

Plastics - een bedreiging voor zeevogels

J.A. van Franeker

Grote hoeveelheden plastic vervuilen het mariene milieu. Dit artikel bespreekt de verschillende typen plastic, hun herkomst, talrijkheid en verspreiding, en behandelt de gevaren van plastics voor mariene organismen, vooral zeevogels.

PLASTICS - A THREAT TO SEABIRDS. Large quantities of plastic pollute the marine environment. This paper discusses the different types of plastic, their source, abundance and distribution and deals with the hazards of plastics to marine organisms, especially seabirds.

Inhoud:

1. Inleiding
2. Verschillende vormen van plastic-verontreiniging
3. Plastics en zeevogels
4. De Noordse Stormvogel en het eten van plastics
5. De gevaren van het eten van plastic
6. Discussie
7. Conclusie
8. Dankzegging
9. Engelse samenvatting (*Summary*)
10. Referenties

1. Inleiding.

De verontreiniging van het mariene milieu mag zich "verheugen" in een steeds groeiende belangstelling. De meeste aandacht gaat uit naar vervuiling met aardolie of geraffineerde producten daarvan, maar geleidelijk aan komen persistente chemische verbindingen als pesticiden, PCB's en zware metalen en tevens nucleair afval steeds meer in de belangstelling. Ophoping van dergelijke persistente verbindingen in or-

ganismen is een mogelijk veel fundamentele bedreiging dan olie omdat er bijvoorbeeld vaak al een verstoring van de voortplanting plaats vindt voordat er effecten op volwassen individuen merkbaar zijn. Bovendien heeft een dergelijke vervuiling een veel langduriger werking dan de relatief snel afbreekbare olie.

Met deze vormen van zeevervuiling is de lijst echter nog niet compleet. Wie wel eens langs het strand komt, weet dat de zee nog veel meer uitwerpselen van onze maatschappij bevat. Wandelend langs de vloedlijn moet men zich een weg banen door een bonte verzameling van netten, touwen, planken, kisten, schoenen, flessen, lampen, blikjes, melkpakken en een schier eindeloze hoeveelheid stukken plastic. Aan de sterk vervuilde Noordzeekust van Duitsland werd in de zomer van 1980 geïnterviewd welke hoeveelheden afval er aanspoelden (Nassauer 1981). Op het eiland Scharhörn, dat langs de schepvaartroute naar de Elbe-monding ligt, spoelde per twee weken en per kilometer strand ongeveer 10.000 kilogram afval aan! Daarin zaten onder andere 4770 stukken hout, 2565 stukken plastic, 1375 stukken verpakkingsmateriaal zonder plastic, 1260 flessen, 95 lampen en 405 stukken visnet en touw. De 2565 stukken plastic waren te zamen goed voor een gewicht van ongeveer 160 kilogram.

Synthetische materialen worden in steeds toenemende mate gebruikt voor verpakkingen en gebruiksvorwerpen; ze zijn immers sterk, licht in gewicht, gemakkelijk hanteerbaar en uiterst duurzaam. Helaas komen grondstoffen en eindproducten op verschillende manieren ook in zee terecht, waar zij zich door hun zeer slechte afbreekbaarheid steeds verder ophopen. Een situatie als die op Scharhörn is op dit moment weliswaar als een extreem voorbeeld te beschouwen, maar geeft reden voor een sombere toekomst-verwachting voor alle zeeën en stranden.

Dit artikel handelt over plastics in het mariene milieu en kwam tot stand naar aanleiding van het veelvuldig aantreffen van plastics in de magen van Noordse Stormvogels en de relatief geringe aandacht die er in het internationale milieu-beheer aan dit probleem wordt gegeven. Het rapport "The health of the oceans" van het United Nations Environmental Programme, UNEP (GESAMP 1982), besteedt bijvoorbeeld geen aandacht aan plastics. Voornamelijk aan de hand van literatuurgegevens wordt in het onderstaande een beeld geschetst van de diverse vormen van verontreiniging met synthetische materialen en tevens worden de mogelijke gevolgen voor mariene organismen, in het bijzonder voor zeevogels, besproken.

2. Verschillende vormen van plastic-verontreiniging.

Plastics of synthetische materialen komen in talloze vormen voor. Naar gelang de herkomst en de aard van het materiaal kan men onderscheid maken tussen twee verschillende vormen: gebruikers-afval en industrieel afval.

2a. Gebruikers-afval.

Gebruikers-afval kan men op basis van de vorm onderverdelen in:

- dunne soepele vellen plastic, afkomstig van velerlei vormen van verpakkingsmateriaal, plastic zakken, landbouwplastic en dergelijke. De grootte varieert van zeer kleine stukken tot lappen van vele vierkante meters.
- luchtige plastics zoals kunststof-schuimrubber en polystyreenschuim (piepschuim). Dergelijke materialen worden zeer veel gebruikt als schokabsorberend materiaal in verpakkingen, maar ook in allerlei gebruiksvorwerpen als kussens en piepschuim bekertjes. Verder wor-

den schuimplastics bijvoorbeeld gebruikt in de tuinbouw en bij het lichten van gezonken schepen.

- draadvormige plastics zoals die gebruikt worden in visnetten, scheeps kabels, verpakkingstouwen, fruitnetjes, nylon vissnoeren, kunststof kleding en dergelijken. Zowel de gehele producten als de uiteengevallen draadvormige fragmenten komen talrijk in zee voor.
- talloze andere vormen van hard en zacht plastic zoals gebruikt in verpakkingen, emmers, plastic flessen, bestek en bekers, speelgoed, schoenzolen, 6-stuks-verpakkingen van bierblikjes, sigarettfilters etc. De voorwerpen komen zowel in de gehele vorm als opgebroken in fragmenten voor.

De vervuiling met deze typen van gebruikers-afval neemt de ernstigste vormen aan nabij centra van menselijke activiteit. In de inleiding is al gesproken over extreme ophopingen aan stranden, maar het zal duidelijk zijn dat dit is gerelateerd aan vervuiling verder op zee. Morris (1980a) telde in de Middellandse Zee, op 40 mijl ten zuidwesten van het eiland Malta, ongeveer 2000 drijvende voorwerpen per vierkante kilometer zee; 70% van deze voorwerpen was van plastic (alleen objecten van meer dan 1.5 cm doorsnede werden waargenomen). Uit de noordwest Atlantische Oceaan rapporteerden Colton et al. (1974) gemiddeld 57.8 gram plastic uit gebruikers-afval per km² zeeoppervlak. Duidelijk is dat netten en touwen van de scheepvaart afkomstig zijn, maar ook alle andere typen afval zijn voor verreweg het grootste deel afkomstig van schepen (Scott 1972, Colton et al. 1974, Nassauer 1981). Strand-recreatie en van het land afkomstig afval spelen een verwaarloosbare rol. Het probleem ontstaat doordat op vrijwel geen enkel schip goede verbrandings- of opslagsystemen voor afval aanwezig zijn. De ironie wil dat juist de scheepvaart zelf hinder van het afval ondervindt in de vorm van beschadigingen aan het schip, vastgelopen schroeven en verstopte koelwater-inlaten. Daarnaast is het afval hinderlijk op recreatie-stranden, waar in de zomer dan ook vele kostbare opruim-acties moeten worden gehouden.

2b. Industriële afval.

Industriële plastic afval is wat subtieler dan de bovengenoemde afvalvormen; omdat het kleine, weinig in het oog lopende partikels betreft. Noch op zee, noch op het strand zal men daarvan veel directe hinder ondervinden. Niettemin is deze vorm van vervuiling zeer algemeen. Ook in het industriële afval kunnen verschillende typen worden onderscheiden:

- kleine ronde plastic bolletjes, "*Spherules*", die in diameter variëren van 0.1 mm tot enkele millimeters (gemiddeld meestal kleiner dan 1 mm). Een enkele maal zijn grotere bollen, tot knikker-grootte, te vinden. De bolletjes zijn in het algemeen wit of doorzichtig, maar alle kleuren kunnen voorkomen. In sommige spherules zitten luchtholtes.
- plastic schijfjes, "*Pellets*", met een diameter van ongeveer 4 mm, en een hoogte variërend van 2 tot meer dan 5 mm. De vorm kan variëren van cylinders met veelal wat ingevallen platte kanten, tot lensvormige schijfjes. Ook deze plastic partikels zijn meestal doorzichtig of witachtig, hoewel ook andere kleuren voorkomen, en bevatten soms luchtholtes.
- onregelmatige vormen, waaronder kleine kubussen met min of meer rechte hoeken en scherpe randen.

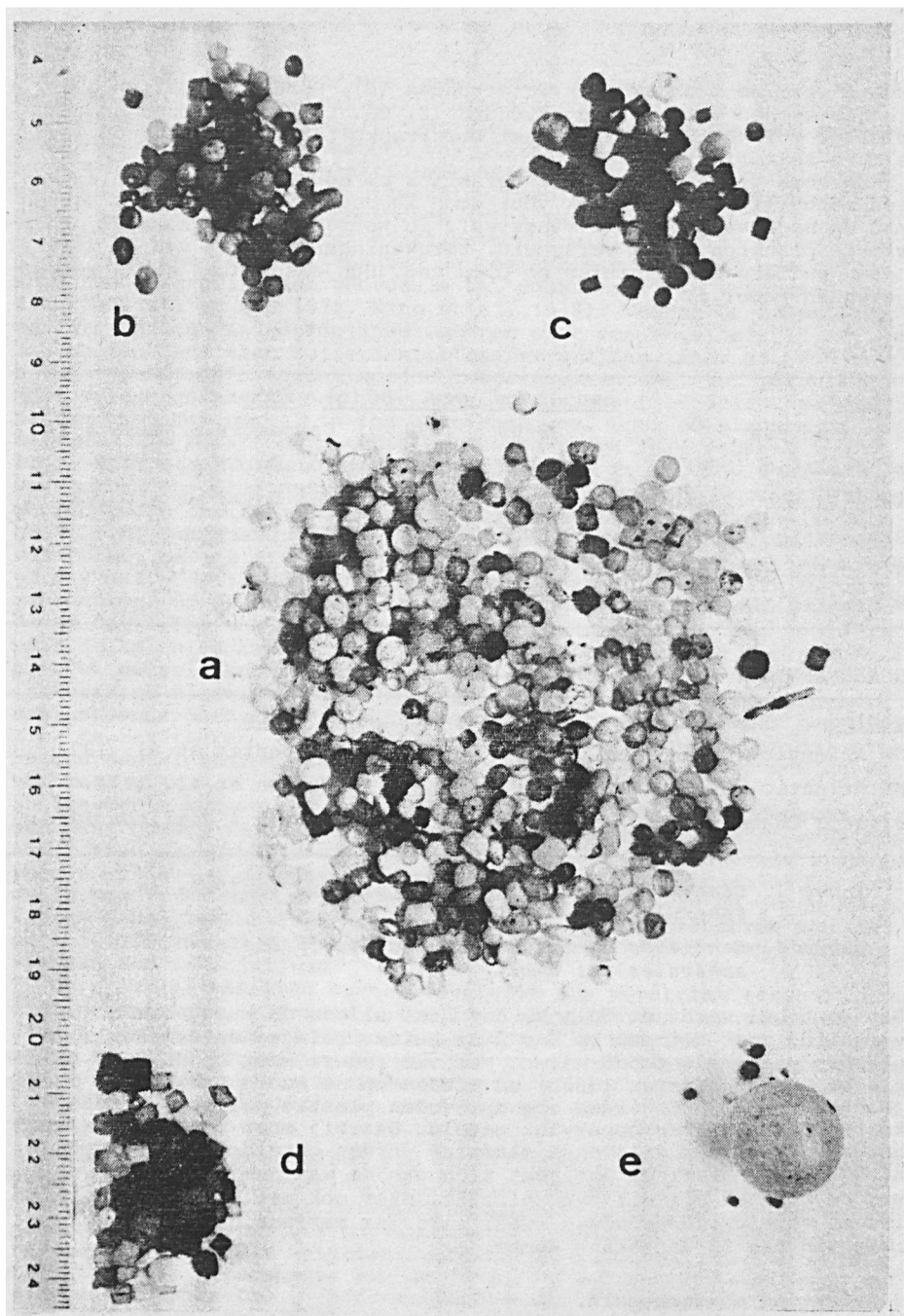
Deze verschillende vormen van industrieel plastic bestaan allen uit vrijwel zuivere grondstoffen, al dan niet met toevoeging van kleurstoffen. Als grondstof voor spherules is veelvuldig melding gemaakt van polystyreen. Pellets en andere vormen bestaan voor de meerderheid uit polyethyleen, hoewel ook melding wordt gemaakt van stoffen als polyvinyl, polypropyleen, polymethyl-metacrylaat en ethylvinylacetaat. Shiber (1979) analyseerde verschillende vormen van pellets die aangespoeld waren langs de Libanese kust, en allen bleken voor rond de 95% uit zuivere grondstoffen te bestaan. De meeste van deze stoffen drijven op zeewater; enkele hebben een wat hoger soortelijk gewicht en zullen zinken of ergens in de waterkolom zweven. De aanwezigheid van luchtholtes kan ook deze zwaardere plastics drijvend houden.

Er bestaat weinig twijfel aan de industriële herkomst van al deze plastic partikels. Hays & Cormons (1974) toonden verhoogde concentraties pellets aan rond afvoerpijpen van plasticfabrieken en diverse auteurs wijzen erop dat de spherules identiek zijn aan de zogenaamde *suspension-beads*, die als eerste grondstof door de plastic-producerende bedrijven wordt gemaakt en die meestal worden omgesmolten tot pellets (of "*nibs*") voordat zij naar de plastic-verwerkende bedrijven gaan (Carpenter et al. 1972, Colton et al. 1974, Gregory 1977). De term afval is voor industriële plastics dus eigenlijk niet correct; het betreft zuivere, direct bruikbare grondstoffen.

De plastic partikels zouden in zee terecht komen door het achterwege laten van het filteren van water, dat tijdens productie of verwerking van plastics wordt gebruikt, of door onzorgvuldigheden tijdens transport per schip en tijdens het overladen (Gregory 1978). Ook moedwillige dumping komt voor: Day (1980) vermeldt bijvoorbeeld dat tijdens een havenstaking in Costa Rica een groot deel van een lading van 230.000 kg polypropyleen-pellets in zee werd gedumpt.

In 1972 werd in de literatuur voor het eerst melding gemaakt van industriële plastic partikels in zee. Carpenter & Smith (1972) troffen plastic pellets aan in de Sargasso Zee, en nog datzelfde jaar publiceerden Carpenter et al. (1972) over de aanwezigheid van spherules in de noordwest Atlantische Oceaan nabij de kust van de Verenigde Staten. Rothstein (1973) toonde echter aan dat vervuiling met plastic partikels al een aanvang had genomen in het begin van de zestiger jaren. Op dit moment zijn plastic partikels wereldwijd verspreid. Soms spoelen op stranden zeer grote hoeveelheden aan. Shiber (1979, 1982) rapporteerde grote aantallen pellets langs de stranden van Libanon en Spanje. Nassauer (1981) schatte dat er in oktober 1980 op het 600 m lange strand van Scharhörn (Duitsland) zo'n 2.5 miljoen spherule-achtige partikels lagen, dat wil zeggen ongeveer 4000 per strekkende meter strand. Op sommige stranden van Nieuw-Zeeland vond Gregory (1977, 1978) gemiddelde dichtheden van 500 tot meer dan 1000 plastic partikels per strekkende meter strand (tot maximaal 100.000 per meter!). Deze zondvloed van plastics bracht hem tot de voorspelling: "...quantities will continually increase. Perhaps, one day, man will sunbathe on 'plastic sand' beaches".

Ook op de Nederlandse stranden zijn de industriële plastics algemeen. Na de stormen van afgelopen voorjaar, kon men in aanspoelsellijnen, bijvoorbeeld nabij Beverwijk, vele duizenden plastic partikels per meter strand aantreffen. Figuur 1. is een foto van een op vorm en kleur gesorteerd monster uit deze aanspoelsellijn. Het grootste deel van de plastics bestond uit doorzichtige of wittige pellets (A, midden van de foto; sommige van deze pellets lijken donker, maar dat wordt veroorzaakt doordat ze met een laagje olie zijn bedekt). Een kleiner aantal pellets was lichtbruin-doorzichtig (B), of fel zwart, wit, rood of groen van kleur (C). Regelmatig werden ook verschillend gekleurde



figuur 1. Industriële plastics, verzameld op het Nederlandse strand nabij Beverwijk, februari 1983, en gesorteerd op vorm en kleur (zie tekst).

figure 1. Industrial plastics, collected at the Dutch beach near Beverwijk, February 1983, and sorted out according to shape and colour (explanation in summary).

kubus-vormige stukjes plastic gevonden (D). Spherule-achtige bolletjes werden zeer weinig gevonden (E, de hierbij getoonde grote plastic knikker zat niet in het oorspronkelijke monster, doch werd elders selectief opgeraapt.).

De soms grote hoeveelheden plastics op de stranden weerspiegelen natuurlijk een talrijk voorkomen in zee. Diverse auteurs hebben aan de hand van "plastic-vangsten", in netten waarmee normaal oppervlakte-plankton wordt verzameld, berekeningen gemaakt van de hoeveelheden pellets en spherules op open zee. Hun resultaten staan weergegeven in tabel 1.

PELLETS

<u>gebied</u>	<u>aantal/km²</u>	<u>gew./km² (g)</u>	<u>bron</u>
Sargasso Sea	3500	290	Carpenter & Smith 1972
NW Atlantic (USA)	855	11.2	Colton et al. 1974
NW Atlantic (USA)	?	30-80	van Dolah et al. 1980
S Atlantic (Cape Basin)	1300-2600	?	Morris 1980b
N Pacific (central)	6000	300	Wong et al. 1974
N Pacific (Alaska)	1100	?	Shaw 1977

SPHERULES

<u>gebied</u>	<u>aantal</u>	<u>bron</u>
NW Atlantic (USA)	0-14 /m ³	Carpenter et al. 1972
NW Atlantic (USA)	7462 /km ²	Colton et al. 1974
Bristol Channel (U.K.)	0.1-198 /m ³	Morris & Hamilton 1974

tabel 1. Dichtheden van industrieel plastic (pellets en spherules) op zee.

table 1. Densities of industrial plastic (pellets and spherules) at sea.

Uit de tabel wordt duidelijk, dat niet alleen de kustgebieden zijn vervuild, maar dat ook op ver daar buiten gelegen watermassa's de plastic partikels rondrijven. Ver van iedere kust op de Zuid Atlantische Oceaan (Morris 1980b) en midden op de Noord Pacifische Oceaan (Wong et al. 1974) werden nog duizenden plastic pellets per vierkante kilometer zee-oppervlak geteld. Daarbij moet men in gedachten houden dat alleen drijvende plastics worden geteld; dieper zwevend of gezonken materiaal onttrekt zich aan de waarneming. De vervuiling van de oceanen met dit type plastic, maar ook met gebruikers-plastic, is een wereldwijd probleem, waar allerlei mariene organismen ongetwijfeld mee in aanraking komen.

3. Plastics en Zeevogels.

De gevolgen van plastic-verontreiniging voor menselijke activiteiten als scheepvaart en strandrecreatie kunnen in dit verhaal als irrelevant worden beschouwd. De vraag waar het om draait is, wat de ef-

fecten kunnen zijn op mariene organismen. In het onderstaande wordt de meeste aandacht aan zeevogels besteed omdat van deze diergroep al veel bekend is. Dit hoeft overigens niet te betekenen dat andere diergroepen minder last hebben van plastic-vervuiling.

Bij de gevolgen van plastic-verontreiniging is een duidelijk onderscheid te maken tussen uitwendige gevolgen (verstrikt raken in materialen) en inwendige gevolgen (eten van plastics). De uitwendige gevolgen van plastic-verontreiniging zijn in belangrijke mate toe te schrijven aan de commerciële visserij. Jaarlijks komen honderd-duizenden zeevogels om, doordat zij in visnetten verdrinken (Tull et al. 1972, King et al. 1979). Vooral de zalmvisserij met drijfnetten in noordelijke wateren eist een hoge tol. In strikte zin moeten deze slachtoffers niet aan vervuiling, maar aan een onverantwoorde bedrijfsvoering worden toegeschreven. Wel tot vervuiling moet worden gerekend, dat vele kunststof netten, of delen daarvan, al dan niet met opzet, in zee achterblijven. Door de slechte afbreekbaarheid van kunststof materialen kunnen dergelijke stukken visnet lange tijd slachtoffers maken onder duikende zeevogels. Overigens komen ook andere diersoorten om in visnetten, zoals bijvoorbeeld zeeschildpadden (Balazs 1982) en zeezoogdieren als pelsrobben (Waldichuk 1978, Shaughnessy 1980). Ook in andere materialen raken dieren verstrikt: bekend zijn de vogels die vast raken in nylon vissnoeren of die het plastic van een 6-stuks-verpakking van bierblikjes om de nek hebben. Op de Pribilofs, een eilandengroep in de Bering Zee, bleek dat 1.15% van de pelsrobben *Callorhinus ursinus* die in 1977 naar de kolonies kwamen, verstrikt was in touw, netten, lussen, vislijn en dergelijken (Waldichuk 1978). Vele dieren waren verstrikt in lus-vormige plastic banden die worden gebruikt voor verpakkingen. Het genoemde percentage lijkt misschien niet zo hoog, maar men dient zich te realiseren, dat men alleen de overlevenden ziet en dat een onbekend aantal dieren, dat ernstiger verstrikt was, al op zee gestorven moet zijn.

Zeevogels kunnen ook aan land in de problemen komen, doordat ze hun nest bouwen van op zee opgepikt kunststof materiaal of gaan broeden tussen aangespoeld afval (Bourne 1976). Zowel jonge als volwassen vogels kunnen in de plastics verstrikt raken. Gochfield (1973) vond nabij New York, dat 2% van de jonge sterns en 3% van de jonge Amerikaanse Schaarbekken *Rhynchops nigra* aldus omkwam; één derde van de mortaliteit van de volwassen Vissdieven *Sterna hirundo* was eveneens hieraan toe te schrijven.

Op allerlei manieren kunnen zeedieren dus verstrikt raken in kunststof materialen; helaas is het zelden mogelijk een kwantitatieve indruk te krijgen van de daardoor veroorzaakte sterfte. Tot slot moet onder de uitwendige gevolgen van plastic-vervuiling ook begrepen worden de verstikking van mariene bodemfauna en flora, door naar beneden zakkende vellen plastic, een verschijnsel dat bekend is uit het zoete water.

Onder inwendige gevolgen van plastic-verontreiniging wordt verstaan het eten van plastics door mariene organismen. Reeds bij de eerste publicaties over de aanwezigheid van spherules in zee werd aangetoond, dat diverse vissoorten, en dan vooral de jongere stadia, deze plastic partikels blijkbaar aanzien voor voedsel (Kartar et al. 1973). Flinke percentages van de jonge vissen in verontreinigde gebieden hadden spherules in het maagdarmkanaal. Voor dergelijke vissen zelf kan het plastic dodelijk zijn, doordat de maag of de darm wordt geblokkeerd. Indirect kunnen zulke jonge vissen een bron van plastic-consumptie zijn voor dieren die hoger in de voedselketen staan (grotere vissen, vogels, zeezoogdieren). Deze dieren kunnen echter ook

Laysan Albatros	<i>Diomedea immutabilis</i>	Kenyon & Kridler 1969; Pettit et al. 1981
Noordse Stormvogel	<i>Fulmarus glacialis</i>	Bourne 1976; Baltz & Morejohn 1976 e.a.
Zuidelijke Stormvogel	<i>Fulmarus glacialis</i>	Crockett & Reed 1976
Blauwe Stormvogel	<i>Halobaena caerulea</i>	Reed 1981; Bourne & Imber 1982
Breedbekprion	<i>Pachyptila vittata</i>	Bourne & Imber 1982
Salvins Prion	<i>Pachyptila salvini</i>	Bourne & Imber 1982
Antarctische Prion	<i>Pachyptila desolata</i>	Bourne & Imber 1982
Dunbekprion	<i>Pachyptila belcheri</i>	Bourne & Imber 1982
Chileense Grote Pijlstormvogel	<i>Puffinus creatopus</i>	Baltz & Morejohn 1976
Atlantische Grote Pijlstormvogel	<i>Puffinus gravis</i>	Bourne 1976
Grauwe Pijlstormvogel	<i>Puffinus griseus</i>	Bourne 1976; Baltz & Morejohn 1976; Day 1980
Dunbekpijlstormvogel	<i>Puffinus tenuirostris</i>	Baltz & Morejohn 1976; Day 1980
Noordse Pijlstormvogel	<i>Puffinus puffinus</i>	B. Zonfrillo (pers.inf.)
Kerguelen Stormvogel	<i>Pterodroma brevirostris</i>	Reed 1981
Bont Stormvogeltje	<i>Pterodroma marina</i>	Bourne & Imber 1982
Stormvogeltje	<i>-Hydrobates pelagicus</i>	B. Zonfrillo (pers.inf.)
Vaal Stormvogeltje	<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	Rothstein 1973; Day 1980
Parelgrijs Stormvogeltje	<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	Day 1980
Bruine Pelikaan	<i>Pelecanus occidentalis</i>	Anonymous, fide Bourne 1976
Rosse Franjepoot	<i>Phalaropus fulicarius</i>	Bond 1971; Connors & Smith 1982
Grauwe Franjepoot	<i>Phalaropus lobatus</i>	Day 1980
Grote Jager	<i>Stercorarius skua</i>	Bourne & Imber 1982
Heermanns Meeuw	<i>Larus heermanni</i>	Baltz & Morejohn 1976
Stormmeeuw	<i>Larus canus</i>	Baltz & Morejohn 1976
Bleekvleugelzilvermeeuw	<i>Larus glaucescens</i>	Baltz & Morejohn 1976
Grote Burgmeester	<i>Larus hyperboreus</i>	Baltz & Morejohn 1976
Drieteenmeeuw	<i>Rissa tridactyla</i>	Day 1980
Roodpootdrieteenmeeuw	<i>Rissa brevirostris</i>	Bourne 1976; Baltz & Morejohn 1976; Day 1980
Kleine Alk	<i>Alle alle</i>	Day 1980
Dikbekzeekoet	<i>Uria lomvia</i>	B. Zonfrillo (pers.inf.)
Cassins Alk	<i>Ptychorampus aleuticus</i>	Day 1980
Papegaalk	<i>Cyclorhynchus patactacula</i>	Day 1980
Dwergalk	<i>Aethia pusilla</i>	Day 1980
Neushoornalk	<i>Cerorhinca monocerata</i>	Baltz & Morejohn 1976
Papegaaiduiker	<i>Fratercula arctica</i>	Parslow & Jefferies 1972
Gehoornde Papegaaiduiker	<i>Fratercula corniculata</i>	Day 1980; Wehle 1982
Kulpapegaaiduiker	<i>Lunda cirrhata</i>	Day 1980; Wehle 1982

tabel 2. Zeevogelsoorten, waarvan bekend is dat zij plastics eten.

table 2. Seabird-species, known to be eating plastics.

direct plastic eten. Van de Lederschildpad *Dermochelys coriacea* is beschreven, dat vellen plastic tot een grootte van 3 bij 4 meter als maaltijd waren genuttigd. Vermoedelijk komt dit, doordat zij plastic vellen aanzien voor kwallen, die een belangrijke voedselbron voor deze schildpadden vormen (Anonymus 1981). Dergelijke stukken plastic kunnen het maagdarmkanaal natuurlijk volledig verstopen. Dat meerdere dieren problemen hebben met het herkennen van de eetbaarheid van diverse materialen komt overtuigend tot uiting bij vele soorten zeevogels. Reeds in 1969 beschreven Kenyon & Kridler (1969), dat de Laysan Albatros *Diomedea immutabilis*, naast puimsteen en drijfhout, zeer veel plastic voorwerpen van zee oppikt en opeet. Deze spullen worden vervolgens ook aan de jongen gevoerd. Pettit et al. (1981) beschreven gevallen waarbij jonge Laysan Albatrossen stierven door complete verstopping, of door het ontstaan van maagzweren als gevolg van plastics. Het verschijnsel dat volwassen vogels plastic van zee oppikken en vervolgens aan hun jongen voeren werd eveneens geconstateerd bij het Vaal Stormvogeltje *Oceanodroma leucorhoa* (Rothstein 1973). In de afgelopen decade is van steeds meer zeevogels bekend geworden, dat zij diverse vormen van plastics eten. In tabel 2. is een lijst gegeven van soorten waarvan bekend is dat ze plastics in de maag hadden, of waarbij in braakballen of uitgespuwd voedsel plastic is aangetoond. Deze lijst is ongetwijfeld onvolledig, doch dient slechts om aan te geven hoe algemeen het verschijnsel onder zeevogels is.

Het is ondoenlijk om bij alle in tabel 2. genoemde soorten een bespreking te geven van de hoeveelheden en typen plastics die worden gegeten. Wel zijn enige algemene opmerkingen mogelijk. Werkelijk alle mogelijke typen van plastic worden in vogelmagen aangetroffen. Erg vaak zijn de industriële pellets aanwezig, maar ook alle in hoofdstuk 2. opgesomde vormen van gebruikers-plastic worden aangetroffen. Uit de soortenlijst is af te leiden, dat het verschijnsel zich overal ter wereld voordoet; ook soorten die hun hele leven ver van de menselijke beschaving, op open oceanen doorbrengen blijken vele plastics te eten. Opvallend in tabel 2. is het grote aantal stormvogelachtigen en bij hen worden ook vrijwel steeds de grootste hoeveelheden plastics in de maag aangetroffen. Ook enkele van de kleinere alkachtigen hebben veel plastic in de maag.

Vele van de genoemde soorten zijn pelagische, hun voedsel ver op zee vergarende, vogels. Soorten die hun voedsel geheel of grotendeels aan het wateroppervlak zoeken zijn vaker besmet dan degenen die duikend foerageren. In samenhang daarmee, blijkt dat vogels die vooral crustaceën, inktvis en aas op hun menu hebben staan, vaker en meer plastics eten dan soorten die alleen maar op vis jagen. Bij duikers en aalscholvers is bijvoorbeeld nog geen plastic aangetroffen. Vele typen vogels pikken praktisch alles op wat er aan het oppervlak van de zee drijft; er hoeft geen gelijkenis te zijn met een bepaald type prooi. Day (1980) oppert wel de mogelijkheid, dat bruinige pellets gelijkenis vertonen met vis-eieren en dat deze daarom veel worden gegeten.

Ondanks hun foerageertechniek worden bij meeuwen erg weinig plastics aangetroffen. Mogelijk komt dit doordat meeuwen goed in staat zijn om onverteerbare voedseldelen, en dus ook plastics (Hays & Cormons 1974), als braakballen weer naar buiten te werken. Van stormvogelachtigen is zulk gedrag eigenlijk niet bekend en vermoedelijk verblijven onverteerbare spullen dan ook zeer lang in de maag, althans in de spiermaag (uit de kliermaag kunnen wel voedseldelen worden opgebraakt, bijvoorbeeld bij het voeren van jongen of bij verdigging). Day (1980) bekeek slijtageverschijnselen aan pellets in de magen van Dunbekpijlstormvogels *Puffinus tenuirostris* en schatte op

grond daarvan, dat de harde polyethyleen-pellets 10 tot 15 maanden in de maag zitten voordat zij uiteindelijk door slijtage zijn verduwen.

Het is duidelijk dat grote groepen vogels bij toenemende plastic-vervuiling steeds meer te maken zullen krijgen met plastics in hun 'dagelijks menu'. Op de consequenties van dit eten van plastic wordt pas dieper ingegaan na een behandeling van de omvangrijke plastic-consumptie van de Noordse Stormvogel *Fulmarus glacialis*.

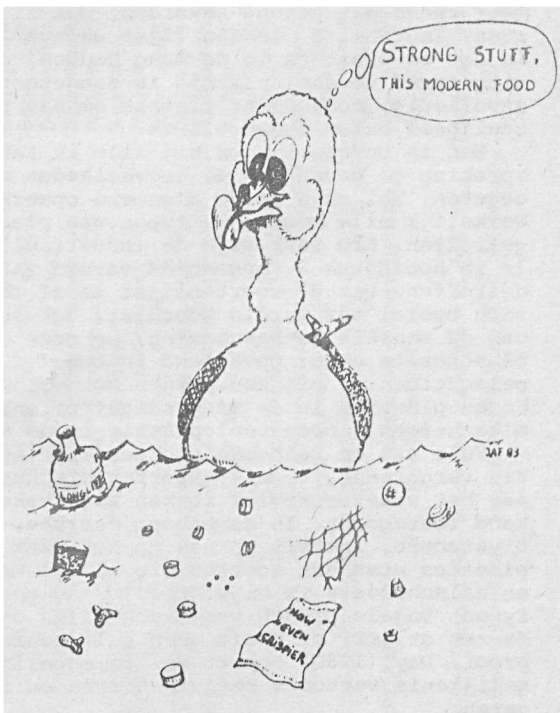
4. De Noordse Stormvogel en het eten van plastics.

De Noordse Stormvogel kan beschouwd worden als één van de gewilligste consumenten van plastic op zee en kan daarom als goede illustratie van het verschijnsel functioneren.

Diverse auteurs hebben reeds op het eten van plastics door Noordse Stormvogels gewezen. Bourne (1976) vond in de magen van 36 op de Noordzee verzamelde exemplaren een totaal van 53 'afval-objecten' waarvan het merendeel uit plastic bestond, onder andere pellets, visnet, nylon draad, stukjes rubber en een speelgoedknikker. Baltz & Morejohn (1976) vonden in de magen van drie nabij Californië verzamelde vogels 34 plastic fragmenten waarvan 23 pellets. Day (1980) verzamelde 38 vogels bij Alaska en vond bij 58% van deze dieren plastic in de maag; in totaal betrof het 97 stukjes plastic, waarvan 56 pellets.

In Nederland wordt al geruime tijd onderzoek gedaan aan Noordse Stormvogels die dood op onze kusten aan spoelen. Dit drie-jaren-project (mei '80-mei '83) is voornamelijk opgezet in verband met vragen betreffende aantalsfluctuaties, herkomst en doodsoorzaken van de Noordse Stormvogels in de zuidelijke Noordzee.

Aanvankelijk werd er tijdens secties op de dode vogels geen speciale aandacht geschonken aan maaginhouden, maar gezien de soms zeer vreemde vondsten (Van Franeker 1982) werd dat in een later stadium wel gedaan. In de periode november 1981 tot en met oktober 1982 werden 127 vogels bekeken. Bij 39 vogels kon de maaginhoud niet worden bekeken, omdat het kadaver te ver was vergaan of was aangevreten. De maaginhouden van de resterende 88 vogels leverden een schrikbarend beeld op, weergegeven in tabel 3.



maaginhoud	n.	%
a) zonder plastic	18	20.5
b) met plastic: pellets + andere typen	45	51.1
c) met plastic: alleen andere typen	25	28.4
totaal	88	100.0

tabel 3. Plastics in maaginhouden van 88 Noordse Stormvogels Fulmarus glacialis, dood angespoeld op de Nederlandse kust in de periode november 1981 tot en met oktober 1982.

table 3. Plastics in stomach-contents of 88 Fulmars, washed up dead on the Dutch coast in the period Nov '81-Oct '82. (a)= stomach without plastic; b)= with plastic pellets; c)= with plastic of other types).

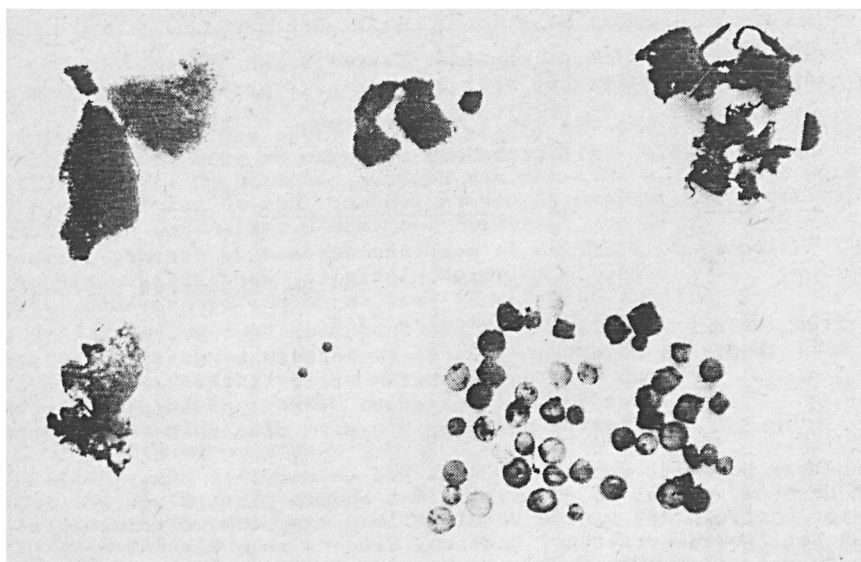
Ongeveer de helft van alle vogels had industriële plastic pellets in de maag, veelal in combinatie met andere plastic voorwerpen. Daarnaast had ruim 28% van de vogels alleen maar andere vormen plastic van het 'gebruikers-type' gegeten. Slechts zo'n 20% had geen plastic in de maag. In de maag van een Noordse Stormvogel worden gemiddeld 5 fragmenten plastic gevonden; de pellets zijn met gemiddeld 3 stuks de meest talrijke vorm. Spherule-achtige bolletjes worden, net als op onze stranden, nauwelijks in de magen aangetroffen. Wel had één vogel een grote plastic knikker (vgl. figuur 1.E.) gegeten, waardoor de spiermaag geheel was opgevuld. Het restant van de aangetroffen plastics wordt gevormd door alle mogelijke typen gebruikers-afval: complete plastic zakken, of stukjes daarvan, brokken schuimrubber en piepschuim, vezels van kabels en netten, scherven hard plastic, doppen van tubes, knopen, sigarettedfilters,...niets is een Noordse Stormvogel te gek.

Bij sommige individuen treden extreme ophopingen van plastics in de maag op. De figuren 2. en 3. zijn foto's van de maaginhouden van twee Noordse Stormvogels. Beide hadden diverse typen plastics in de maag, alleen de één had voornamelijk pellets opgehoopt (figuur 2.), terwijl de ander blijkbaar een groot liefhebber van piepschuim was (figuur 3.).

Noordse Stormvogels pikken blijkbaar alles op van het zeeoppervlak: naast plastics treft men regelmatig zilverpapier, papier en voedsel-restanten (ui, knoflook, spek) aan. Een enkele maal ook wat stukjes drijfhout, en zelfs olieklontjes zijn gevonden (figuur 3.). Vaak wordt een groot deel van de maag door plastics opgevuld. Platte stukken plastic zitten vaak tegen de wanden van de kliermaag geplakt, min of meer ingebed in het weefsel. Dit, en de tot harde kluwens verwarde draadvormige plastics en de tot propfen samengeknepen plastic zakken wijzen op een langdurig verblijf van plastics in de maag.

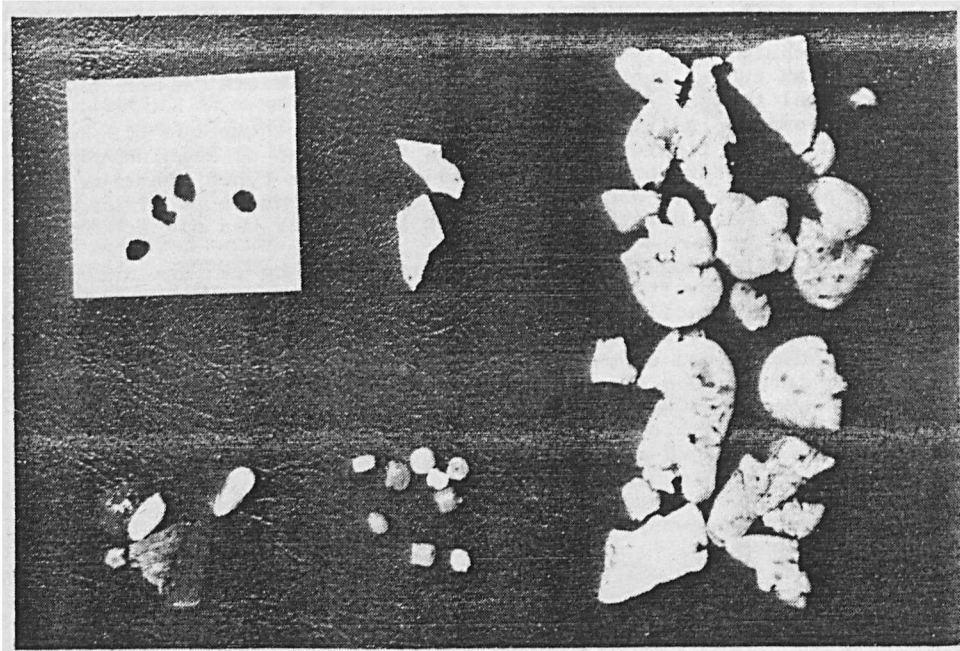
Relatief weinig normale voedselrestanten zijn te vinden; nu en dan wat inktviskaken, harde restanten van vissen of crustaceën, en veren van andere vogelsoorten. Regelmatig zijn er ook wat steentjes en plantenzaden aanwezig.

Het feit dat zo'n 80% van de in Nederland gevonden Noordse Stormvogels plastic in de maag heeft toont de ernst van de situatie op de Noordzee aan. Ook in Schotland, waar veel Noordse Stormvogels worden gevangen voor ring-onderzoek, treft men in uitgespuwd voedsel schrikbarende hoeveelheden plastics aan (B.Zonfrillo, mond.med.). Het feit dat juist de Noordse Stormvogel een succesvolle soort is, die zijn broedareaal en aantallen uitbreidt, is absoluut geen argument om



figuur 2. Sterke ophoping van plastics, vooral pellets, in de maag van een Noordse Stormvogel *Fulmarus glacialis* (BFP 365).

figure 2. Extreme accumulation of plastics, mainly pellets, in the stomach of a Fulmar (BFP 365).



figuur 3. Sterke ophoping van plastics, vooral piepschuim, in de maag van een Noordse Stormvogel (BFP 460).

figure 3. Extreme accumulation of plastics, mainly styrofoam, in the stomach of a Fulmar (BFP 460).

plastics als ongevaarlijk te beschouwen. De balans tussen gunstige en ongunstige factoren kan snel omslaan voor deze soort en kan al negatief zijn voor de vele andere soorten die plastic eten. De gevaren van het eten van plastic zijn reëel.

5. De gevaren van het eten van plastic.

De mogelijke gevolgen van het eten van plastic zijn tot dusverre slechts summier aangeduid. In de gevallen dat grote hoeveelheden plastic worden genuttigd, is de mogelijkheid van sterfte door verstopping van het maagdarm-kanaal duidelijk aanwezig. Pettit et al. (1981) toonden dergelijke gevallen aan bij jongen van de Laysan Albatros. Acute sterfgevallen als gevolg van verstopping vormen echter niet de kern van het probleem. Veel vaker zal het gevaar schuilen in de meer geleidelijke effecten.

In de eerste plaats kan op diverse manieren vermindering optreden in de opname van voedingsstoffen, waardoor de vogel in algemene zin verzwakt. Verminderde opname van voedingsstoffen kan ontstaan door:

- gedeeltelijke blokkage van het maagdarm-kanaal vermindert de hoeveelheid voedsel die per tijdseenheid verwerkt kan worden.
- wegvallen van de honger-stimulus. Eén van de factoren die de foerageeractiviteit van een vogel beïnvloedt is het samentrekken van een lege of volle maag. Een met plastic gevulde maag kan remmend werken op de foerageeractiviteit, doordat de samentrekkende maag het signaal 'maag vol' doorgeeft, terwijl het organisme als zodanig wel behoefte heeft aan voedingsstoffen (Day 1980).
- afname van het totale volume van de maag. Ook in het geval dat er wel een sterke foerageer-stimulus aanwezig is, blijft het feit bestaan, dat de maximaal beschikbare ruimte in de maag wordt beperkt door de aanwezigheid van plastic. Afname van de maximale maagcapaciteit resulteert in sommige gevallen ongetwijfeld in een geringere voedselopname dan mogelijk én gewenst is.
- afname in efficiëntie van voedsel-verwerking in de maag. Regelmatig wordt bij Noordse Stormvogels geconstateerd dat platte stukken plastic zijn 'ingebed' in de wand van de kliermaag. Bij de Laysan Albatros (Pettit et al. 1981) en de Noordse Stormvogel (Bourne 1976) werden zweren aan de maagwand geconstateerd als gevolg van scherpe plastics. De kliercellen in dergelijke afgeplakte of zwerende maagwanddelen kunnen niet meer de sappen produceren die het voedsel voor-verteren. Daardoor neemt de snelheid af waarmee de maag voedsel kan doorgeven aan de darm.

Over plastic-effecten in de darm is eigenlijk niets bekend (Ohlendorf et al. 1978); plastic deeltjes zouden een remmende werking kunnen uitoefenen op de efficiëntie van voedsel/vocht opname door de darmwand.

Ook zonder dergelijke effecten zijn er echter in het voorgaande voldoende argumenten aangevoerd, om aan te tonen dat het eten van plastics resulteert in een verminderde opname van voedingsstoffen. Onderzoek, dat deze conclusie lijkt te ondersteunen, werd gepubliceerd door Connors & Smith (1982). In een serie Rosse Franjepoten *Phalaropus fulicarius* troffen zij een duidelijk negatieve correlatie aan tussen het aantal plastic pellets in de maag en de vetgraad van de vogel. Evenzo constateerde Day (1980) bij de Dunbekpijlstormvogel en de Papegaaialk *Cyclorhynchus psittacula* steeds negatieve correlaties (niet significant) tussen de hoeveelheid plastic in de maag

en het gewicht van de vogel. Dergelijke bevindingen zijn, hoewel geen absoluut bewijs, toch wel sterke aanwijzingen voor een verminderde voedselopname.

Een tweede gevaar van het eten van plastics, is de opname van vergiftige substanties. Over de eventuele toxische effecten van de grondstoffen van plastics is eigenlijk niets bekend (Ohlendorf et al. 1978); men veronderstelt geen ernstige effecten, doch onderzoek dat dit bevestigt ontbreekt. In vele typen gebruikers-plastic zitten echter belangrijke hoeveelheden toevoegingen als PCB's en allerlei kleurstoffen omde materialen de gewenste vorm, flexibiliteit en kleur te geven. Aan de grondstoffen in pellets en spherules is in principe nog geen PCB toegevoegd, maar desondanks worden deze stoffen er wel in aangetroffen; vermoedelijk worden PCB's uit besmet spoelwater of uit omringend zeewater opgenomen (Colton et al. 1974, Carpenter et al. 1972). Door slijtage van de plastic partikels in de maag komen dergelijke toevoegingen in de darm en worden door het organisme opgenomen. Schadelijke effecten van de plastic-grondstoffen mogen dan onbekend zijn, die van PCB's en vele kleurstoffen zijn veelvuldig in de literatuur beschreven (zie Ohlendorf et al. 1978). Daarnaast zitten er op vele van de op zee drijvende (plastic) partikels laagjes olie (zie figuur 1.A.) en ook daarvan zijn verscheidene schadelijke effecten bekend (Ohlendorf et al. 1978, Reineking & Vauk 1982).

Zowel de verminderde voedselopname, als de extra belasting met vergiftige stoffen door het eten van plastic zal meestal niet direct de dood van een vogel veroorzaken. Het verslechtert echter wel de algemene conditie en daarmee het weerstandsvermogen en de voortplantingscapaciteit. De betekenis daarvan wordt in de discussie besproken.

6. Discussie.

In het voorgaande is duidelijk geworden dat vervuiling met plastics geen lokaal, maar een wereldwijd verschijnsel is. Natuurlijk bestaan er concentraties nabij centra van menselijke activiteit, maar ook ver daarbuiten op de open oceaan is het verschijnsel nog duidelijk aanwezig. Het huidige gigantische plasticverbruik, gecombineerd met de zeer lange levensduur van de gebruikte materialen, betekent zonder meer een gevaar voor de toekomst. Een gevaar in de eerste plaats voor de mariene organismen, maar als logische consequentie daarvan ook een gevaar voor de mens die immers voor een belangrijk deel afhankelijk is van voedselbronnen uit zee.

Mariene organismen kunnen in plastics verstrikt raken of beschouwen het als voedsel. In het algemeen zijn de gevaren daarvan als tamelijk onbelangrijk ingeschat; relatief kleine percentages vogels zouden omkomen door verstriking in materialen (Bourne 1976) en al gauw bestaat de neiging om het vinden van plastics in magen van vogels te bagatelliseren, door te veronderstellen dat die vogels wel verzakt geweest zullen zijn als gevolg van andere factoren (olie, chemicaliën) en daarom vreemd voedsel zijn gaan eten (Bourne & Imber 1982, van Franeker 1982). Een nadere bestudering van de literatuur leert echter, dat een dergelijke veronderstelling volstrekt onjuist is. De meerderheid van de in tabel 2. genoemde soorten betreft 'gezonde' vogels die voor diverse onderzoeks-doeleinden werden verzameld, en, die dus als een representatief monster gezien kunnen worden. Bovendien is bij verscheidene soorten aangetoond, dat vogels zelfs plastic voeren aan hun jongen. Ook in braakballen en uitgespuwd

voedsel worden vele plastics aangetroffen. Al deze feiten weerleggen de veronderstelling dat alleen zwakke en zieke vogels plastic zouden eten.

De gedachte dat plastics niet zo erg schadelijk zou zijn is niet reëel. Inderdaad zal het aantal directe slachtoffers van verstrikking, verstopping of vergiftiging door plastic relatief klein zijn vergeleken met de massaslachtingen die lokale olierampen kunnen aanrichten. Het zou echter van onbegrip getuigen en een ernstige vergissing zijn om daarmee plastics als een onbelangrijke en ongevaarlijke vorm van vervuiling verder ongemoeid te laten. Veelal is sterfte onder zeevogels namelijk niet het gevolg van één enkele factor, maar juist van een combinatie van een serie factoren. De effecten van de ene factor kunnen die van een andere enorm versterken en kunnen daarom niet los van elkaar worden gezien.

Een voorbeeld van interacties van factoren zijn de periodes van winterse stormen. In de winter is er relatief weinig voedsel beschikbaar en door veelvuldige stormen kost het de dieren veel energie om het weinige wat er is te bemachtigen. Voedsel wordt een beperkende factor in zulke periodes en voor zeevogels moeten sterftepieken in die tijd dan ook als een normaal verschijnsel worden gezien. De stormperiodes vallen echter samen met pieken in olievervuiling, die optreden als gevolg van een langzamere afbraak van olie in koud water, verhoogde waterturbulentie, meer ongevallen met olie en meer opzettelijke lozingen. Juist tijdens kritieke periodes krijgen zeevogels dus ook te maken met een verhoogde kans op olie. Naast de directe slachtoffers van zware besmetting, worden vogels vaak in slechts lichte mate besmet met olie. Dergelijke 'lichte' gevallen zijn in theorie in staat om dit te overleven, ware het niet dat de daarvoor benodigde energiereserves al zwaar zijn aangesproken door de winterse stormen: een klein beetje extra warmte-verlies als gevolg van een beetje olie op de veren, of een iets afgenomen darmfunctie als gevolg van het naar binnen krijgen van wat olie kan dan zeer veel slachtoffers eisen.

In de beschreven situatie gaan daarbij ook nog persistente toxische chemicaliën een rol spelen; dergelijke vergiften worden in de loop van het jaar uit het voedsel opgenomen en hopen zich veelal op in het vet van de vogel. Juist tijdens moeilijke periodes, als bijvoorbeeld zware stormen en/of oliebesmetting, wordt dit vet in hoog tempo aangesproken waardoor plotselinge hoge concentraties vergiften in het lichaam komen. PCB's, DDT en verwante stoffen tasten onder meer het zenuwstelsel aan en kunnen dodelijke concentraties bereiken (Ohlendorf et al. 1978). Meestal dragen zij alleen indirect aan de dood van vogels bij, doordat motoriek en zintuigen verstoord raken waardoor onvoldoende voedsel bemachtigd wordt om aan de hoge energiebehoefte in de moeilijke periode te voldoen.

In deze kritieke periodes gaat ongetwijfeld ook het eten van plastics een belangrijke rol spelen. Plastics veroorzaken in de eerste plaats een afname in de efficiëntie van het spijsverteringssysteem: zelfs een minimale afname in de hoeveelheid opgenomen voedingsstoffen kan het doodvonnis betekenen voor vele vogels die anders de problemen misschien juist nog de baas waren gebleven. In de tweede plaats betekenen plastics een extra bron van toxische chemicaliën en versterken daardoor het eerder beschreven gevaar van vetverbruik.

Wanneer factoren als lichte oliebesmetting, toxische chemicaliën in het vet en het eten van plastics apart zouden optreden, dan kunnen vogels de aantasting overleven. Doordat in de praktijk deze

factoren allen tegelijk tijdens kritieke periodes een rol spelen sterven vele malen meer vogels dan men door het simpelweg optellen van de afzonderlijke effecten zou verwachten. In een dergelijk licht bezien betekenen plastics in het mariene milieu voor zeevogels een reëel gevaar.

De discussie is hier toegespitst op de dodelijke effecten voor het individu. Het moet echter duidelijk zijn, dat de negatieve effecten evenzeer gelden voor de populatie of soort: doordat overlevende individuen kleiner in aantal en verminderd vitaal zijn kan het voortplantingssucces verminderen. Day (1980) beschouwde de slechte broedresultaten bij de Papegaaialk voornamelijk als een gevolg van extreme hoeveelheden plastic die door de vogels werden gegeten.

In grote lijnen kunnen de voor vogels beschreven effecten worden doorgetrokken naar andere diergroepen. Voor vele groepen is de mate waarin ze met plastics in contact komen slecht bekend; gevreesd moet worden dat bijvoorbeeld baleinwalvissen, die veel van hun voedsel uit het oppervlaktewater filteren, vele plastics naar binnen krijgen.

Over de effecten van de minuscule plasticfragmenten, die na het uiteindelijk opbreken van grotere objecten overblijven, tast men in het duister; talloze mariene levensvormen leven van het filteren van kleine partikels uit het zeewater en krijgen ongetwijfeld met deze fragmenten te maken. Deze organismen op hun beurt staan aan de basis van de mariene voedselketen. De opmerking van Scott (1972) dat plastic verpulvert en uiteindelijk verdwijnt door absorptie in het milieu kan in dat verband weinig geruststellends inhouden. De soms gedane suggestie om plastics te maken die gemakkelijk in kleine stukjes opbreken lijkt dan ook een weinig gezonde struisvogelpolitiek.

De enige veilige en verstandige oplossing is, te zorgen dat plastics niet in zee terecht komen. De kosten van een goede verbrandings- of opslaginstallatie aan boord van schepen kunnen nauwelijks van invloed zijn op de totale exploitatiekosten. Het zonder verspilling transporteren en het uit afvalwater filteren van industrieel plastic moet toch ook een haalbare en rendabele zaak zijn. Zuivere grondstoffen gaan nu verloren! In vergelijking met de enorme economische belangen of praktische problemen, die een rol spelen bij de bestrijding van vervuiling met olie, chemicaliën of nucleair afval, is het stopzetten van plasticvervuiling een peuleschil die ruimschoots de moeite waard is.

7. Conclusie.

Vele vormen van plastic materialen, zowel afvalstoffen als industriële grondstoffen, zijn wijdverspreid in het mariene milieu. Voor zeevogels en andere mariene levensvormen betekenen deze plastics een gevaar, vooral wanneer men de situatie bekijkt in combinatie met andere milieuvervuilende factoren. Het huidige gigantische plastic verbruik in de wereld zal, bij een ongewijzigde houding ten aanzien van afvallozing en verspilling, zeker leiden tot een enorme ophoping van plastics in het mariene milieu met alle gevolgen voor de daarvan afhankelijke organismen. Experimenten met allerlei diergroepen zijn noodzakelijk om nauwkeurig de gevolgen van het eten van plastics en de daarin gebruikte toevoegingen te kunnen bepalen. Zowel de bekende als de onbekende gevaren van plastic in het mariene ecosysteem rechtvaardigen een sterke oppositie tegen plastic-dumping in zee. Het stopzetten van verdere plasticverontreiniging van de oceanen is, in vergelijking met andere milieuproblemen een relatief

simpele en goedkope zaak.

8. Dankzegging.

Het Instituut voor Taxonomische Zoölogie van de Universiteit van Amsterdam verschaft faciliteiten voor het onderzoek aan Noordse Stormvogels die in Nederland aanspoelen. De bestudeerde Noordse Stormvogels worden door medewerkers van het Nederlands Stookolie-slachtoffer-Onderzoek (NSO), of andere vrijwilligers naar dit instituut gebracht. Teveel mensen waren mij behulpzaam bij het nazoeken van literatuur, bij het bediscussiëren van gegevens of anderszins om ze hier op te noemen. Mijn dank geldt hen allen. Kees Camp-huysen en Yvonne Hermes bekritiseerden een eerdere versie van dit artikel en verschaften nuttige aanwijzingen waar ik dankbaar gebruik van heb gemaakt.

9. Summary.

Plastics - a threat to seabirds.

Large accumulations of plastic along beaches show that these long-lived materials are widely distributed in the marine environment. Relatively little attention has been given to plastic as an environmental pollutant: the UNEP-report "Health of the Oceans" (GESAMP 1982) does not discuss plastics. However, the gigantic production of plastics, combined with their effect on marine organisms, justifies concern. This paper discusses the different types of plastic pollution, and the effects on seabirds in particular.

Referring to their source, marine plastics can be distinguished into 'users-plastic' and 'industrial-plastic'. The users-plastics are mainly a result of waste-dumping from ships. Basic types are sheets (bags, wrappings), foamed plastics (packages, cups), threads (nets, ropes, clothes) and a wide variety of moulded plastics (bottle (bottles, cases, shoes, 6-tin-plastics, toys,...)). Major concentrations occur near shipping routes, but anywhere on the oceans floating plastics are commonly seen. Industrial plastics consist of small inconspicuous particles: small spheres (*spherules*), generally smaller than 1 mm, but occasionally considerably larger; disc-shaped particles (*pellets*) of several mm; and other shapes like rectangular pieces. All these types were represented in a sample taken from the Dutch beach, shown in figure 1.: pellets (A) were the most abundant type, generally transparent or opaque, but sometimes light-brown (B) or brightly coloured (C); a smaller number of particles was rectangular (D) and spherules were scarce (E); the large spherule was sampled selectively. The large majority of the pellets is probably made of polyethylene. The industrial plastics are the feedstock of plastic-industry and enter the sea due to spillage during transport and the lack of proper filtering at factories. They are widely distributed in the marine environment, even in the central parts of the major oceans (table 1.).

Marine organisms become entangled in plastic materials or consider it to be food. Large numbers of birds, but also turtles and sea-mammals become entangled in fishing-nets and drown, both during the use of the nets and later when they are dumped or lost. Animals become entangled in other materials as well, like in fishing-line, ropes, bags and 6-tin-plastics.

Many marine organisms eat plastics. It is shown in fishes and turtles. Especially a large number of seabirds seems to consider plastics as proper food (table 2.) and even feed such materials to their nestlings. Procellariiform birds frequently eat large quantities of plastic. In general, surface-feeding birds with a diet of mainly crustaceans, squid and carrion have more plastics in their stomach than birds diving for fish. Most gulls contain few plastics in spite of their scavenging feeding-method; probably this is a consequence of their ability to regurgitate indigestible food-items. In many other birds, plastics are probably retained for long periods of time, at least in the gizzard. Eventually they disappear through wear (Day 1980).

The Fulmar *Fulmarus glacialis* consumes considerable quantities of plastic. About 80% of the Fulmars found in the Netherlands contain plastic (table 3.). On average, each Fulmar has 5 fragments of plastic in its stomach. Three of these are industrial pellets, the remaining ones consist of all types of users-plastic. Sometimes extreme quantities of plastic are accumulated (figures 2. and 3.). The phenomenon certainly is not restricted to birds that are weak or diseased; other investigators present similar data on 'healthy birds'.

When discussing the consequences of the eating of plastics, generally attention is focussed on complete gastro-intestinal blockage and subsequent starvation. It is emphasized however that sublethal, long-term effects may be much more important. Long-term effects of plastic eating are a decrease in the uptake of food and an increased assimilation of toxic chemicals. Both factors result in a deterioration of the health of the animal, which has negative effects on its resistance to stress and on its reproduction-capacity.

A decrease in the uptake of food may result from: partial gastrointestinal blockage; lowered feeding-stimulus caused by a "full" stomach; a decreased maximum volume for food in the stomach; and a lower efficiency of the proventriculus in pre-digesting the food, caused by ulcerations or plastics 'embedded' in the tissue. An increased assimilation of toxic chemicals results from the considerable quantities of additives like PCB's and colorants that are incorporated in users-plastics. Most industrial plastics contain fewer additives. When plastics wear off in the stomach, the substances enter the intestines and are assimilated. Adverse effects of PCB's and many colorants are well known; not surprisingly, because hardly investigated, no effects of plastics themselves are known.

The sublethal effects of plastic-eating become truly dangerous when combined with the effects of other marine pollutants. An example is given of periods of strong winds during winter. Food is relatively scarce in winter and bad weather makes the food harder to obtain; the birds need a perfect health to keep their energy-balance. However, during the same periods maximum oil-pollution occurs, resulting in increased numbers of oil-contaminated birds: minor contaminations can be survived but demand much energy. Many birds will have to use their stored fats in order to resist the scarcity of food or oil-contamination. This results in high levels of those toxic chemicals that are normally stored in the fat, but now enter the total body. Such chemicals, like PCB and DDT, adversely affect the nervous system and thus reduce the capability of obtaining food. Sufficient uptake of food (energy) is the essential factor during windy winters, to resist scarcity of food, small oil-contaminations and the quick absorption of stored fats. In such a situation even a

minor decrease in the efficiency of food-uptake, caused by plastic-eating, may result in the death of large numbers of birds, many of them being already at the upper limits of their capability of resistance to environmental stress. In addition, the danger of fat-absorption is increased by plastic-eating because the plastics are a source of toxic chemicals. The effects of different pollutants may not be viewed separately, and in that way plastics are truly dangerous to seabirdpopulations.

Most of the discussion above is valid for other groups of animals as well. Special concern is expressed on baleen-whales. An other aspect of concern is the fact, that plastic objects in sea eventually embrittle into very small fragments: nothing is known about their effects on the large number of small filter-feeding organisms that are the basis of marine food-chains.

Both the known and the unknown adverse effects of plastic in the marine ecosystem justify strong opposition to further plastic-dumping in the oceans. Ships should have proper incinerators or storage-systems to prevent dumping of waste; improved transport-systems and filter-techniques should put an end to industrial plastic pollution.

10. Referenties.

- Anonymus 1981. Plastic, Jellyfish and Turtles. *Oryx* 16(1):25.
- Balazs, G.H. 1982. Driftnets catch Leatherback Turtles. *Oryx* 16(5):428-430.
- Baltz, D.M. & Morejohn, G.V. 1976. Evidence from seabirds of plastic pollution off central California. *West.Birds* 7:111-112.
- Bond, S.I. 1971. Red Phalarope mortality in southern California. *Calif.Birds* 2:97.
- Bourne, W.R.P. 1976. Seabirds and Pollution. In: *Marine Pollution* (R.Johnston, ed.), pp 403-502. Academic Press, London.
- Bourne, W.R.P. & Imber, M.J. 1982. Plastic Pellets Collected by a Prion on Gough Island, Central South Atlantic Ocean. *Mar.Poll.Bull.* 13(1):20-21.
- Carpenter, E.J. & Smith Jr., K.L. 1972. Plastics on the Sargasso Sea surface. *Science* 175(4027):1240-1241.
- Carpenter, E.J., Anderson, S.J., Harvey, G.R., Miklas, H.P. & Peck, B.B. 1972. Polystyrene spherules in coastal waters. *Science* 178(4062):749-750.
- Colton Jr., J.B., Knapp, F.D. & Burns, B.R. 1974. Plastic particles in surface waters of the northwestern Atlantic. *Science* 185(4150):491-497.
- Connors, P.G. & Smith, K.G. 1982. Oceanic Plastic Particle Pollution: Suspected Effect on Fat Deposition in Red Phalaropes. *Mar.Poll.Bull.* 13(1):18-20.
- Crockett, D.E. & Reed, S.M. 1976. Phenomenal Antarctic Fulmar wreck. *Notornis* 23(3):250-252.
- Day, R.H. 1980. The occurrence and characteristics of plastic pollution in Alaska's marine birds. M.S.Thesis, Univ.Alaska, Fairbanks.

- van Dolah, R.F., Burell Jr., V.G. & West, S.B. 1980. The distribution of pelagic tars and plastics in the South Atlantic Bight. *Mar.Poll.Bull.* 11(12):352-356.
- van Franeker, J.A. 1982. Noordse Stormvogel-onderzoek. Tussentijds verslag over de periode mei 1980 t/m dec.'81. *Nieuwsbr.NSO* 3:63-74.
- G.E.S.A.M.P. 1982. The health of the Oceans. UNEP Regional Seas Reports and Studies no.16, UNEP 1982.
- Gochfeld, M. 1973. Effects of artifact pollution on the viability of seabird colonies on Long Island, New York. *Environ.Poll.* 4(1):1-6.
- Gregory, M.R. 1977. Plastic pellets on New Zealand beaches. *Mar.Poll.Bull.* 8(4):82-84.
- Gregory, M.R. 1978. Accumulation and distribution of virgin plastic granules on New Zealand Beaches. *N.Z.J.mar.Freshw.Res.* 12:399-414.
- Hays, H. & Cormons, G. 1974. Plastic particles found in tern pellets, on coastal beaches and at factory sites. *Mar.Poll.Bull.* 5(3):44-46.
- Kartar, S., Milne, R.A. & Sainsbury, M. 1973. Polystyrene waste in the Severn Estuary. *Mar.Poll.Bull.* 4(9):144.
- Kenyon, K.W. & Kridler, E. 1969. Laysan Albatrosses swallow indigestible matter. *Auk* 86:339-343.
- King, W.B., Brown, R.G.B. & Sanger, G.A. 1979. Mortality to Marine Birds through commercial fishing. In: Conservation of marine birds of Northern North America (J.C.Bartonek & D.N.Nettleship, eds.), *Wildl.Res.Rep.no.11.*, Fish & Wildlife Service, Washington D.C.
- Morris, A.W. & Hamilton, E.I. 1974. Polystyrene spherules in the Bristol Channel. *Mar.Poll.Bull.* 5(2):26-27.
- Morris, R.J. 1980a. Floating plastic debris in the Mediterranean. *Mar.Poll.Bull.* 11(5):125.
- Morris, R.J. 1980b. Plastic debris in the surface waters of the South Atlantic. *Mar.Poll.Bull.* 11(6):164-166.
- Nassauer, G. 1981. Untersuchungen zur Müllbelastung von Stränden der deutschen Nordseeküste. *Seevögel Bd. 2, Heft 3*:53-57.
- Ohlendorf, H.M., Risebrough, R.W. & Vermeer, K. 1978. Exposure of marine birds to environmental pollutants. *Wildl.Res.Rep.no.9*:1-40, Fish & Wildlife Service, Washington D.C.
- Parslow, J.L.F. & Jefferies, D.J. 1972. Elastic thread pollution of puffins. *Mar.Poll.Bull.* 3(3):43-45.
- Pettit, T.N., Grant, G.S. & Whittow, G.C. 1981. Ingestion of plastics by Laysan Albatross. *Auk* 98:839-841.
- Read, S.M. 1981. Wreck of Kerguelen and Blue Petrels. *Notornis* 28(4):239-240.
- Reineking, B. & Vauk, G. 1982. Seevögel - Opfer der Ölpest. *Jordsandbuch nr.2.*, Ver.Jordsand zum Schutz der Seevögel e.V., Otterndorf.

- Rothstein, S.I. 1973. Plastic particle pollution of the surface of the Atlantic Ocean: evidence from a seabird. Condor 75(3):344-345.
- Scott, G. 1972. Plastics packaging and coastal pollution. Int.J.envir.Stud. 3:35-36.
- Shaugnessy, P.D. 1980. Entanglement of Cape Fur Seals with man-made objects. Mar.Poll.Bull. 11(11):332-336.
- Shaw, D.G. 1977. Pelagic tar and plastic in the Gulf of Alaska and Bering Sea. Sci.Total Environ. 8:13-20.
- Shiber, J.G. 1979. Plastic pellets on the coast of Lebanon. Mar.Poll.Bull. 10(1):28.
- Shiber, J.G. 1982. Plastic pellets on Spain's 'Costa del Sol' Beaches. Mar.Poll.Bull. 13(12):409-412.
- Tull, C.E., Germain, P. & May, A.W. 1972. Mortality of thick-billed murrelets in the West Greenland Salmon Fishery. Nature 237(5349):42-44.
- Waldichuk, M. 1978. Plastics and Seals. Mar.Poll.Bull. 9:197.
- Wehle, D.H.S. 1982. Food of adult and subadult Tufted and Horned Puffins. The Murrelet 63:51-58.
- Wong, C.S., Green, D.R. & Cretney, W.J. 1974. Quantitative tar and plastic waste distribution in the Pacific Ocean. Nature 247:30-32.

J.A. van Franeker 1983
 p/a Instituut voor Taxonomische
 Zoölogie, Universiteit van
 Amsterdam
 Afdeling Vogels
 postbus 20125, 1000 HC Amsterdam