licht versleten (1), zwaar versleten (2), zeer zwaar versleten (3) of zodanig zwaar versleten (4) dat het niet langer mogelijk was om voor slijtage te corrigeren. De gemeten lengte van iedere otoliet of stekel werd voor slijtage gecorrigeerd (Leopold & Winter 1997; Leopold et al. 2001; Leopold 2015), met respectievelijk 0% (slijtage 0); 5% (1); 10% (2); 20% (3). Aan enkele prooien die alleen nog herkend konden worden aan de hand van slijtage-4 onderdelen werd de gemiddelde grootte toegekend van alle soortgenoten in de gezamenlijke monsters.

8.3 Resultaten

Drie van de onderzochte 123 zeezoeten bleken bij sectie geen maag en darm meer te hebben: ze waren door aaseters leeggegeten. Van de overige 120 zeezoeten waren er 31 waarbij geen enkele herkenbare voedselrest meer in maag en darm werd gevonden. Van de resterende 89 zeezoeten hadden er 7 een lege maag (maar nog wel voedselresten in de darm) en 34 vogels hadden een lege darm (maar nog wel voedselresten in de maag).

In de 89 zeezoeten die nog voedselresten in de maag/darm hadden werden resten van in totaal 439 prooien gevonden: 4.9 prooien per vogel met prooi, of 3.66 per vogel als ook de vogels zonder prooiresten in het maag-darmkanaal worden meegerekend. Omgerekend naar prooimassa waren deze 439 prooien samen goed voor 1306 gram, of 14.7 gram per vogel met prooi, of 10.9 gram prooi gemiddeld over alle onderzochte vogels. De meeste gegeten prooien waren erg klein. 266 van de 439 prooien (61%) waren kleiner dan 10 cm lang; 179 prooien (41%) waren minder dan 1 gram zwaar en de overgrote meerderheid van de prooien (422; 96%) was minder dan 10 gram zwaar. Slechts 13 prooien (3%) wogen tussen de 10 en 20 gram en slechts vier prooien waren zwaarder: drie wijtingen van respectievelijk 42, 111 en 157 gram en een rivierprik van 143 gram. Deze laatste "vis" was ook de langste prooi, met een geschatte lengte van 40.3 cm; de zwaarste wijting, van 157 gram, was 27.0 cm lang. De drie grootste wijtingen werden overigens aangetroffen in iets oudere vogels: twee onvolwassen zeezoeten (na eerste winter) gevonden op Terschelling en een volwassen zeezoet, gevonden in Zeeland.

De gevonden prooien waren aanzienlijk kleiner dan wat gevonden is bij in Nederland overwinterende zeekoeten die getroffen werden door olievlekken. Deze vogels kwamen snel om het leven, in veel gevallen wellicht tijdens het foerageren. Zo werden in februari 1992 maaginhouden onderzocht van 76 zeekoeten die zwaar besmeurd met olie op Texel aanspoelden (Leopold & Camphuysen 1992). Mediane lengtes van gegeten sprotten (10 cm) en zandspieringen (15 cm) waren toen groter dan bij de zeekoeten van 2019: respectievelijk waren deze gemiddeld 8.4 ± 1.81 cm en 8.5 ± 1.78 cm lang (Tabel 10). Zeekoeten die werden onderzocht in de nasleep van de olieramp met de Tricolor in januari/februari 2003 (Ouwehand et al. 2004) hadden ook grotere sprotten (11.8 ± 2.00 cm) en zandspieringen (12.8 ± 3.72 cm) gegeten dan de nu onderzochte vogels. Het gemiddelde gereconstrueerde prooigewicht was bij de Tricolor olievogels ook veel hoger dan bij de verhongerde vogels uit 2019: de prooien van de olievogels waren gemiddeld 26.8 gram zwaar, tegen 3.0 gram in 2019. Per vogel (vogels met lege magen en darmen meegerekend) was de gemiddelde gereconstrueerde prooimassa 42.1 gram bij de Tricolor olievogels. Destijds is echter alleen in de magen van de zeekoeten gezocht naar voedselresten. Voor een goede vergelijking met de prooimassa per vogel moeten we voor 2019 dus ook alleen naar de prooiresten kijken die zich in de magen bevonden. In de 120 magen van de zeekoeten in 2019 waren nog resten aanwezig van 265 prooien, met een totaal gereconstrueerd gewicht van 1152.56 gram (gemiddeld 9.6 gram per vogel). In de darmen werden resten gevonden van 432 prooien. Deze waren aanzienlijk kleiner dan de prooien die werden geïdentificeerd aan de hand van resten in de magen, wogen gemiddeld 1.74 gram. Van enkele prooien werden resten in zowel de maag als de darm gevonden. Deze zijn niet mee gerekend. In vergelijking de onderzochte olievogels werden dus resten van minder prooien in de vogels aangetroffen, en deze prooien waren gemiddeld ook veel kleiner. Ook het grote aandeel van kleine vissoorten, als dikkopje (een grondel), stekelbaars en zeenaalden, alsook van ongewervelde prooien (garnalen, isopoden en zagers) strookt niet met de diëten van eerder onderzochte olievogels.

De **conclusie** van het dieetwerk is, dat de prooien die de zeekoeten kort voor hun dood nog hadden weten te bemachtigen erg klein waren en dus een lage calorische opbrengst hadden. Het geringere aantal prooien per maag kan een indicatie zijn van dat de verzwakte, hongerende vogels een lager foerageersucces hadden in termen van aantallen gevangen prooien per tijdseenheid. Het kan echter ook een indicatie zijn dat veel vogels helemaal gestopt waren met foerageren, kort voor hun dood en dat in de magen en darmen alleen nog restjes te vinden waren van eerdere maaltijden. Of de vogels nu minder prooien per tijd hadden kunnen vangen of enige tijd voor hun dood helemaal niet meer hadden kunnen eten, het gevolg was dat de meeste magen leeg of nagenoeg leeg waren. Daarbij waren veel nog wel gegeten prooien meest kleiner dan wat deze vogels normaal eten in onze wateren in de winter, en veelal ook laag in calorieën (zeenaalden, ongewervelden, zeer kleine haringachtigen en zandspieringen, grondels).

Tabel 10. Overzicht van de prooien die door de zeekoeten zijn gegeten. Reconstructie op grond van harde prooiresten die nog in magen en darmen van de vogels aanwezig waren. De calorische waarden van de verschillende vissen zijn ofwel door eigen onderzoek bepaald (WMR/NIOZ, ongepubliceerd: dikkopje, driedoornige stekelbaars, haring, spiering, sprot, wijting) ofwel uit de literatuur gehaald.

Prooi soort	Engels	Wetenschappelijke naam	n-zeekoeten	n-prooien	gem-L (cm)	kleinste (cm)	grootste (cm)	som massa (g)	Som kj (kJ)
Blankvoorn	Roach	<i>Rutilus rutilus</i>	1	1	6.4			1.9	9.9
Bot	Flounder	<i>Platichthys flesus</i>	1	1	8.8			7.3	42.1
Dikkopje	Sand goby	<i>Pomatoschistus minutus</i>	16	45	6.5	4.3	8.4	116.6	588.2
Driedoornige stekelbaars	3-Spined stickleback	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	19	27	6.1	4.3	7.8	52.9	575.9
Gewone garnaal	Brown shrimp	<i>Crangon crangon</i>	18	24	3.9	1.1	6.2	17.8	78.1
Gewone pitvis	Dragonet	<i>Callionymus lyra</i>	1	1	11.3			9.7	50.4
Glasgrondel	Transparent goby	<i>Aphia minuta</i>	2	2	4.8	4.7	4.9	1.4	5.0
Grote zeenaald	Greater pipefish	<i>Syngnathus acus</i>	5	18	15.0	15.0	15.0	21.6	73.5
harder spec.	mullet spec.	<i>Chelon/Liza spec.</i>	1	1	3.6			0.4	2.9
Haring	Herring	<i>Clupea harengus</i>	19	35	8.0	3.1	13.1	139.3	776.4
Horsmakreel	Atlantic horse mackerel	<i>Trachurus trachurus</i>	1	1	5.8			1.8	11.0
Kleine zeenaald	Lesser pipefish	<i>Syngnathus rostellatus</i>	42	111	12.0	12.0	12.0	55.4	188.8
Rivierprik	River lamprey	<i>Lampetra fluviatilis</i>	1	1	40.3				
Schar	Dab	<i>Limanda limanda</i>	1	1	8.0			5.5	31.9
Snoekbaars	Pilkeperch	<i>Stizostedion lucioperca</i>	1	1	10.0			5.7	30.8
Spiering	Smelt	<i>Osmerus eperlanus</i>	2	2	9.3	9.3	9.3	9.4	46.0
Sprot	Sprat	<i>Sprattus sprattus</i>	21	55	8.4	4.8	13.1	286.6	1870.5
Sprot/Haring	Sprat/Herring	<i>Sprattus sprattus / Clupea harengus</i>	17	17	7.1	5.2	11.2	55.1	338.9
Staafpissebed	Slender-bodied Idotea	<i>Idotea linearis</i>	2	7	1.5	1.5	1.5	3.5	14.5
Wijting	Whiting	<i>Merlangius merlangus</i>	8	8	15.4	7.4	27.0	366.8	1683.7
Zager	King ragworm	<i>Alitta virens</i>	6	6	11.6	5.0	17.6	19.4	85.3
zandspiering spec.	sandeel spec.	<i>Ammodytes/Hyperoplus spec.</i>	26	74	8.5	4.3	15.0	127.8	1117.1

8.4 Non-food

In 36 vogels (30%) werden non-food items aangetroffen. Het meest werden draadjes gevonden (zie het hoofdstuk Plastic), maar in drie magen werden ook wat plantenmateriaal gevonden en in een maag resten van een lang, dun stukje hout. In drie magen werden steentjes gevonden (Tabel 11). Veel van deze *non-food items* waren lang en dun van vorm (Figuur 31), en waren door de vogels mogelijk aangezien voor de zeenaalden en andere lange dunne prooien (kleine zandspieren, mariene wormen) waarop ze foerageerden.

Item	n-vogels	n-items	gemiddeld gewicht (g)	som gewicht (g)	gewicht/vogel met items	gewicht/vogel (alle vogels)
plant/hout	4			0.1788	0.0447	0.0015
steen	3	6	0.2808	1.6850	0.5617	0.0140

Tabel 11. Aangetroffen non-food items in de magen (63 items) en darmen (2 draadjes) van de 120 onderzochte zeekoeten.

In de maag van zeekoet #64 werd een veerluis aangetroffen, van de soort *Mjoberginirmus obliquus* (Mallophaga, Philopteridae), van circa 1.6 mm lang. In de darmen van zeekoeten #112 en #120 elk werd een veerluis aangetroffen van de soort *Austromenopon nigropleurum uriae* (Mallophaga, Menoponidae), respectievelijk 1.05 en 1.4 mm lang. Deze veerluizen zijn soortspecifiek (komen alleen voor zijn de zeekoet) en berokkenen de vogels over het algemeen weinig schade. De Philopteridae eten uitsluitend veerschilfers terwijl de Menoponidae ook soms wat bloed uit de veerschachten halen (informatie: Dr Herman Cremers, Veterinair Parasitoloog, Universiteit Utrecht). De veerluizen zullen bij het veren poetsen zijn ingeslikt door de vogels en hun chitine pantser blijkt zeer resistent tegen zowel maagzuur als KOH: de aangetroffen dieren waren nog goed herkenbaar.



Figuur 31. Een voorbeeld van een stukje "lintvormig plastic", gevonden in de maag van een van de zeekoeten.

Referenties:

- Camphuysen C.J. & Henderson P.A, with contributions from Velilla E., Kühn S., Leopold M.F. & Somes R. 2017. North Sea Fish and their remains. Published by NIOZ-Texel/Pisces Conservation Ltd, ISBN 978-1-904690-65-8
- Foekema E.M., De Gruijter C., Mergia M.T., van Franeker J.A., Murk A.J. & Koelmans A.A. 2013. Plastic in North Sea Fish. Environ. Sci. Technol. 47: 8818-8824. <https://doi.org/10.1021/es400931b>
- van Franeker J.A., Blaize C., Danielsen J., Fairclough K., Gollan J., Guse N., Hansen P.L., Heubeck M., Jensen J.K., Le Guillou G., Olsen B., Olsen K.O., Pedersen J., Stienen E.W. & Turner D.M. 2011. Monitoring plastic ingestion by the northern fulmar *Fulmarus glacialis* in the North Sea. Environ. Pollut. 159: 2609-2615. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.06.008>
- van Franeker J.A., Kühn S., Kotterman M. & Kwadijk C. 2019. Monitoring van paraffine-achtige stoffen op Nederlandse stranden en in magen van noordse stormvogels. Wageningen Marine Research rapport C001/19. <https://doi.org/10.18174/467759>
- Kühn S., van Werven B., van Oyen A., Meijboom A., Bravo Rebolledo E.L. & van Franeker J.A. 2017. The use of Potassium Hydroxide (KOH) solution as a suitable approach to isolate plastics ingested by marine organisms. Mar. Pollut. Bull. 115: 86-90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.11.034>
- Leopold M.F. & Camphuysen C.J. 1992. Olievogels op het Texelse strand, februari 1992. Oiled seabirds on Texel, February 1992. NIOZ-rapport 1992-5: 29 pp.
- Leopold M.F. & Winter C.J.N. 1997. Slijtage van otolieten in de maag van een Aalscholver. Sula 11: 236-239.
- Leopold M.F., Damme C.J.G. van, Philippart C.J.M. & Winter C.J.N. 2001. Otoliths of North Sea fish: interactive guide of identification of fish from the SE North Sea, Wadden Sea and adjacent fresh waters by means of otoliths and other hard parts. CD-ROM, ETI, Amsterdam. https://otoliths-northsea.linnaeus.naturalis.nl/linnaeus_ng/app/views/introduction/topic.php?id=3327&epi=87
- Leopold M.F. 2015. Eat or be eaten: porpoise diet studies. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen. <https://www.wur.nl/nl/activiteit/Eat-and-be-eaten-porpoise-diet-studies.htm>
- Ouwehand J., Leopold M.F. & Camphuysen C.J. 2004. A comparative study of the diet of Guillemots *Uria aalge* and Razorbills *Alca torda* killed during the Tricolor oil incident in the south-eastern North Sea in January 2003. Atlantic Seabirds (special issue) 6: 147-166.
- Steinmetz B. & Müller R. 1991. Atlas van schubben en andere beenachtige structuren van niet-zalmachtige zoetwatervissen. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.
- Veen J., Dallmeijer H., van Damme C.J.G., Leopold M.F. & Veen T. 2018. Analyzing pellets and feces of African Royal Terns (*Thalasseus maximus albididorsalis*) results in different estimates of diet composition. Waterbirds 41: 295-304.

9 Conclusie

Kort na het containerincident met de MSC Zoe in de nacht van 1 op 2 januari 2019 spoelden vele honderden, zo niet duizenden, zeekoeten aan op de stranden van de Waddeneilanden en op de Hollandse kust. De vogels waren vrijwel allemaal schoon, dat wil zeggen vrij van olie en van andere zichtbare chemicaliën, en broodmager. Vogels die levend aanspoelden en die naar vogelasiels langs de kust werden gebracht, konden meestal niet meer worden gered. Veel vogels hadden stinkende, zwarte ontlasting. Een link met de verloren lading van de MSC Zoe werd snel gelegd. De massastranding van zeekoeten kwam immers qua timing en qua omvang (vrijwel beperkt tot Nederland) letterlijk in het zog van de MSC Zoe. Massastrandings van zeekoeten in Nederland waren bekend uit het verleden, maar gewoonlijk betrof dit strandingen van olieslachtoffers. Er is slechts één eerdere massastranding van schone, vermagerde zeekoeten voor Nederland beschreven, in de winter van 1988/89 (Camphuysen 1989). Deze stranding vond echter nog plaats in "het tijdperk van de oliekoeten": in de jaren 80 en 90 spoelden iedere winter veel zeekoeten aan, maar de meeste vogels waren toen olieslachtoffers. De stranding van 2019 was anders omdat het ging om grote aantallen schone vogels.

Dergelijke *wrecks*, massastrandings van schone zeevogels zijn echter wel bekend uit andere delen van het verspreidingsgebied van de zeekoet, en er zijn vaak vele tienduizenden vogels bij betrokken. Bij *wrecks* in de Noordzee onder zeekoeten ging het meestal vooral om jonge (eerste winter) vogels en was, ondanks de grote aantallen dode vogels, het effect op de populatie(ontwikkeling) beperkt. Voedselgebrek, als gevolg van langdurig slecht weer dat foerageren bemoeilijkt, werd vaak als oorzaak aangewezen. In 2019 was het weer echter niet bijzonder slecht. De storm die die MSC Zoe een deel van haar containers deed verliezen duurde maar kort en iedere winter komen dergelijke stormen op de Noordzee voor, maar sterven er niet zoveel zeekoeten als gevolg daarvan. Dat wil zeggen, er spoelen dan niet zoveel verhongerde vogels op de kust aan. In 2019 was er wel veel aanlandige wind in Nederland en dit zal verzwakte of reeds dode zeekoeten richting de kust hebben gedreven. Aanlandige wind kan echter slechts een deel van de verklaring zijn van deze massasterfte, want gezonde zeekoeten zouden niet dood moeten gaan aan een periode met aanlandige wind.

Sectie op een groot aantal vogels kon een aantal gesuggereerde oorzaken uitsluiten. De dode vogels waren niet getroffen door olie, of paraffine-achtige stoffen, niet door besmettelijke ziektes zoals Aviaire Influenza (vogelgriep) of andere virussen, en hun ontlasting bevatte ook geen zaken die daarin niet thuis hoorden. Wel was de ontlasting erg dik en bloederig en hadden vogels nierproblemen: de vogels waren uitgedroogd en als gevolg daarvan waren magen en darmen aangetast. In diverse magen werden wel kleine stukjes van plastic-achtige materialen gevonden, meest kleine stukjes "draad" maar deze waren steeds zo gering van omvang dat de vogels er niet of nauwelijks last van gehad konden hebben. Bovendien zijn er geen *non-food* items in de vogels aangetroffen die gerelateerd konden worden aan de verloren lading van de MSC Zoe.

Alle onderzochte vogels waren zeer ernstig (dodelijk) vermagerd. Toch hadden veel vogels nog wel voedselresten in de maag die er op duiden dat ze nog tot kort voor hun dood iets hadden gegeten. Het dieet had echter voor een groot deel bestaan uit prooien die vermoedelijk makkelijk te vangen waren, maar die weinig energie opleverden; zeer kleine vissen en ongewervelden zoals garnalen. Dat duidt erop dat de zeekoeten zodanig verzwakt waren dat ze de vissen die ze normaal eten niet meer konden vangen.

Omdat de oorzaak van de massasterfte niet gelegen kon zijn in de lading uit de verloren containers moeten veel vogels al verzwakt zijn geweest toen de storm toesloeg. Navraag in het belangrijkste broedgebied, oostelijk Schotland, leerde, dat de zeekoeten hier een slecht broedseizoen hadden in 2018. De jongen die de kolonie verlieten deden dit met ondergewicht. Uit langjarig onderzoek aan deze zeekoeten is komen vast te staan, dat in jaren met gemiddeld zeer lage kuikengewichten de overleving van deze jonge vogels zeer laag is. Kuikens met een slechte start in het leven komen als regel hun eerste winter niet door. Dit hoeft niet altijd te leiden tot een zichtbare massasterfte. Als de

jonge vogels verspreid op de Noordzee, of ver uit de kust omkomen, zal dit niet opvallen. Maar een concentratie jonge, verzwakte vogels, in de buurt van de kust bij langdurige aanlandige wind, die ook nog eens door een hevige, zij het kortdurende storm getroffen wordt, kan een zichtbare massastrandings opleveren.

De conclusie van dit onderzoek moet daarom zijn dat de zeekoeten massaal zijn gestorven, kort na de containerramp, maar niet als gevolg daarvan. De zeekoeten moeten, gezien de gevonden bewijzen, al in slechte conditie zijn geweest toen de storm hen, én de MSC Zoe, trof.

Referentie:

Camphuysen C.J. 1989. Massale sterfte van zeekoeten *Uria aalge* voor de Nederlandse kust, winter 1988/89. Sula 3: 22-25.

10 Dankwoord

Dit onderzoek was niet mogelijk geweest zonder de inzet van veel vrijwilligers die dode zeekoeten hebben verzameld en levende zeekoeten naar de kustasiels hebben gebracht. De opvangcentra: Vogelopvang Terschelling VOT, Ecomare (Texel), Vogelhospitaal Haarlem, de Fugelhelling in Ureterp en de Zeehondencrèche Pieterburen bewaarden vogels voor en onderzoek en deelden informatie over het ziektebeeld en ziekteverloop van de levend binnengebrachte zeekoeten. Dode vogels werden verder ontvangen van: Martin Baptist, Sytske Dijksen, Jeroen Hoekendijk, Job ten Horn, Mardik Leopold, Manon Stassen en Vincent Stork (Texel), Jan Andries van Franeker & Yvonne Hermes (Schiermonnikoog), Jaap van der Hiele (Ouddorp-Neeltje Jans), Kees Kooijmans & Dierenambulance Den Haag (Kijkduin tot Noordwijk), Johan Krol (Ameland), Jacob de Vries (Terschelling) en Carl Zuhorn (Vlieland).

Om 123 zeekoeten in een dag uitputtend te kunnen onderzoeken, kregen de auteurs in de snijzaal van de Faculteit Diergeneeskunde van de Universiteit Utrecht hulp van een grote enthousiaste ploeg mensen: Louis van den Boom, Natashja Buijs, Paulien Bunschoek, Jeroen Carlier, Andrea Gröne, Yvonne Hermes, Hanna Hesselink, Job ten Horn, Jasmijn Hulleman, Manon Lock, Amy Mairo, Hans Verdaat en Ruby Wagenveld.

We kregen hulp bij het determineren van voor ons lastige ongewervelden (isopoden en veerluizen) van Oliver Bittner, Loran Kleine Schaars en Herman Cremers. Informatie over geringde vogels kregen we van Henk van der Jeugd van het Vogeltrekstation/NIOO), Ommo Hüppop en Olaf Geiterra van de Vogelwarte Helgoland en Mike Harris van het Centre for Ecology & Hydrology (CEH), Edinburgh; professor Harris was ook een belangrijke sparring partner bij de gedachtenvorming over het mogelijke effect van lage kuikengewichten.

In hoofdstuk 2 zijn (concept) verspreidingskaarten opgenomen van de zeekoet, op basis vliegtuigtellingen van Bureau Waardenburg en Deltaprojectmanagement. Rijkswaterstaat, in de persoon van Mervyn Roos, verleende hiervoor toestemming.

Hoofdstuk 3 had niet geschreven kunnen worden zonder de inbreng van de vrijwilligers van de Nederlandse Zeevogelgroep, die tientallen jaren lang dode, aangespoelde zeevogels hebben geteld langs de Nederlandse kustlijn. Een grafiekje is snel gemaakt; tellen doe je buiten, in weer en wind... Kees Camphuysen coördineert dit werk sinds 1977. Kees heeft de cijfers voor Figuur 14 aangeleverd en bewerkt, die weer als basis dienden voor een verdere analyse van de relatie tussen strandingen en weersomstandigheden. Onze dank daarvoor!

Theo Bosboom kwam de zeekoeten op de snijtafel fotograferen (zie omslag); enkele van zijn foto's zijn ook opgenomen in dit rapport. George Tanis gaf ons toestemming om zijn foto's van de dood gevonden gekleurde zeekoet "Links-Rood-Rood" te gebruiken. Wietske de Lange (Universiteit Utrecht), Annet Blanken (Wageningen Bioveterinary Research), Cecile Leuverink (Wageningen Marine Research), Vincent Koperdraat (WUR-corporate) en Lilian Jansen (LNV) verzorgden de communicatie.

Ten tijde van het aanspoelen van grote aantallen zeekoeten, net na het incident met het containerschip MSC Zoe, konden we snel handelen door voortvarend optreden door het ministerie van LNV. Wij zijn onze opdrachtgever, in de persoon van Bernard Baerends, zeer erkentelijk.

11 Kwaliteitsborging

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

Verantwoording

Rapport C026/19

Projectnummer: 4318100286

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

Akkoord: Dr Ir MJ Baptist
Senior onderzoeker

Handtekening



Datum: 19 maart 2019

Akkoord: Dr Ir TP Bult
Director Wageningen Marine Research

Handtekening:



Datum: 19 maart 2019

Wageningen Marine Research
T: +31 (0)317 48 09 00
E: marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Bezoekers adres:

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

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



Wageningen Marine Research is onderdeel van Wageningen University & Research. Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Stichting Wageningen Research en heeft als **missie**: 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'