

Zagrożenia jakie stwarzają plastiki i mikroplastiki dla ptaków morskich



Jakub Typiak

*Stacja Ornitologiczna Muzeum i Instytutu Zoologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Nadwiślańska 108, 80-680
Gdańsk*

Wstęp

Wpływ zanieczyszczeń na ptaki morskie większości z nas kojarzy się z wielkimi wyciekami ropy naftowej. Każdy dobrze zna smutny widok bezradnych ptaków całkowicie oblepionych czarną mazią. Taki obraz to pierwsza rzecz jaka przychodzi nam na myśl gdy usłyszymy słowa „katastrofa ekologiczna”. Tego typu zdarzenia są jednak stosunkowo lokalne, nawet jeśli zaistnieją na wielu tysiącach kilometrów kwadratowych morza. Najczęściej są to wycieki ropy bardzo odległe od naszego miejsca zamieszkania. Zdarzenia, które nas bezpośrednio nie dotyczą. Mało kto zdaje sobie sprawę z tego, że w naszych morzach i oceanach jest zanieczyszczenie, które już teraz objęło całą naszą planetę. Jest trudne do zauważenia, nie zostawia czarnych plam, nie posiada zapachu, a przy tym zbiera coraz większe śmiertelne żniwo pośród istot zamieszkujących morza i oceany. Tym zanieczyszczeniem są plastiki. Począwszy od opakowań i sznurów, które zadają śmiertelne rany po ledwie widoczne gołym okiem kuleczki, które w przeogromnej liczbie zadają śmierć ptakom, rybom i ssakom morskim od środka. Jest to zanieczyszczenie, które w ciągu najbliższych dziesięcioleci może dosłownie zabić oceany. Zanieczyszczenie, na które w jakimś stopniu wpływ ma każdy z nas.

Niniejsze opracowanie ma na celu przybliżenie czytelnikowi aktualnego stanu wiedzy na temat pochodzenia zanieczyszczeń plastikami w morzach i oceanach oraz ich bardzo negatywnego wpływu na ptaki morskie wraz z odniesieniem do ptaków morskich występujących na Polskich wodach Morza Bałtyckiego.

Plastiki

Plastiki to potoczne określenie tworzyw sztucznych, wytworzonych z polimerów syntetycznych lub odpowiednio zmodyfikowanych polimerów pochodzenia naturalnego. Pierwsze plastiki wyprodukowano już na początku dwudziestego wieku, natomiast od lat pięćdziesiątych ubiegłego stulecia możemy mówić o masowym wykorzystaniu tych substancji w przemyśle, jak i w życiu codziennym. W roku 2013 światowa produkcja plastiku osiągnęła poziom 299 milionów ton rocznie i wykazuje ciągły wzrost, który w porównaniu z rokiem 2012 wyniósł 3,9 %¹. Za przemysłowy sukces plastików odpowiada łatwość ich obróbki, niska cena oraz trwałość. Ta ostatnia cecha stanowi zarazem poważny problem, zwłaszcza kiedy mówimy o przedmiotach, które po wykorzystaniu przestają być potrzebne. Rozkład plastików trwa od 100 do 1000 lat, w zależności od tego z jakim typem plastiku mamy do czynienia². Powoduje to stały wzrost ilości odpadów plastikowych, co nie może pozostawać bez wpływu na środowisko naturalne.

O ile problem „zaśmiecania” plastikami środowiska lądowego jest łatwo dostrzegalny i oczywisty, o tyle zanieczyszczenie plastikami środowisk morskich czy oceanicznych, jak i wpływ tego zanieczyszczenia na organizmy żywe, jest jeszcze sprawą mało rozpoznaną pod względem naukowym. Jeszcze gorzej wygląda sprawa świadomości społecznej w odniesieniu do tego zagadnienia.

Plastiki zanieczyszczające środowisko wodne można podzielić ze względu na ich pochodzenie oraz wielkość. Wyróżnia się odpady plastikowe, mikroplastiki czyli fragmenty tworzyw sztucznych mniejsze niż 5 mm oraz nanoplastiki czyli fragmenty plastiku mogące przenikać do komórek.

Uważa się, że głównym źródłem największych fragmentów plastikowych odpadów są statki, zarówno rybackie, jak i transportowe. W roku 1975 światowa flota rybacka wyrzuciła do morza 135 000 ton sprzętu związanego z połowem ryb oraz 23 600 ton syntetycznego materiału pakowego³. Oszacowano, że na całym świecie, w ciągu zaledwie jednego dnia, z floty transportowej trafia do morza aż 639 000 plastikowych skrzyń⁴.

Kolejnym istotnym źródłem plastiku w morzach i oceanach są plaże oraz nadmorskie tereny silnie zurbanizowane. Tu plastikowe odpady pochodzą od plażowiczów lub mieszkańców.

Ptaki morskie

Ptakami morskimi powszechnie określa się te gatunki, które adaptowały się do życia w środowisku morskim. W obrębie tej grupy występuje wiele rzędów i rodzin ptaków bardzo zróżnicowanych pod względem strategii zdobywania pokarmu, strategii rozrodczej czy zachowań. Cechą wspólną dla większości gatunków ptaków morskich jest długowieczność w porównaniu z gatunkami lądowymi. Często są to gatunki gniazdujące kolonijnie, wychowujące niedużą liczbę potomstwa, przy czym u wielu z nich mamy do czynienia z długotrwałą opieką rodzicielską (np. nurzyki czy rybitwy).

Tak jak w przypadku wszystkich organizmów żywych, istnienie poszczególnych gatunków ptaków morskich zależy od dostępności odpowiedniego środowiska do życia. Na środowisko to składają się: tereny lęgowe, żerowiskowe, obszary zimowania czy też miejsca odpoczynku i żerowania na trasie migracji. Silna ingerencja w którekolwiek z tych miejsc może nieść negatywne skutki dla całej populacji danego gatunku. Do najbardziej niebezpiecznych ingerencji w środowisko życia ptaków morskich można zaliczyć: nadmierne eksploatowanie łowisk, zanieczyszczenie odpadami, zanieczyszczenie substancjami chemicznymi, rozprzestrzenienie obcych gatunków inwazyjnych czy globalne zmiany klimatu^{3,5}.

Wpływ plastików na ptaki morskie

Wyróżnia się dwa główne typy negatywnego oddziaływania odpadów plastikowych na ptaki. Pierwszy to zaplątania w różnego rodzaju opakowania, linki syntetyczne czy sieci rybackie. Drugim oddziaływaniem jest zjadanie przez ptaki fragmentów tworzyw sztucznych.

Następstwem zaplątania w różnego rodzaju fragmenty sznurków, żyłek czy taśm foliowych są okaleczenia ciała mogące skutkować utratą kończyn, niezdolnością do lotu, a w konsekwencji mogące powodować śmierć. W przypadku zaplątania w sieć rybacką najczęściej dochodzi do utonięcia ptaka, który pod wodą nie jest w stanie się wyswobodzić. W przypadku sieci, których części pływają po powierzchni wody (pławnice), śmierć może nastąpić także z głodu lub z wycieńczenia.

Na przełomie lat 1998 i 1999, na polskim wybrzeżu Bałtyku prowadzono monitoring śmiertelności ptaków wodnych. W ramach badań na krajowych plażach zebrano 939 martwych osobników ptaków, należących do 28 gatunków. Obliczono, że 51 % znalezionych ptaków zginęło na skutek zaplątania w sieci rybackie⁶.

Do najgroźniejszych dla ptaków sieci należą tak zwane sieci widma (z angielskiego sieci duchy). Są to sieci, które zostały nieumyślnie zgubione przez rybaków, na przykład w czasie sztormu. Sieci tego typu mogą przez wiele tygodni, a nawet miesięcy, dryfować nie tracąc swoich właściwości łownych, co czyni je skrajnie niebezpiecznymi zarówno dla ptaków, jak i innych stworzeń morskich. Przykładem może być sieć widmo znaleziona w pobliżu Aleutów w roku 1978. Mierzyła ona około 1,5 km długości. Znalaziono w niej 99 martwych ptaków morskich oraz 200 martwych łososi⁷.

Kolejnym negatywnym oddziaływaniem zanieczyszczenia plastikami jest zjadanie przez ptaki fragmentów plastiku. Dochodzi do tego na skutek pomylenia odpadu z naturalnym pokarmem. Plastik, który znajdzie się w przewodzie pokarmowym ptaka może oddziaływać na jego organizm w różny sposób. Po pierwsze może doprowadzać do uszkodzeń mechanicznych układu pokarmowego, tj. może wypełniać przestrzeń w żołądku, często powodując nekrozy czy też doprowadzić do zablokowania światła przewodu pokarmowego, czego konsekwencją jest śmierć ptaka⁵. Najbardziej narażonymi są gatunki ptaków, które nie potrafią zwracać niestrawionych resztek pokarmu w postaci wypluwek, np. ptaki rurkonose. Ciekawy jest przykład albatrosa ciemnonicego *Phoebastria immutabilis*, który zwracając pokarm przyniesiony pisklętom wraz z nim potrafi przekazać im fragmenty plastików. Badania wykazały, że 90 % badanych piskląt miało w górnej części przewodu pokarmowego fragmenty plastiku⁸.

Wpływ odpadów plastikowych na ptaki badał Ryan (1988). Przeprowadził on na kurczakach zaskakujący eksperyment, podczas którego do pokarmu kurcząt dodawał fragmenty polietylenu. Okazało się, że plastik zalega ptakom w żołądkach, przez co skutecznie zmniejsza objętość tego narządu. Następstwem tego było wyraźne zmniejszenie ilości pobieranego pokarmu. Na podstawie eksperymentu autor wysnuł tezę, iż ptaki morskie, które w swoich żołądkach mają większe kawałki plastikowych odpadów, będą zmniejszały ilość pobieranego przez siebie pokarmu. Konsekwencją takiego zachowania będzie znaczne obniżenie zdolności odkładania zapasów tłuszczowych oraz spadek masy ciała⁹.

Pierwszych dowodów potwierdzających te założenia na ptakach morskich dostarczył Spear wraz ze współautorami w roku 1995. Badacze stwierdzili wyraźną korelację pomiędzy spadkiem masy ciała i wzrostem liczby fragmentów plastiku w żołądkach ptaków morskich, żyjących na Pacyfiku¹⁰. W tym miejscu warto dodać, że dla wielu wędrownych gatunków ptaków morskich możliwość gromadzenia zapasów tłuszczowych jest kluczowa w czasie migracji. Jeśli dochodzi do obniżenia zdolności akumulacji tłuszczu, to migracja może być

opóźniona. Opóźnienie migracji może z kolei wpływać na spóźnienie lub wręcz niepodjęcie lęgów.

Innym negatywnym oddziaływaniem zjedzonych przez paki plastików jest blokowanie przewodu pokarmowego. Może dochodzić do blokady odźwiernika czy też obumierania żołądka. W przypadku obecności jednego z takich zdarzeń ptaki padają z głodu, gdyż występuje u nich zmniejszenie łaknienia.

Na polskim wybrzeżu nie gniazdują obecnie żadne gatunki ptaków rurkonosych czy pelikanowych, które wydają się być najbardziej narażone na przenikanie plastiku do przewodu pokarmowego. Obserwacje na naszym wybrzeżu takich ptaków jak fulmar *Fulmarus glacialis*, głuptak *Morus bassanus* czy wydrzyki *Stercorariidae* są notowane stosunkowo rzadko. Niemniej morze Bałtyckie stanowi bardzo ważne miejsce lęgu, żerowania, a także zimowania wielu gatunków ptaków morskich. Należą do nich między innymi kaczki morskie. Dla lodówki *Clangula hyemalis* Bałtyk jest najważniejszym miejscem zimowania. Do największych zagrożeń dla tego gatunku na zimowiskach należą zanieczyszczenia substancjami ropopochodnymi oraz utonięcia w sieciach rybackich. Obecnie liczba zimujących na Bałtyku lodówek jest szacowana na około 1,5 miliona osobników. Wydaje się, że to dużo, jednakże jeszcze na początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia liczbę zimujących lodówek na Bałtyku szacowano na około 4,2 miliony osobników¹¹. W przypadku kaczek morskich brak jest doniesień o tym, że ptaki te mogą zjadać plastik. Warto tu dodać, że jak dotąd niewiele badań było ukierunkowanych na analizę w/w zjawiska u tej grupy ptaków.

W roku 2015 Chris Wilcox, wraz ze współpracownikami, przedstawił statystyczny model ryzyka spożywania plastiku dla 186 gatunków ptaków morskich. W tym celu wykorzystał wszelką dostępną wiedzę literaturową dotyczącą ptaków morskich, u których stwierdzono spożywanie plastiku, jak i wiedzę dotyczącą strategii zdobywania pokarmu i mas ciała gatunków, co do których brakuje informacji dotyczących spożycia plastiku. Dzięki tym badaniom udało się stworzyć listę gatunków szczególnie narażonych na spożywanie plastiku. Lista ta jest ograniczona do kilku rzędów ptaków. Z powodu niewystarczającej ilości materiałów nie udało się uwzględnić kaczek czy dużej części ptaków żyjących na wybrzeżu. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że przy zachowaniu dotychczasowego wzrostu produkcji plastiku, do roku 2050 problem ze spożytym plastikiem wystąpi u wszystkich gatunków ptaków morskich, przy czym plastik będzie się znajdował w przewodach pokarmowych 95 % osobników.

Na liście gatunków szczególnie narażonych na spożywanie plastiku znalazły się dwa gatunki, które zimują na polskich wodach Morza Bałtyckiego. Są to alka *Alca torda* i nurnik *Cephus grylle*.

Przy rozważaniu zanieczyszczenia plastikami i ich wpływu na ptaki morskie trzeba uwzględnić fakt, że w przypadku tej grupy ptaków często mamy do czynienia z gatunkami wędrownymi. Trasy migracji wielu gatunków liczą niekiedy tysiące kilometrów. Podczas wędrówki ptaki często zatrzymują się by odpocząć i żerować. Każdy tego typu przystanek naraża je na kontakt z plastikiem. Bardzo często zdarza się, że ofiarę plastiku znajdujemy bardzo daleko od miejsca, w którym spożyła plastik. To wskazuje na globalny zasięg tego zanieczyszczenia, tym bardziej że plastikowe odpady mogą się po morzu przemieszczać pchane wiatrem oraz prądami morskimi na duże odległości. Stąd bardzo ważne jest by

ograniczać emisje plastiku do każdego światowego morza, zgodnie z zasadą „myśląc globalnie działaj lokalnie”.

Mikroplastiki i plastisfera

Nie tylko duże fragmenty plastiku wpływają na zdrowie i życie ptaków, oddziałują na nie również tzw. mikroplastiki. Mikroplastiki są to drobne fragmenty plastiku, według większości źródeł mniejsze niż 5 mm, choć większość występujących w wodach drobinek mikroplastiku ma średnicę poniżej 1 mm¹². Cząstki te mogą powstawać intencjonalnie jako składnik peelingów do twarzy lub ciała, past do zębów, środków czyszczących, jako wektor dla substancji leczniczych, jak i składnik past czy roztworów ściernych usuwających farbę lub rdzę z powierzchni metalowych. Mogą one także być uwalniane do wody z produktów wykonanych z tworzyw sztucznych, np. lin okrętowych lub podczas prania ubrań z tkanin syntetycznych. Przypuszcza się jednakże, że największa część mikroplastiku obecnego w wodach morskich pochodzi z rozpadu większych fragmentów plastiku, np. butelek, toreb, żyłek wędkarskich czy sieci rybackich, w wyniku oddziaływania na nie promieni UV, ścierania lub rozkładu przez drobnoustroje^{12,13}. Zgodnie z aktualną wiedzą 80 % cząstek mikroplastików obecnych w wodach morskich ma pochodzenie lądowe, podczas gdy jedynie 20 % z nich uwalniana jest ze statków. Mikroplastiki i plastiki, z których te pierwsze również powstają, transportowane są z lądu poprzez wiatr, wody opadowe, ciekły wodny czy kanalizację do mórz i oceanów. Cząstki mikroplastiku są tak małe, że nie zatrzymują się na powierzchni filtrów w oczyszczalniach ścieków, przez co razem z wodą z oczyszczalni trafiają do środowiska¹². Globalne ocieplenie klimatu również przyczynia się do zwiększenia stężenia mikroplastiku w wodach oceanicznych. Zakumulowany w lodach Arktyki i Antarktyki mikroplastik uwalniany jest w wyniku ich topnienia¹⁴. Jako liczba fragmentów plastiku, większość cząstek plastiku zanieczyszczającego wody morskie i oceaniczne to mikroplastik¹⁴. Zgodnie z badaniami, opublikowanymi przez Duńską Agencję Ochrony Środowiska (The Danish Environmental Protection Agency), emisja mikroplastiku do środowiska w samej Danii szacowana jest na 5500 do 13900 ton rocznie. Przy czym mikroplastik tzw. pierwotny, tj. wytworzony przez człowieka już jako mikroplastik stanowi w Danii 460-1670 ton rocznie, natomiast mikroplastik powstający wtórnie, z większych fragmentów tworzyw sztucznych, 5000-12200 ton rocznie¹⁵.

Około połowa drobinek plastiku unosi się na powierzchni wody oraz blisko jej lustra, w toni wodnej. Natomiast druga połowa z nich ulega sedymentacji, stając się częścią osadu dennego¹⁶. Zarówno drobinki unoszące się w toni wodnej, jak i te wchodzące w skład osadu dennego mogą zostać wchłonięte przez organizmy żywe. Stwierdzono, że drobinki mikroplastiku pochłaniane są przez fito- i zooplankton, bezkręgowce wodne i żyjące w strefie przybrzeżnej, w tym larwy szkarłupni, piaskówkę *Arenicola marina*, omułka jadalnego *Mytilus edulis*, wiele stawonogów, np. kraba brzegowego *Carcinus maenas*, jak i ryby oraz bezpośrednio lub pośrednio, jako ogniwa końcowe w łańcuchu troficznym, także przez ptaki^{12,14,17,18}. Drobinki plastiku mogą wnikać do organizmów zwierząt przez układ pokarmowy, ale także oddechowy^{17,18}. Wykazano, że niektóre ryby denne, wcześniej nieselektywne pod względem wyboru pokarmu, w zetknięciu z mikroplastikami mogą preferować ich spożycie¹⁹. Zwierzęta mogą mylić okrągłe cząstki mikroplastiku, np. te pochodzące z kosmetyków, z ikrą ryb i je połykać²⁰. Tworzywa sztuczne nie są wydalane

z organizmu zwierzęcia tak szybko jak materia organiczna. Podczas gdy wydalanie resztek pokarmu organicznego z organizmu trwa ok. dwóch dni, cząstki mikroplastiku mogą zalegać w układzie pokarmowym zwierzęcia 14 dni lub dłużej¹⁷. Może to powodować uczucie ciągłego nasycenia, zmniejszenie pojemności żołądka, jak i fizyczną blokadę układu pokarmowego, prowadzące do zagłodzenia. W badaniach przeprowadzonych na kurach domowych *Gallus domesticus* stwierdzono, że w/w efekty spożywania cząstek mikroplastiku prowadzą u ptaków do zmniejszenia łaknienia, obniżenia poziomu hormonów steroidowych, blokowania wydzielania enzymów trawiennych oraz do opóźnienia cyklu owulacyjnego skutkującego zmniejszeniem reprodukcyjności ptaków^{12,21}. Co więcej badania przeprowadzone na fulmarach *Fulmarus glacialis*, dziko żyjących u wybrzeży Norwegii, wykazały spadek zawartości lipidów w tkance mięśniowej ptaków, w których ciałach stwierdzono średnią lub wysoką zawartość drobinek mikroplastiku, w porównaniu do ptaków wolnych od cząstek tworzyw sztucznych¹⁴. Zagłodzenie ptaków z powodu wchłaniania mikroplastików może być również pośrednie, to znaczy wynikać nie z bezpośredniej ich konsumpcji, a ze spożywania drobin plastiku zawartych w organizmach spożywanych przez ptaki, np. w piaskówce. Piaskówka jest pierścienicą podobną do dżdżownicy, osiągającą długość 20-40 cm. Żyje ona w strefie przybrzeżnej Morza Bałtyckiego i Morza Północnego, w U-kształtnych norkach w piasku, skąd może być wyciągana i zjadana, np. przez ptaki siewkowe *Charadriiformes*. Podczas badań przeprowadzonych na tej pierścienicy stwierdzono, że piaskówki tracą na masie w efekcie pobierania cząstek plastiku²². Ponadto drobinny plastik o wielkości rzędu nanometrów mogą być wchłaniane przez komórki, powodując zaburzenie ich funkcji w wyniku chemicznego oddziaływania¹². Cząstki mikroplastiku mogą być także w organizmie izolowane od otaczających tkanek, w wyniku czego tworzą się otorbienia. Struktury takie mogą zaburzać funkcjonowanie narządów wewnętrznych organizmu¹⁷.

Co więcej, ze względu na przewlekłą obecność drobin tworzyw sztucznych w układzie pokarmowym organizmu, substancje chemiczne je tworzące wydzielają się do otaczających tkanek. Mikrogranulki pochodzące z kosmetyków zbudowane są przeważnie z polietylenu, jednak mogą również składać się z polipropylenu, poli(tereftalanu etylenu) oraz nylonu²³. W teorii plastiki są tworzywami o wysokiej obojętności chemicznej i biologicznej. Jednakże, według coraz liczniejszych doniesień, z tworzyw sztucznych mogą uwalniać się związki szkodliwe dla organizmów żywych, np. rakotwórcze pochodne benzenu lub bisfenol A, powodujący zaburzenia neurologiczne i hormonalne. Plastik zawiera również wiele szkodliwych ftalanów, dodawanych do niego jako substancje zmiękczone, ułatwiające przenikanie kremów w głąb skóry lub utrzymujące aromat kosmetyku. Ftalany mogą powodować zaburzenia hormonalne, zmniejszenie płodności oraz powstawanie zmian nowotworowych²⁴.

Nie tylko substancje, z których wykonane są polimery tworzyw sztucznych mogą być szkodliwe dla organizmów żywych, w tym ptaków. Drobinki mikroplastiku, powstałe z większych fragmentów, mają większą powierzchnię niż pierwotny fragment plastiku, z którego powstały. Podwyższa to możliwość absorpcji różnorodnych substancji oraz organizmów na powierzchni tej, rozdrobnionej formy tworzywa sztucznego¹². W związku z tym, że część obecnych w wodach mikrogranulek pochodzi z preparatów do ścierania farb i rdzy z elementów metalowych, mogą być na nich osadzone metale ciężkie. Na cząstkach mikroplastiku stwierdzane są m.in. kadm, chrom lub ołów²⁵. Kadm cechuje łatwe wchłanianie

do organizmów żywych i bioakumulacja. Niepokojący jest fakt, że młode osobniki zwierząt wykazują większą zdolność jego przyswajania niż osobniki starsze, co może wpływać na ich rozwój i zdolność do reprodukcji. Ostre zatrucie kadmem może objawiać się podwyższeniem temperatury ciała, spłyceniem oddechu i ogólnym osłabieniem. U zatrutego osobnika może wystąpić także niewydolność oddechowa, prowadząca często do zgonu. Natomiast przewlekłe zatrucie kadmem może przez dłuższy okres (nawet do roku) przebiegać bezobjawowo, po czym może objawiać się brakiem łaknienia i ogólnym osłabieniem organizmu. Uszkodzeniu ulegają narządy i układy, przez które zachodzi transport tego metalu oraz w których zachodzi jego największa akumulacja, tj. jelita, układ krwionośny, wątroba, nerki, układ kostny i układ rozrodczy. Zatrucie kadmem może prowadzić do odwapnienia i deformacji kości (poprzez zaburzenie wchłaniania wapnia), niedokrwistości czy niepłodności. Może być również przyczyną powstawania zmian nowotworowych, będących skutkiem procesu zapalnego wywołanego przez toksyczne właściwości kadmu oraz jego antagonistycznego działania wobec wchłaniania lub transportu innych jonów, przede wszystkim cynku, niezbędnego do funkcjonowania enzymu odpowiedzialnego za wbudowywanie tyminy do DNA²⁶. Wpływ kadmu na ptaki może być także pośredni, jako że są one często końcowym ogniwem łańcucha troficznego. W komórkach roślinnych, w tym w komórkach fitoplanktonu, kadm powoduje m.in. zaburzenia fotosyntezy, przemiany związków azotowych, zmianę przepuszczalności błon komórkowych czy zaburzenia struktury DNA²⁷. Podobne działanie na komórki roślinne wykazuje nadmiar jonów ołowiu. Może to skutkować zaburzeniem ekosystemu morskiego, które nie pozostanie bez wpływu również na ptaki. Na ptaki może także bezpośrednio toksycznie oddziaływać ołów osadzony na drobinkach plastiku. Pierwiastek ten oraz jego sole powodują przewlekłe zatrucia organizmu, wpływając negatywnie przede wszystkim na układ nerwowy oraz układ pokarmowy, który ulega uszkodzeniu również przy zwiększonym kontakcie z chromem. U osobników przechodzących ołowicę mogą pojawić się: porażenie mięśni, zaburzenia neurologiczne, zaburzenia w funkcjonowaniu układu oddechowego, krwionośnego, sercowo-naczyniowego, nerek czy wątroby, zaburzenia funkcji rozrodczych oraz deformacja kości²⁷. W związku z tym toksyczne działanie kadmu, chromu i ołowiu na wybrane narządy i układy organizmu kumuluje się, prowadząc do ich większego wyniszczenia.

Na cząstkach mikroplastiku mogą osadzać się i ulegać koncentracji także toksyczne związki organiczne. Stwierdzono, że substancje te mogą występować na mikroplastikach nawet w większych stężeniach niż w osadzie dennym¹². Substancjami tymi są m.in. nonylofenol oraz hydrofobowe organiczne zanieczyszczenia lub trwałe zanieczyszczenia organiczne, takie jak dioksyny, polichlorowane bifenyle, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, np. fenantren, jak również pestycydy chloroorganiczne, np. dichlorodifenylotrichloroetan (DDT) i dichlorodifenylodichloroetylen¹². Szkodliwe działanie DDT stwierdzono przede wszystkim w odniesieniu do drastycznego zmniejszenia populacji drapieżnych ptaków lądowych w wyniku indukcji przez tą substancję zaburzeń w ich gospodarce wapniowej. Co więcej, wykazano że nonylofenol indukuje uszkodzenia materiału genetycznego limfocytów szpiku kostnego oraz komórek śledziony i płuc, jak również wpływa na układ hormonalny, w tym zdolności rozrodcze zwierząt^{28,29}. Natomiast dioksyny mają działanie rakotwórcze, podobnie jak odkładające się w tkance tłuszczowej zwierząt polichlorowane bifenyle. Niepokojący jest fakt, że im dłużej dany fragment plastiku przebywa w zanieczyszczonym środowisku wodnym, tym większa staje się jego zdolność do akumulacji substancji szkodliwych. Wykazano, że mikroplastiki które noszą ślady „pożółknięcia” w wyniku postępującego w czasie utleniania

fenolowych dodatków do tworzyw sztucznych, zawierają większe stężenie polichlorowanych bifenyli na swojej powierzchni¹². Dowiedziono również, że mikroplastiki mogą pełnić rolę medium w procesie przenoszenia zanieczyszczeń nieorganicznych i organicznych do organizmów żywych. Badania, przeprowadzone na wyżej wspomnianej piaskówce, wykazały że pierścienice umieszczone w osadzie zawierającym 5 % stężenie mikroplastików z zanieczyszczeniami organicznymi (m.in. nonylofenolem), po kilku dniach trwania eksperymentu zakumulowały w tkankach większe stężenie szkodliwych substancji niż ich zawartość w otaczającym zwierzę osadzie^{12,22}. W ciągu łańcucha troficznego zanieczyszczenia te mogą być wchłaniane przez ptaki wodno-błotne i akumulowane w ich tkankach.

Nie tylko substancje nieorganiczne i organiczne, ale również całe organizmy żywe mogą osadzać się na powierzchni mikrogranulek plastiku. Zespół organizmów zasiedlających powierzchnię, unoszących się w toni wodnej, tworzyw sztucznych określono terminem „plastisfera”. Powierzchnię mikroplastiku pokrywa fitoplankton, w tym glony, zasiedlają ją również bakterie, grzyby, okrzemki i bezkręgowce. Spośród różnych gatunków bakterii, będących częścią plastisfery, część ma zdolność rozkładania plastiku. Wykazano ponadto, że w plastisferze znajdują się bakterie chorobotwórcze, głównie z rodzaju *Vibrio*, mogące powodować m.in. zatrucia pokarmowe³⁰. Również algi osadzające się na powierzchni plastiku mogą przenosić się na duże odległości i powodować toksyczne zakwity, skutkujące lokalnym zatruciem środowiska wodnego, które może czasowo zmuszać ptaki wodne do przeniesienia się w inne, nieskażone miejsca³¹.

Przytwierdzanie się organizmów żywych, w tym w/w alg, do cząstek mikroplastiku wpływa na przenoszenie się poszczególnych taksonów na dalsze odległości, niż by to było możliwe bez udziału tak trwałego nośnika. Skutkuje to zmianami w składzie gatunkowym organizmów wodnych, jak również może powodować zaburzenie równowagi ekosystemowej⁵. Jako przykład może tu służyć zwiększenie się, dzięki dryfowaniu cząstek plastiku, powierzchni dostępnej dla bezkręgowca *Halobates sericeus* do składania jaj. W wyniku wzrostu zanieczyszczenia wód mikroplastikiem, populacja tego gatunku znacznie wzrosła, a jego obszar występowania powiększył się. Jaja tego owada, jak i on sam, zjadane są chętnie przez kolejne ogniwa łańcucha pokarmowego, np. kraby i ryby³². Mogą one pochłaniać jaja owada razem z materiałem, do którego są przytwierdzone, tj. drobinami mikroplastiku, który następnie może być konsumowany razem z krabami lub rybami przez ptaki wodne. Co więcej spożywanie zwiększonej liczby jaj i osobników *Halobates sericeus* przez organizmy morskie powoduje zaburzenie wymiany energii pomiędzy plastisferą a tonią wodną³².

Przez cząstki mikroplastiku, które opadną na dno zbiornika, zaburzona może zostać także wymiana gazowa pomiędzy osadami a tonią wodną. Natomiast unoszące się w niej drobinki tworzyw sztucznych mogą być absorbowane przez komórki roślinne, w tym fitoplankton i zaburzać przeprowadzaną przez nie fotosyntezę. Również to zjawisko może oddziaływać na dostępność tlenu dla organizmów wodnych, nie pozostając bez wpływu na bazę pokarmową ptaków morskich.

Wszystkie opisane wyżej zjawiska przekładają się na zdrowie i życie ptaków morskich, mogąc prowadzić do spadku liczebności ich populacji. W związku z brakiem możliwości wyeliminowania ze środowiska istniejących już w nim fragmentów plastiku, należy podjąć wszelkie możliwe działania by przeciwdziałać dalszemu zanieczyszczaniu środowiska tymi

polimerami. Skala zanieczyszczenia organizmów ptaków przekracza założone normy. Ptaki wodne, które są długowiecznymi zwierzętami mięsożernymi, wskazano jako wrażliwe wskaźniki zdrowia i kondycji ekosystemu morskiego. Z uwagi na prowadzenie życia w środowisku wodnym, oddalanie się od brzegu w głąb morza w poszukiwaniu pożywienia i spożywanie pokarmu znajdującego się przy powierzchni wody, jak również ze względu na wysoką długowieczność, fulmar *Fulmarus glacialis* został wskazany przez Konwencję Oslo-Paryż (OSPAR) jako gatunek indykatorowy dla zanieczyszczenia wód plastikami na terenie Północno-Wschodniego Atlantyku. Badania przeprowadzone na tym gatunku ptaka na wodach terytorialnych Norwegii wykazały, że w okresie 2005-2009 r. u 52 % osobników z monitorowanej populacji w żołądku występowały drobinki plastiku w ilości powyżej 0,1 g. Ocena poziomu ilości mikroplastiku w układzie pokarmowym fulmarów z innego obszaru norweskich wód morskich, opublikowana w roku 2014, stwierdziła że u 22,5 % przeanalizowanych osobników waga zgromadzonych w żołądku tworzyw sztucznych przekraczała wartość 0,1 g. Kolejne norweskie badania, opublikowane w 2016 roku, donoszą o przekroczeniu wartości 0,1 g plastiku w żołądkach fulmarów u 35 % z monitorowanych osobników. Podczas gdy, zgodnie z rekomendacjami OSPAR, dla osiągnięcia akceptowalnego poziomu jakości środowiska (ecological quality objective) mniej niż 10 % osobników z monitorowanej populacji fulmarów może mieć zgromadzone powyżej 0,1 g plastiku w żołądku¹⁴.

W celu zniwelowania dostarczania kolejnych ton mikroplastiku do środowiska wodnego, rządy niektórych państw wprowadziły zakaz ich używania w kosmetykach. Dotyczące tego zapisy prawne obowiązują w Kanadzie od 2015 r., natomiast w Stanach Zjednoczonych Ameryki będą obowiązywać od 1. lipca 2017 r.³³ Również Unia Europejska, za sprawą Dyrektywy 2008/56/EC - The European Marine Strategy Framework, wprowadziła ustalenia odnośnie zanieczyszczenia wód, w tym plastikiem oraz określiła wskaźniki dobrego stanu środowiskowego wód morskich. Komisja Europejska odniosła się do problemu zanieczyszczenia plastikiem także w tzw. „Zielonym Dokumentie” („Green paper on a European strategy on plastic waste in the environment”), w którym wskazuje sposoby na zmniejszenie ilości plastiku, który dostaje się do środowiska^{30,34}. Równoległe z nowym porządkiem prawnym, regulującym działanie podmiotów gospodarczych odnośnie plastików oraz wprowadzającym narodowe lub wspólnotowe strategie ograniczania emisji plastików do środowiska, zmianie powinny ulec również zachowania konsumentów. Każdy z nas może zadbać o to by ograniczyć własne zużycie tworzyw sztucznych, np. używając wielorazowych bawełnianych siatek na zakupy zamiast jednorazowych plastikowych reklamówek. Nie powinniśmy pozostawiać naszych śmieci, np. po pikniku czy wędkowaniu, na otwartym terenie, a zabierać je ze sobą w celu wrzucenia do odpowiedniego pojemnika. Karygodna jest także, kultywowana wciąż przez niektóre osoby, praktyka wyrzucania nadmiaru śmieci lub problematycznych odpadów do lasu, porzucania ich wzdłuż dróg lub przy brzegu zbiorników bądź cieków wodnych. Świadomy konsument powinien również zdawać sobie sprawę ze szkodliwości dla środowiska używania kosmetyków zawierających mikrogranulki z tworzyw sztucznych. Drobinki te są często widoczne gołym okiem, jednakże nieprzezroczyste opakowanie produktu uniemożliwia ich dostrzeżenie. Z pomocą konsumentowi pośpieszyły w tej kwestii dwie holenderskie organizacje (North Sea Foundation i Plastic Group Foundation), Organizacja Narodów Zjednoczonych oraz fundacja Fauna and Flora Foundation, które utworzyły aplikację na telefony komórkowe, umożliwiającą sprawdzenie czy dany

produkt zawiera mikroplastik. Aplikacja jest dostępna dla platform Windows Phone, iOS i Android w kilku językach. Jest ona dostępna pod następującym adresem: <http://get.beatthemicrobead.org/>. Korzystanie z aplikacji jest niezwykle łatwe. Należy zeskanować kod kreskowy testowanego produktu i zinterpretować znaczenie koloru, który został wyświetlony na ekranie telefonu. Wyświetlenie się koloru czerwonego oznacza, że produkt zawiera mikrogranulki plastiku. Kolor pomarańczowy oznacza, że produkt zawiera plastikowe mikrogranulki, lecz producent zobowiązał się do ich wyeliminowania w określonym czasie. Natomiast wyświetlenie się koloru zielonego jest najbardziej pożądanym zdarzeniem, oznaczającym że produkt jest wolny od mikroplastiku³⁵. Skutki jedynie niewielkiej modyfikacji przez każdego z nas swoich zachowań konsumenckich w odniesieniu do plastiku, mogą ogromnie wpłynąć na stan środowiska naturalnego, a w tym na zdrowie, życie i liczebność populacji ptaków oraz na nasze własne zdrowie.

Literatura

1. Plastics – the Facts 2014/2015. An analysis of European plastics production, demand and waste data. Dostęp pod adresem: <http://www.plasticseurope.org>. Dostęp z 14.08.2016.
2. Jak długo rozpadają się odpady? Dostęp pod adresem: <http://www.ekodolina.pl>. Dostęp z 13.08.2014.
3. Derraik J.G.B. The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 2002; 44: 842–852.
4. Horsman P.V. The amount of garbage pollution from merchant ships. *Marine Pollution Bulletin*, 1982; 13: 167–169.
5. Gregory M.R. Environmental implications of plastic debris in marine settings-entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B - Biological Sciences*, 2009; 364(1526): 2013-2025.
6. Meissner W., Staszewski A., Ziółkowski M. Śmiertelność ptaków wodnych na polskim wybrzeżu Bałtyku w sezonie 1998/1999. *Notatki Ornitologiczne*, 2001; 41(1): 56-62.
7. DeGange A.R., Newby T.C. Mortality of seabirds and fish in a lost salmon driftnet. *Marine Pollution Bulletin*, 1980; 1: 322–323.
8. Fry D.M., Fefer S.I., Sileo L. Ingestion of plastic debris by Laysan albatross and wedge-tailed shearwaters in the Hawaiian Islands. *Marine Pollution Bulletin*. 1987; 18: 339–343.
9. Ryan P.G. Effects of ingested plastic on seabird feeding: evidence from chickens. *Marine Pollution Bulletin*, 1988; 19: 125–128.
10. Spear L.B., Ainley D.G., Ribic C.A. Incidence of plastic in seabirds from the Tropical Pacific, 1984–91: relation with distribution of species, sex, age, season, year and body weight. *Marine Environmental Research*, 1995; 40: 123–146.
11. The IUCN Red List of Threatened Species. Dostęp pod adresem: <http://www.iucnredlist.org>. Dostęp z 14.08.2016.
12. Bogusz A., Cejner M. Mikroplastiki w środowisku wodnym - pochodzenie, akumulacja zanieczyszczeń oraz wpływ na organizmy wodne. w: Olszówka M., Maciąg K. (red.) *Nauka*

w służbie przyrodzie - wybrane zagadnienia. Fundacja na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL, 2015: 61-73.

13. Browne M., Bergmann M., Gutow L., Klages M. Sources and pathways of microplastics to habitats. Springer International Publishing, 2015: 229–244.
14. Herzke D., Anker-Nilssen T., Nøst T.H. i in. Negligible impact of ingested microplastics on tissue concentrations of persistent organic pollutants in Northern Fulmars off coastal Norway. *Environmental Science and Technology*, 2016; 50: 1924-1933.
15. Lassen C., Hansen S., Magnusson K. i in. Microplastics - occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark. The Danish Environmental Protection Agency, 2015.
16. Ogonowski M. Ecological and ecotoxicological effects of microplastics and associated contaminants on aquatic biota. AquaBiota Water Research, 2015. Dostęp pod adresem: <http://www.aquabiota.se/en/projects/ecological-ecotoxicological-effects-microplastics-associated-contaminants-aquatic-biota/>. Dostęp z 13.08.2016.
17. Akpan N. Microplastics Lodge in Crab Gills and Guts. *Science News*, 8. lipca 2014.
18. Thompson R.C., Olsen Y., Mitchell R.P. i in. Lost at sea: Where is all the plastic? *Science*, 2004; 304(5672): 838.
19. Wright S., Thompson R.C., Galloway T.S. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 2013; 178: 483-492.
20. LUSH Cosmetics North America. How plastic microbeads are causing big problems. Film edukacyjny dostępny pod adresem: <https://www.youtube.com/watch?v=Bic7QEVrNe4&index=214&list=WL>. Dostęp z 13.08.2016.
21. Ryan P.G. The effects of ingested plastic on seabirds: Correlations between plastic load and body condition. *Environmental Pollution*. 1987; 46(2): 119-125.
22. Besseling E., Wegner A., Foekema E.M. i in. Effects of microplastic on fitness and PCB bioaccumulation by the lugworm *Arenicola marina* (L.). *Environmental Science and Technology*, 2013; 47(1): 593-600.
23. International Campaign against Microbeads in Cosmetics “Beat the Microbead”. Dostęp pod adresem: <http://www.beatthemicrobead.org/en/>. Dostęp z 10.08.2016.
24. Lewkowicz-Siejka K. Ftalany i teflon. *Poznaj wroga - toksyczne substancje wokół nas*. Znaki Czasu, 2014; 6.
25. Matthew C. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 2011; 62: 2588–2597.
26. Czczot H., Majewska M. Kadm - zagrożenie i skutki zdrowotne. *Farmacja Polska*, 2010; 66(4): 243-250.
27. Ociepa-Kubicka A., Ociepa E. Toksyczne oddziaływanie metali ciężkich na rośliny, zwierzęta i ludzi. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 2012; 15(2): 169-180.\
28. Dobrzyńska M. Uszkodzenia DNA w komórkach somatycznych myszy narażanych na nonylofenol oraz na skojarzone działanie promieniowania jonizującego i nonylofenolu. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 2012; 63(4): 417-424.
29. Teuten E. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to

- wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B - Biological Sciences*, 2009; 364(1526): 2027–2045.
30. Wagner M., Scherer C., Alvarez-Muñoz D. i in. *Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know*. *Environmental Sciences Europe*, 2014; 26: 12.
31. Masó M., Garcés E., Pagès F. i in. *Drifting plastic debris as a potential vector for dispersing Harmful Algal Bloom (HAB) species*. *Scientia Marina*, 2003; 67(1): 107-111.
32. Goldstein M.C., Rosenberg M., Cheng L. *Increased oceanic microplastic debris enhances oviposition in an endemic pelagic insect*. *Biology Letters*, 2012; 8: 817-820.
33. Sadok I. Mikroplastik obecny w soli morskiej. Strona internetowa Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Dostęp pod adresem: <http://wiedza.alkahest.umcs.pl/mikroplastik-obecny-w-soli-morskiej> Dostęp z: 13.08.2016.
34. Komisja Europejska. Green paper on a European strategy on plastic waste in the environment. Bruksela, 7. marca 2013, COM(2013) 123 final. Dostęp pod adresem: http://www.ab.gov.tr/files/ardb/evt/greenpaper_march_2013.pdf. Dostęp z 13.08.2016.
35. Portal Stop Mikrogranulkom. Problem mikrogranulek w kosmetykach i w środowisku. Dostęp pod adresem: <http://stopmikrogranulkom.pl/78-mikrogranulki-z-tworzywa/97-problem-mikrogranulek-w-kosmetykach-i-w-%C5%9Brodowisku.html>. Dostęp z 14.08.2016.

Finansowanie:



Partnerstwo:



Współpraca:



Patronat:

