

Mariola Jastrzębska<sup>1</sup>,  
Wojciech Jurczak<sup>2</sup>

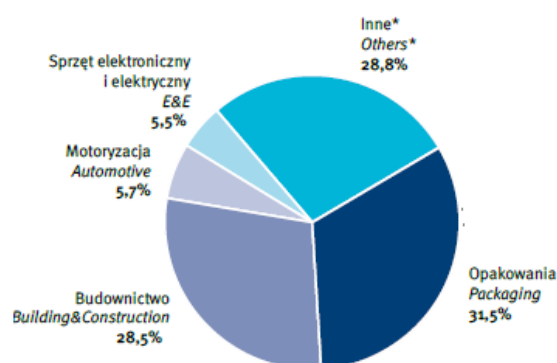
## Problem zaśmiecania środowiska morskiego

### Wstęp

Program Środowiskowy Organizacji Narodów Zjednoczonych (UNEP) nie podaje dokładnych danych ilości śmieci w środowisku wodnym. Mimo wymogów odbioru przez porty odpadów ze statków narzuconych przez dyrektywę 2000/59/EC i inne przepisy regulujące między zdającymi odpady to obserwuje się wciąż pływające w morzach śmieci, a szczególnie tworzywa sztuczne. Zainteresowanie Unii Europejskiej w rozwiązaniu problemu zaśmiecania środowiska morskiego przyczyniło się do zredagowania deklaracji, zawierającej listę określonych celów i działań przemysłu tworzyw sztucznych oraz do nawiązania współpracy w celu ograniczenia szkód w środowisku morskim ale to jeszcze nie przyniosło konkretnych działań. W pracy przedstawiono niektóre sposoby rozwiązania tego problemu.

### Plastikowe śmieci

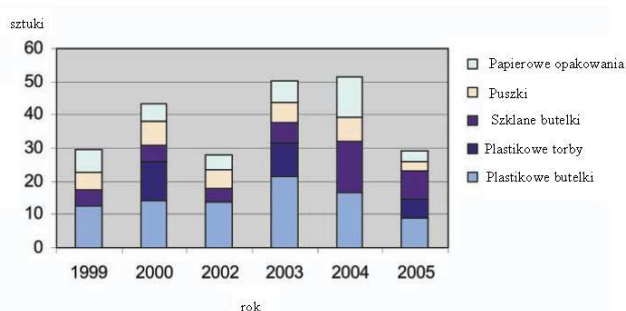
Tworzywa sztuczne ze względu na ich wyjątkowe właściwości, takie jak wytrzymałość w stosunku do małej masy, niska cena, znalazły szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach gospodarki (Rys.1).



**Rys. 1. Dziedziny zastosowań tworzyw sztucznych w Polsce w 2010 roku.**

Źródło: Przemysł tworzyw w Polsce 2011, <http://www.plasticseurope.pl/Document/przemys-tworzyw-w-polsce-2011.aspx?Page=DOCUMENT&FolID=2>

Niestety wraz z masową ich produkcją powstaje coraz więcej odpadów zarówno poprodukcyjnych jak i użytkowych i obserwuje się wzrost plastikowych śmieci w środowisku. Obecność tworzyw sztucznych w środowisku morskim była do tej pory ignorowana mimo, że stanowią one około 60-80% wszystkich śmieci pływających w wodach (Rys.2). Organizacje sprząające wybrzeże Morza Bałtyckiego donoszą, że w 2004 i 2005 roku zebrały od 2-328 kg (4-181 sztuk) śmieci na 500 m wybrzeża [2].



**Rys. 2. Różne typy śmieci znalezione na bałtyckich plażach, podana ilość sztuk na 500 m wybrzeża.**

Źródło: Jeftic L., Sheavly S., Adler E., *Marine Litter: A global challenge*, UNEP, 2009

Tworzywa sztuczne w środowisku morskim albo są przywiane przez wiatry z lądu, albo wraz z rzekami wpływają do niego, albo pochodzą z jednostek pływających oraz innych morskich konstrukcji. Również turyści pozostawiają po sobie śmieci na plażach. Ocenia się, że 80% zanieczyszczeń w środowisku morskim pochodzi z lądu, będąc skutkiem nieefektywnej gospodarki odpadowej.

Odpady w wodach morski są klasyfikowane w dwóch kategoriach: makro- (o średnicy ponad 5 mm) i mikro- (o średnicy poniżej 5 mm). Niestety kontroluje się w wodach tylko makro śmieci, a właśnie mikro śmieci stanowią poważne zagrożenie. Przeprowadzone badania w Los Angeles wykazały, że 90% policzonych plastikowych śmieci stanowiących 13% wagowo to mikro- śmieci. W 2010 roku odbyło się spotkanie w Paryżu dotyczące mikro-plastików w oceanach, ich trwałości, bioakumulacji oraz przenoszonych przez nie

<sup>1</sup> Dr inż. Mariola Jastrzębska Akademia Morska w Gdyni

<sup>2</sup> Dr inż. Wojciech Jurczak Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni

toksycznych substancjach. Na spotkaniu stwierdzono, że jest zbyt mało informacji o tego typu zanieczyszczeniach i należy zebrać więcej naukowych danych na ich temat, a następnie ustalić politykę działań. Zaproponowano, aby wprowadzić program monitorujący mikro-plastiki, szczególnie w obszarach specjalnych mórz [1].

W czasie sprzątania wybrzeży w 2009 roku 498 818 wolontariuszy z 108 krajów zebrało 3 357 ton śmieci z 6 000 miejsc. Plastikowe torebki stanowiły najważniejszą grupę odpadów, po niedopałkach (Tabela 1). Należy pamiętać, że butelka plastikowa degraduje w wodzie morskiej 450 lat.

**Tabela 1. Ilość odpadów (STOP) najczęściej zebranych na plażach w czasie sprzątania w 2009 roku**

	odpad	Ilość
1.	niedopałki	2 189252
2.	torby (plastikowe)	1 126774
3.	opakowania żywności	943233
4.	kapsle, nakrętki	912246
5.	butelki plastikowe	883737

Źródło: Kershaw P. and other, *Plastic Derbis in the Ocean*, UNEP 2011, 20-33.

Obecność odpadów w środowisku morskim generuje koszty np. sprzątania plaż, zagospodarowania tych odpadów i wpływa na zmniejszenie atrakcyjności regionów turystycznych oraz zmniejszenie połowów ryb. W 2006 roku koszt sprzątania plaży oraz wód w portach w Polsce wyniósł 570,000 Euro [8]. Można by je zaoszczędzić poprzez wcześniejszą edukację społeczeństwa.

### Zagrożenia wynikające z plastikowych zanieczyszczeń

Istnieje kilka konwencji i umów dotyczących unikania zanieczyszczeń w środowisku morskim. W 1974 roku wszystkie kraje bałtyckie podpisały Helsińską Konwencję (HELCOM) w sprawie ochrony środowiska morskiego Morza Bałtyckiego. Zbierano informacje na temat źródeł zanieczyszczeń i wprowadzono narzędzia chroniące środowisko. Już w 1973 roku opracowano Międzynarodową Konwencję o zapobieganiu zanieczyszczeniu morza przez statki (MARPOL). Morze Bałtyckie wraz z innymi morzami należy do obszarów specjalnych według tej konwencji MARPOL 1973/78, w których jest zabronione usuwa-

nie wszelkich tworzyw sztucznych, włączając w to, lecz nie tylko, syntetyczne liny, syntetyczne sieci rybackie, plastikowe worki na śmieci oraz pochodzący ze spalania wyrobów z tworzyw sztucznych popiół ze spalarek, w którym mogą znajdować się trujące lub zawierające metale ciężkie pozostałości. Według obowiązującej konwencji MARPOL można jedynie wyrzucać inne opakowania niż z tworzyw w odległości 25 mil morskich od brzegu poza obszarami specjalnymi. Rząd każdego Państwa będącego Stroną Konwencji, którego linia brzegowa graniczy z obszarem specjalnym, zobowiązuje się zapewnić, tak szybko jak to będzie możliwe, że we wszystkich portach położonych w obszarze specjalnym będą zainstalowane odpowiednie urządzenia odbiorcze, mając na uwadze specjalne potrzeby statków eksploatowanych na tym obszarze. I tak w Gdyni Zarząd Morskiego Portu Gdynia S.A., zgodnie również z Dyrektywą 2000/59/EC, zapewnia w ramach opłaty tonażowej odbiór między innymi odpadów stałych (śmieci) powstałych na statkach wymienionych w załączniku V Konwencji MARPOL 1973/78. Ważna jest Dyrektywa Europejskiego Parlamentu 2008/56/EC (Marine Strategy Framework Directive) dotycząca polityki ochrony środowiska morskiego.

Mimo wprowadzonych regulacji szacuje się, że statki wyrzucają 6,5 miliona ton odpadów plastikowych. Obserwuje się, że zwierzęta, które mylą śmieci z pokarmem często je połykają. Pływające plastikowe torebki (Rys.3) mylone są z meduzami przez żółwie.

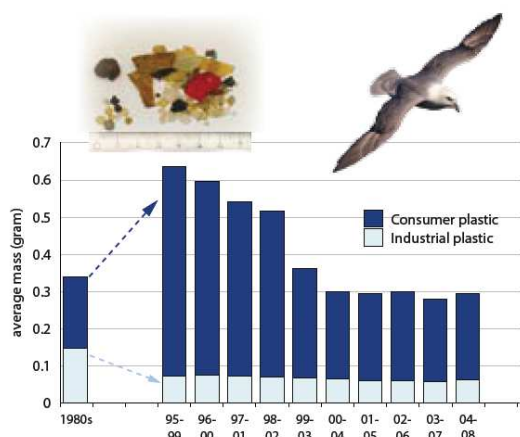


**Rys. 3. Przykład pływających plastikowych śmieci u wybrzeży Krety.**

Źródło: własne

Ilość tworzyw sztucznych obecnych w żołądkach mew na Morzu Północnym w latach 1980-2008 przedstawia rys.4. Tworzywa obecne w żołądkach odpowiedzialne są za blokowanie przewodów trawiennych, zmniejszanie wydzielania enzymów trawiennych

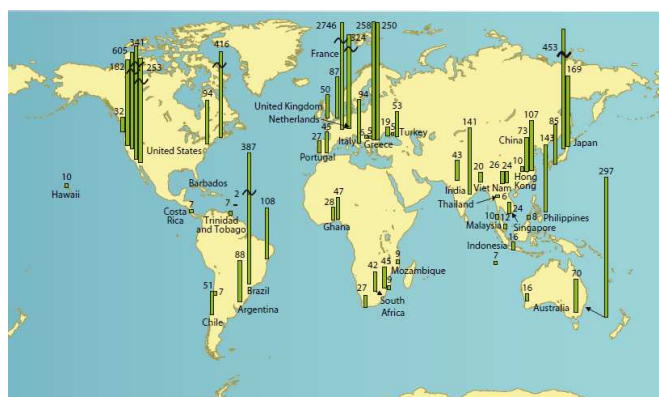
i łaknienia, a następnie zmniejszenie masy ciała, niższy poziom hormonów sterydowych, opóźnioną owulację i absorpcję toksyn.



**Rys. 4. Tworzywa sztuczne obecne w żołądkach mew żerujących na plażach Morza Północnego w latach 1989-2008.**

Źródło: Kershaw P. and other, *Plastic Derbis in the Ocean*, UNEP 2011, 20-33.

Połykane tworzywa mogą wprowadzać szkodliwe chemiczne substancje pochodzące z procesów otrzymywania tych tworzyw (np. plastyfikatorów, nonylofenolu, bisfenolu, ftalanów) lub zaadsorbowanych ze środowiska np. polichlorowanych bifenyli (PCBs) i dichlorodifenylotrichloroetanu (DDT). Rys. 5. przedstawia koncentrację PCB w nanogramach na gram granulki tworzyw znalezionych na plażach. Granulki polietylenu były zbierane na 56 plażach w 29 krajach i analizowane na zawartość PCB. Największą ilość PCB w granulkach zaobserwowano w Stanach Zjednoczonych, Zachodniej Europie i Japonii. Najniższą ilość PCB zaobserwowano w granulach z Azji i Afryki.



**Rys. 5. Koncentracja polichlorowanych bifenyli (PCB) w plastikowych granulach znalezionych na plażach.**

Źródło: *Plastic Waste: Ecological and Human Health Impacts*, Science for Environment Policy, November 2011

## Podjęte działania

Z inicjatywy europejskiego przemysłu tworzyw sztucznych w 2011 roku została podpisana w Dubaju „Deklaracja w sprawie rozwiązania problemu zaśmiecania środowiska morskiego” przez 54 organizacje przemysłu tworzyw sztucznych na świecie. Wspólna Deklaracja w sprawie rozwiązania problemu zaśmiecania środowiska morskiego zawiera listę określonych celów i działań przemysłu tworzyw sztucznych, takich jak:

- Współpracować w ramach partnerstwa publiczno-prywatnego, zmierzającego do zapobiegania zaśmiecaniu środowiska morskiego;
- Współpracować ze środowiskami naukowymi w celu lepszego poznania i zrozumienia skali, przyczyn powstawania i wpływu zaśmiecania na środowisko morskie, z uwzględnieniem dostępnych rozwiązań dla tego problemu;
- Promować spójną, wielkoobszarową i opartą na wiedzy naukowej politykę ustawodawczą wraz z wzmacnianiem istniejącego prawa zapobiegającego zaśmiecaniu środowiska morskiego;
- Promować najlepsze praktyki w zakresie zagospodarowania odpadów, szczególnie w regionach nadmorskich;
- Wzmocnić zaangażowanie w kierunku zwiększenia odzysku odpadów z tworzyw sztucznych poprzez recykling i odzysk energii;
- Zapewnić należyty nadzór nad transportem i dystrybucją wyrobów przemysłu tworzyw sztucznych - granulatu i półproduktów – wśród swoich klientów i promować takie działania wśród innych uczestników łańcucha dostaw.

Jedną z aktywności przemysłu, prowadzonych w ramach deklaracji jest partnerstwo w programie GE-SAMP (The Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection), które jest gremium doradczym przy ONZ w zakresie naukowych aspektów ochrony środowiska morskiego np. wsparcie w ocenie źródła pochodzenia i efektów cząstek silnie rozdrobnionych tworzyw sztucznych. Do tej pory żadna polska organizacja nie podpisała jeszcze deklaracji, chociaż jest już świadomość rozpoczęcia działań w ograniczaniu szkód w środowisku morskim.

Ostatnio coraz większym zainteresowaniem cieszą się materiały biodegradowalne tzn. ulegające rozpadowi pod wpływem mikroorganizmów do biomasy, dwutlenku węgla oraz wody w warunkach panujących w kompoście. Jednak należy pamiętać, że takie sprzy-

jające biodegradacji warunki nie występują w środowisku morskim, jest zbyt zimno. Również oksydegradowalne torby nie są degradowane w środowisku morskim, a wręcz pod wpływem promieni UV ulegają rozpadowi na mniejsze części, co nie jest bez wpływu na środowisko. Jedynie torby z polihydroksymaślanu (PHA) wykazywały rozdrobnienie w wodach morskich. Przeprowadzone w 1998 roku badania [6] polikaprolaktonu (PLA) w środowisku morskim wykazały jego degradację po 2 miesiącach. Na początku nastąpiła hydroliza części amorficznej materiału, a potem enzymatyczna degradacja. Badania degradacji innych polimerów (np. skrobi, modyfikowanej celulozy czy materiału skrobiowo-celulozowego) w środowisku morski były przeprowadzone przez pracowników Akademii Morskiej w Gdyni [7]. Zaobserwowano bardzo szybką degradację w wodzie morskiej modyfikowanej celulozy, już po 14 dniach, podczas gdy degradacja termoplastycznej skrobi zachodzi bardzo powoli. Może obowiązkowe zastosowanie biodegradowalnych tworzyw sztucznych również w środowisku morskim, pozwoli zmniejszyć problem zanieczyszczeń.

### Podsumowanie

W celu zapobiegania zanieczyszczaniu śmieciami środowiska morskiego zaproponowano następujące rozwiązania.

Należy przeprowadzić dokładniejsze kontrole odpadów, zanim trafią do mórz i oceanów poprzez wprowadzenie ostrzejszych regulacji ich zdawania oraz wysokich kar, w przypadku ich nie przestrzegania. Tak jak wprowadzono opłatę z plastikowe torby w sklepach, w Polsce powinna być wprowadzona kaucja za plastikowe butelki, tak jak obowiązuje już w niektórych państwach. Korzyści będą nie tylko dla środowiska ale również nie zmarnuje się cenny surowiec, gdyż plastikowe butelki posłużą w procesie recyklingu do wytworzenia innych wyrobów. W likwidowaniu odpadów plastikowych powinni zaangażować się politycy, administracja oraz producenci tworzyw sztucznych.

Należy prowadzić również edukację społeczeństwa w sprawie ograniczenia pozostawianych śmieci na plażach i uświadamiać o zagrożeniach, które niosą ze sobą odpady tworzyw sztucznych w wodach.

### Streszczenie

Program Środowiskowy Organizacji Narodów Zjednoczonych nie podaje dokładnych danych ilości śmieci w środowisku wodnym. Mimo wymogów odbioru przez porty odpadów ze statków narzuconych przez dyrektywę 2000/59/EC i inne przepisy regulujące między zdającymi odpady to obserwuje się wciąż płynące w morzach śmieci, a szczególnie tworzywa sztuczne. Zainteresowanie Unii Europejskiej w rozwiązaniu problemu zaśmiecania środowiska morskiego przyczyniło się do zredagowania deklaracji, zawierającej listę określonych celów i działań przemysłu tworzyw sztucznych oraz do nawiązania współpracy w celu ograniczenia szkód w środowisku morskim ale to jeszcze nie przyniosło konkretnych działań. W pracy przedstawiono niektóre sposoby rozwiązania tego problemu.

### Abstract

*United Nations Environment Programme reported that there are no figures on the amounts of maritime litter worldwide. Despite the requirements of the ports collection of waste from ships imposed by the Directive 2000/59/EC and other regulations governing is still seen floating in seas of litter, especially plastics. Interest in the European Union in resolving the problem of marine litter has contributed to the drafting of a declaration, containing a list of specific objectives and activities of the plastics industry and to establish cooperation in order to limit damage to the marine environment but it has not yet resulted in concrete action. Some of the ways to solve this problem are discussed.*

### Literatura

1. Bowmer T., Kershaw P., GESAMP Reports & Studies No. 82, "Proceedings of the GESAMP International Workshop on microplastic particles as a vector in transporting persistent, bio-accumulating and toxic substances in the oceans", Paris, 2010, 1-69.
2. Jetic L., Sheavly S., Adler E., *Marine Litter: A global challenge*, United Nations Environmental Programme, 2009, 1-234.
3. Kershaw P. and other, *Plastic Debris in the Ocean*, United Nations Environmental Programme, Year Book 2011, 20-33.

4. *Plastic Waste: Ecological and Human Health Impacts*, Science for Environment Policy, In-depth Reports, November 2011, 1-44.
5. *Przemysł tworzyw w Polsce 2011*, Stowarzyszenie tworzyw sztucznych Plastics Europe <http://www.plasticseurope.pl/Document/przemys-tworzyw-w-polsce-2011.aspx?Page=DOCUMENT&FolID=2>
6. Rutkowska M., Jastrzębska M., Janik H., *Biodegradation of polycaprolactone in sea water*, „Reactive polymers”, 1998, 38, 27-30.
7. Rutkowska M., Heimowska A., *Degradacja materiałów polimerowych pochodzenia naturalnego w środowisku wody morskiej*, „Polimery” 2008, 53, 854-864
8. Zampoukas N. (ed), *Marine Strategy Framework Directive*, European Union, IFREMER and ICES April 2010, 1-57. <http://documents.plant.wur.nl/imares/afval/litterreport-2010.pdf>