

Logistyczne aspekty utylizacji odpadów plastikowych w kontekście zagrożeń dla środowiska morskiego

Logistical aspects of plastic waste disposal in the context of threats to the marine environment

Odpady plastikowe stanowią problem globalny o zróżnicowaniu regionalnym. Głównymi źródłami lądowymi odpadów są: ścieki przemysłowe, miejskie, transport rzeczny, turystyka. Do zwiększenia ilości odpadów plastikowych w morzu przyczynia się także przemysł stoczniowy i jego działania związane z recyklingiem jednostek pływających. Do źródeł oceanicznych można zaliczyć aktywność połowową (połowy handlowe), flotę handlową, Marynarkę Wojenną czy działalność jednostek badawczych. Odpady plastikowe stanowią bardzo poważny problem w środowisku morskim. Oddziaływanie ich jest wieloaspektowe, przyczyniają się do śmierci organizmów oraz zatrują organizmy wskutek emisji substancji niebezpiecznych, w wyniku zaplątania ograniczają wzrost organizmów, powodują uszkodzenia ciała, dodatkowo stanowią rodzaj transportu dla wielu gatunków roślin i zwierząt. Oprócz instrumentów prawnych, które pełnią funkcję regulacyjną i represyjną, można zastosować inne metody w celu zminimalizowania ilości odpadów plastikowych w środowisku morskim. Zaliczyć do nich można użycie odpowiednich urządzeń na jednostkach pływających, edukację ekologiczną w zakresie zanieczyszczenia środowiska morskiego, odpowiednie strategie zarządzania środowiskowego, recykling odpadów plastikowych czy też ich monitoring.

Słowa kluczowe:

zanieczyszczenie morza, odpady plastikowe, mikroplastik, MARPOL, spalanie.

Plastic waste is a global problem of regional differentiation. The main sources of waste land are: industrial wastewater, urban, river transport, tourism. To increase the amount of plastic waste in the sea shipbuilding and its activities related to the recycling of vessels also contributes. Ocean sources may include the activity of fishing (commercial fishing), commercial fleet, the Navy or business research units. Plastic wastes constitute a very serious problem in the marine environment. The impact of a multi-faceted, contribute to the death of organisms and poison the organism as a result of emissions of hazardous substances, limit the growth of organisms causing injury as a result of entanglement, also constitute a form of transport for many species of plants and animals. In addition to the legal instruments which act as the regulatory and repressive, other methods can be used to minimize the amount of plastic waste in the marine environment. These include the use of appropriate equipment on vessels, environmental education in the field of marine pollution, the appropriate strategies for environmental management, recycling of plastic waste, or the monitoring.

Key words:

marine pollution, plastic waste, microplastic, MARPOL, incinerator.

Wprowadzenie

Zanieczyszczenia antropogeniczne stanowią główne zagrożenie dla środowiska morskiego oddziałując negatywnie na świat ożywiony, strukturę ekosystemu oraz jego funkcjonowanie. Wspólnie z zanieczyszczeniami chemicznymi, do których zaliczyć można metale ciężkie, substancje biogeniczne, czy węglowodory, odpady znajdujące się w środowisku zanieczyszczają plaże, wody powierzchniowe, głębinowe oraz dno morskie wszechoceanów. W głównej mierze na odpady znajdujące się w morzu składają się elementy syntetycznych polimerów organicznych nazywanych powszechnie „plastikami”, elementy

drewniane, metalowe, szklane, gumowe, ubrania czy też papier (Čulin, Toni, 2015). Plastik jest widoczny wszędzie we wszechoceanie, w bardzo dużych ilościach nawet w wodach polarnych. Ze względu na swoje właściwości, tj. trwałość, niewielką wagę, wodoodporność, relatywnie niską cenę, elastyczność, plastik jest bardzo atrakcyjnym materiałem, powszechnie wykorzystywanym przez człowieka. Jednak zalety plastiku, po porzuceniu przez człowieka, mogą stać się jego wadami w środowisku naturalnym.

Plastikowe odpady gromadzą się na niektórych obszarach morskich tworząc tzw. śmieciowe wyspy, które powstają w rejonach dużych prądów obroto-

wych. Istnieje pięć takich największych obszarów na świecie: na północnym Pacyfiku, na południowym Pacyfiku, Oceanie Indyjskim, na północnym Atlantyku, oraz na południowym Atlantyku. Strefy prądów działają jak komórki akumulacyjne, w których centrach zbierają się odpady. Niezależnie od pochodzenia, odpady plastikowe, gdy dostaną się do morza, pozostaną w środowisku gromadząc się w nim dalej. Ich mała waga, duża wytrzymałość, dodatnia pływalność i trwałość wpływają na to, że plastiki w wodzie mogą rozprzestrzeniać się zarówno horyzontalnie, jak i wertykalnie. Są transportowane przez prądy na bardzo duże odległości, do chwili kiedy nie osiadą na dnie, skąd w wyniku naruszenia osadów przez falowanie czy prądy pływowe (resuspensja) mogą ponownie wrócić do wód i być transportowane powtórnie. Wpływ na czasowo-przestrzenną dynamikę osadów ma wiele czynników, takich jak: warunki hydrologiczno-meteorologiczne, topografia wybrzeża, czy też strefy wejścia, w tym szlaki morskie (Čulin, Toni, 2015).

Źródła odpadów plastikowych

Odpady plastikowe stanowią problem globalny o zróżnicowaniu regionalnym (UE, 2011). Do morza trafiają głównie z lądu (około 80%), ok. 20% jest pochodzenia morskiego (STAP, 2011). Głównymi źródłami lądowymi odpadów są: ścieki przemysłowe, miejskie, transport rzeczny, turystyka. Do zwiększenia ilości odpadów plastikowych w morzu przyczynia się także przemysł stoczniowy i jego działania związane z recyklingiem jednostek pływających (Čulin, Toni, 2015). Wśród źródeł morskich można wyróżnić cargo, działalność rekreacyjną, wojskową, marikultury, morski przemysł wydobywczy (platformy gazowe i olejowe) oraz legalne i nielegalne zrzuty z jednostek pływających. Dodatkowo duże ilości zanieczyszczeń do środowiska morskiego mogą dostawać się podczas sztormów i wypadków jednostek pływających. Do pozostałych źródeł oceanicznych można zaliczyć aktywność połowową (połowy handlowe), żeglowanie rekreacyjne, podczas którego deponowane są głównie torby plastikowe, opakowania po jedzeniu, oraz sprzęt połowowy, flotę handlową, Marynarkę Wojenną czy działalność jednostek badawczych, z których śmieci mogą zostać przypadkowo zwiane przez wiatr lub zrzucone celowo do morza (Čulin, Toni, 2015; Derraik, 2002; UE, 2011; Allsopp, Walters, Santillo, Johnsto). W historii transportu morskiego zdarzały się przypadki zagubienia ładunku w morzu w czasie sztormowej pogody. Za przykład może posłużyć zagubiony kontener z zabawkami Lego u wybrzeży Kornwalii w 1997 roku oraz zatopiony kontener butów sportowych z 1980 roku, czy też kontener z plastikowy-

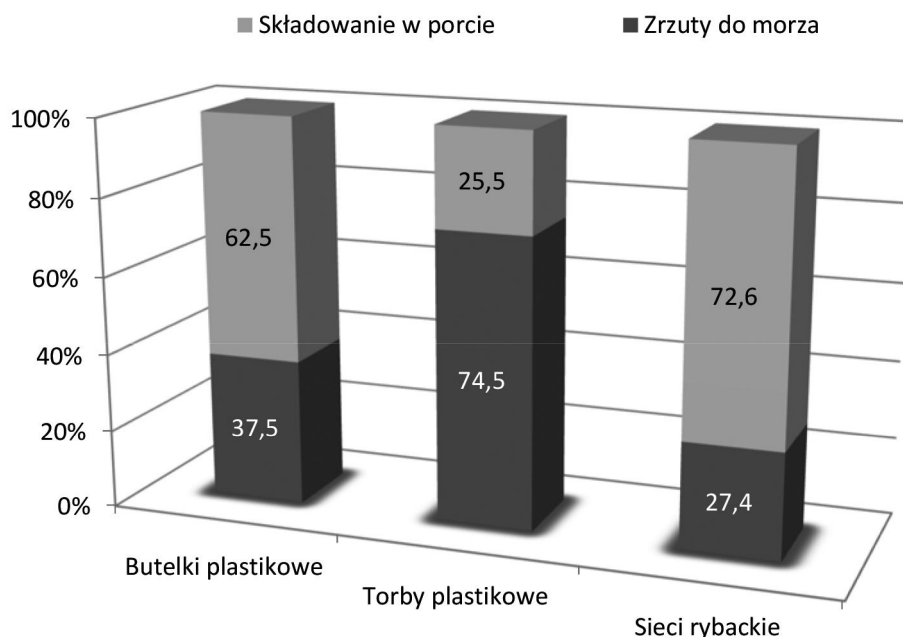
mi zabawkami dla dzieci (kaczuszkami) zagubiony na Oceanie Spokojnym w 1992 roku przez transportowiec płynący z Chin do USA (Cacciottolo, 2014). Spośród odpadów plastikowych dostających się do środowiska morskiego, z platform wiertniczych i wydobywczych najczęściej można znaleźć: kaski, rękawice, 55-galonowe beczki plastikowe i śmieci osobiste. W zależności od regionu pochodzenie odpadów plastikowych w morzu może być różne, np. na obszarze Morza Śródziemnego głównym dostawcą odpadów plastikowych jest sektor usług turystycznych, zaś na obszarze wschodniej Azji i w rejonie Morza Północnego rybołówstwo i transport morski (UE, 2011). Przeprowadzone badania wskazują, że zatoki i estuaria w pobliżu obszarów zamieszkałych są najczęściej zanieczyszczone plastikiem ze stref wypoczynku oraz ze źródeł lądowych, podczas gdy na plażach oddalonych od miejsc zurbanizowanych plaże zanieczyszczone są tworzywem sztucznym z rybołówstwa, głównie przez porzucone sieci (Derraik, 2002).

Rodzaje odpadów plastikowych

Jednostki rybackie wyrzucają różnego rodzaju odpady, najczęściej są to butelki plastikowe, torby plastikowe, sprzęt wędkarski (głównie sieci rybackie, żyłki, pływaki i liny). Spośród wymienionych odpadów porzucone narzędzia połowowe od ponad 50 lat są narastającym problemem na skalę międzynarodową (Chung-Ling, Ta-Kang, 2013). Oprócz nich butelki plastikowe są powszechnym składnikiem odpadów z jednostek rybackich. Woda butelkowana jest wykorzystywana bezpośrednio do spożycia lub w celach kulinarnych w kuchni. Ciężko jest oszacować liczbę butelek jaka przypada na każdy rejs na jednostce pływającej. Jest to zależne od pojemności butelek z wodą, liczba dni w morzu, liczba rybaków na pokładzie i od obecności na statku urządzeń przenośnych do odsalania wody morskiej. Szacuje się, że w jednodniowym rejsie każdy rybak zużywa od trzech do czterech butelek wody (o pojemności 600 ml). W przypadku rejsów całonocnych jest to od sześciu do siedmiu butelek na osobę. Liczba butelek wody uzależniona jest od długości trwania rejsu oraz od liczby rybaków na pokładzie. Podczas dłuższych rejsów i większej liczby osób może być wykorzystane więcej butelek z wodą. Jednak okazuje się, że większe jednostki połowowe pływające w kilkumiesięczne rejsy w odległe rejony połowowe są zazwyczaj wyposażone w przenośne urządzenia produkujące wodę oraz w źródła z wodą słodką. W związku z tym paradoksalnie takie jednostki mogą transportować niewielkie ilości plastikowych butelek z wodą i innymi napojami (Chung-Ling, Ta-Kang, 2013).

Rysunek 1

Metody usuwania odpadów plastikowych na jednostkach połowowych



Źródło: Chung-Ling, Ta-Kang, 2013.

Na jednostkach połowowych są stosowane głównie dwie metody utylizacji odpadów plastikowych przez rybaków: zrzuty bezpośrednio do morza oraz składowanie odpadów w porcie. Biorąc pod uwagę problemy środowiskowe, drugi sposób pozbywania się odpadów jest bardziej przyjazny dla środowiska morskiego (rys. 1). Wcześniej stosowane sposoby utylizacji odpadów plastikowych uwzględniały spalanie na morzu. Jednak badania prowadzone przez C. Chung-Ling i L. Ta-Kang (2013) dowiodły, że metoda ta jest wykorzystywana bardzo rzadko, najprawdopodobniej ze względów bezpieczeństwa i ograniczonej przestrzeni, na której można zainstalować spalarkę.

Oprócz dużych odpadów plastikowych widocznych gołym okiem, takich jak butelki, czy sieci, na plażach i w środowisku morskim można znaleźć granulki z tworzywa sztucznego (mikroplastiki), które nie tylko są bardzo niebezpieczne dla organizmów żyjących w morzach i oceanach, ale również pomniejszają walory estetyczne plaż. Mikroplastiki zazwyczaj nie przekraczają wielkości 5 mm. Mogą je stanowić granulki do produkcji elementów z tworzyw sztucznych, często są to zdegradowane przez promieniowanie UV, procesy hydrodynamiczne, chemiczne i biologiczne fragmenty większych odpadów. Do tego rodzaju odpadów zaliczyć można również włókna z odzieży. Granulki zawarte są również w pastach ściernych służących do czyszczenia pokładów czy kosmetykach (Čulín, Toni, 2015). Te drobne elementy z tworzyw sztucznych mogą rozprzestrzeniać się w ca-

łej kolumnie wody, stanowiąc zagrożenie dla organizmów planktonożernych, mogą opadać na dno zagrażając bentosowym organizmom filtrującym, głównie małżom.

Wpływ na ekosystem morski

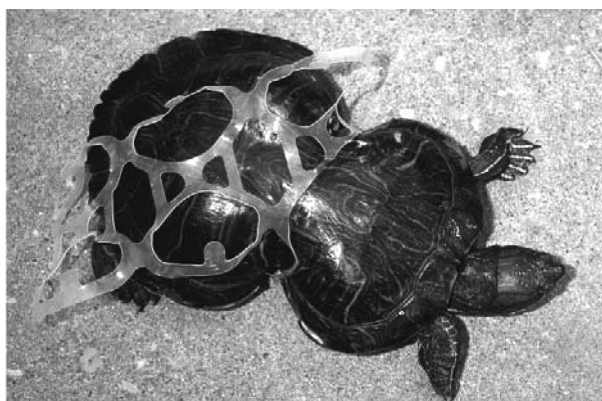
Odpady plastikowe stanowią bardzo poważny problem w środowisku morskim. Oddziaływanie ich jest wieloaspektowe, przyczyniają się do śmierci organizmów oraz zatrują organizmy w wyniku emisji substancji niebezpiecznych, w wyniku zaplątania ograniczają wzrost organizmów, powodują uszkodzenia ciała, dodatkowo stanowią rodzaj transportu dla wielu gatunków roślin i zwierząt.

Niezliczona ilość zwierząt morskich została zabita w wyniku zaplątania czy połknięcia odpadów plastikowych. Według Programu Środowiskowego Organizacji Narodów Zjednoczonych (United Nations Environment Programme — UNEP) odpady plastikowe spowodowały śmierć około 1 miliona ptaków morskich, 100 000 ssaków morskich i niezliczonej ilości ryb poprzez różne oddziaływanie (UE, 2011).

Zaplątanie w plastikowe odpady może zdarzyć się na wiele różnych sposobów, natomiast rezultat jest zawsze katastrofalny. Zaplątane zwierzę może utonąć, zostać poranione, może być niezdolne do aktywnego poszukiwania pożywienia i pobierania go oraz może stać się łatwym celem dla potencjalnych dra-

Rysunek 2

Przykłady zaplątania w odpady plastikowe



Źródło: (<http://coastalcare.org/2009/11/plastic-pollution/>, <http://radicalmycology.com/2012/07/03/fungi-the-plastics-problem/>, 2016), 10.2016 r.

piezców. Zwierzęta mogą zaplątać się w sieci widma (ang. *ghost nets*), torby plastikowe, opakowania po puszkach na napoje (rys. 2). Zagrożonych zaplątaniem może być wiele gatunków ryb, gadów, ssaków morskich, ptaków morskich (tab. 1). Szacuje się, że sieci widma w ciągu roku łowią więcej ryb niż rybacy. Niesety, mają one wpływ nie tylko na organizmy pelagiczne, ale również na organizmy bentosowe, dla przykładu sieci skrzelowe, które są stosunkowo lek-

kie, mogą być ciągnięte po dnie przez silne prądy zagrażając organizmom o delikatnych szkieletach, np. koralowcom i gąbkom (Macfadyen, Huntington, Cappell, 2009).

Innym zagrożeniem jest połykanie odpadów plastikowych (tab. 1). Wpływ tworzyw sztucznych na organizmy jest uzależniony od kilku czynników: systemu trawiennego organizmów, rodzaju połkniętego plastiku oraz stadium rozwojowego organizmów.

Tabela 1

Przypadki zaplątania w odpady plastikowe i połknięcia przez organizmy

Grupy gatunków	Liczba gatunków na świecie	Liczba gatunków i % udział zaplątanych w sieci	Liczba gatunków i % udział przypadków połknięcia odpadów plastikowych
Żółwie morskie	7	6 (86%)	6 (86%)
Ptaki morskie:	312	51 (16%)	111 (36%)
Pingwiny	16	6 (38%)	1 (6%)
Perkozy	19	2 (10%)	0
Albatrosy, petrele, burzyki	99	10 (10%)	62 (63%)
Pelikany, głuptaki, kormorany, fregaty	51	11 (22%)	8 (16%)
Skufy, mewy, rybitwy, alki	122	22 (18%)	40 (33%)
Inne ptaki	—	5	0
Ssaki morskie:	115	32 (28%)	26 (32%)
Fiszbinowce	10	6 (60%)	2 (20%)
Zębowce	65	5 (8%)	21 (32%)
Foki i lwy morskie	14	11 (79%)	1 (7%)
Uchatki	19	8 (42%)	1 (5%)
Manaty i diugonie	4	1 (25%)	1 (25%)
Wydry morskie	1	1 (100%)	0
Ryby	—	34	33
Skorupiaki	—	8	0
Kalamarnice	—	0	1
Sumaryczna ilość		136	177

Źródło: UE, 2011.

Jednym z głównych problemów pożyczenia odpadów plastikowych jest zmniejszony apetyt zwierząt, gdyż skonsumowane elementy dają uczucie pełnego żołądka, co może doprowadzić do śmierci głodowej. Badania prowadzone przez Ryana w 1988 roku dowiodły, że karmienie kurczaków polietylenowymi granulkami prowadzi do zmniejszenia pojemności żołądka, a przez to do zmniejszenia ilości spożywanego jedzenia (UE, 2011; Derraik, 2002, za Ryan, 1988). Ponadto pożyczony plastik może spowodować poważną blokadę układu pokarmowego oraz prowadzić do uszkodzenia narządów wewnętrznych. Innym negatywnym efektem pożyczenia plastikowych odpadów jest zaprzestanie wytwarzania enzymów trawiennych, zmniejszenie ilości steroidów w organizmie, opóźniona owulacja i problemy reprodukcyjne (Derraik, 2002). W głównej mierze narażone są na to żółwie, ssaki oraz ptaki morskie, częste są również przypadki pożyczenia mikrogranulek plastiku przez zooplankton i ryby planktonożerne (rys. 3; UE, 2011; Allsopp i inni). Jak wskazują badania, niektóre gatunki są w stanie selektywnie wybierać odpady plastikowe, kierując się kształtem i kolorem. Najczęściej w trzewiach ryb znajdowano białe plastikowe kulki, które przypominały potencjalne ofiary badanych gatunków (Derraik, 2002).

Tworzywa sztuczne zawierają w swoim składzie również substancje niebezpieczne, takie jak PCB (polichlorowane bifenyle). Dowiedziono obecności tych związków w tkankach ptaków morskich. Związki te prowadzą do zaburzeń cyklu rozwojowego lub śmierci organizmów, mogą również wywoływać zaburzenia hormonalne i prowadzić do deformacji ciała (Derraik, 2002; Iniguez, Conesa, Fullana, 2016). W wyniku zjawiska biomagnifikacji PCB wchłaniane do tkanek organizmów wnikają również do sieci troficznej gromadząc się organizmach z wyższych poziomów troficznych.

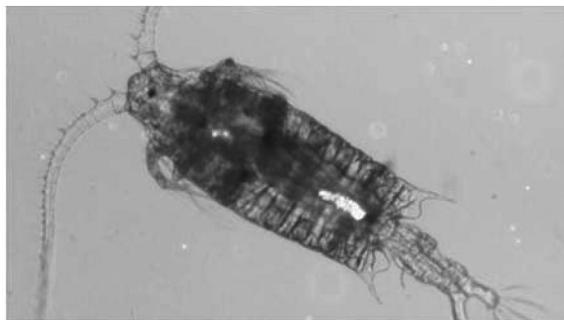
Pływające odpady plastikowe mają również duży udział w introdukcji gatunków obcych w morzach i oceanach. Tworzywa sztuczne unoszące się powierzchni morza mogą być zasiedlane przez różne gatunki bakterii, okrzemek, glonów morskich, pąkli, osłonice, mszywiolów i wiele innych. Zjawisko to w bardzo dużym stopniu zagraża bioróżnorodności zbiorników zasiedlanych przez inwazyjne gatunki, które stanowią konkurencję dla osobników żyjących w tych wodach. W wyniku pojawienia się gatunków obcych bioróżnorodność zbiorników może spaść nawet o 58% (Derraik, 2002).

Plastikowe odpady mogą również powodować zmiany w siedliskach morskich zarówno na lądzie,

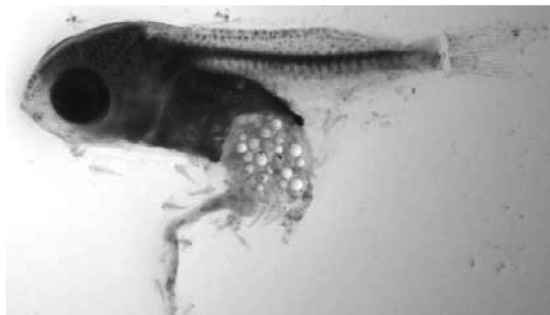
Rysunek 3

Przykłady pożyczenia plastiku przez organizmy

a) zooplankton



b) larwa ryby z plastikowymi cząstkami w żołądku



c) albatros ofiara pożyczenia plastiku



d) żółw jedzący plastik



Źródło: a) Cole i inni, 2013; b) McGrath, 2016; c, d) <http://coastalcare.org/2009/11/plastic-pollution/> (dostęp 06.10.2016.).

jak i na morzu. Pomimo faktu, że plastiki zazwyczaj unoszą się na powierzchni wody, zdarza się, że również toną opadając na dno, gdzie są utrzymywane przez osady dennie. Niestety, odpady zalegające na dnie powodują zmianę jego charakteru. Na przykład piaszczyste dno mniej stabilne od skalistego, które zasiedlone jest przez formację roślin i zwierząt określaną psammonem, w chwili pojawienia się odpadów plastikowych może stać się atrakcyjne dla organizmów osiadłych, takich jak pąkle, małże czy gąbki, preferujących podłoże stałe — kamieniste. Wraz z pojawieniem się nowych gatunków wzrasta konkurencja między organizmami uprzednio bytującymi na dnie a nowo przybyłymi. W konsekwencji dochodzi do zmiany typowej biocenozy dna piaszczystego na biocenozę mieszaną piaszczysto-kamienistą.

Działania prewencyjne i naprawcze

Nasilający się problem odpadów plastikowych spowodował, że powstało kilka globalnych, międzynarodowych i lokalnych regulacji prawnych oraz inicjatyw związanych z zarządzaniem odpadami plastikowymi. Najważniejszym instrumentem prawnym jest międzynarodowa konwencja o zapobieganiu zanieczyszczeniu morza przez statki — MARPOL 73/78. Dokument ten podpisało 153 sygnatariuszy. Konwencja reguluje ponad 98% łącznego światowego tonażu (IMO, 2016a). Aneks V do konwencji MARPOL, który reguluje usuwanie ze statków i platform wydobywczych odpadów stałych, był pierwszym opcjonalnym załącznikiem, który wszedł w życie 31 grudnia 1988 r. 153 państwa ratyfikowało Aneks V, wliczając w to tanie bandery, tj. Panamę, Liberię i Honduras (IMO, 2016b).

W przeciwieństwie do odprowadzania niektórych odpadów ze statków, takich jak papier, szmaty, szkło, metal, zrzuty plastiku do morza były zakazane od początku wprowadzenia załącznika. Oprócz tworzyw sztucznych wykorzystywanych lub obecnych na pokładzie statku, takich jak elementy opakowania, części konstrukcji statków, jednorazowe naczynia z jedzeniem, torby, pływaki, sieci rybackie, żyłki, liny, żagle i wiele innych elementów z tworzyw sztucznych, w załączniku V istnieje również zakaz odprowadzania popiołów ze spalarni zawierających tworzywa sztuczne. Wyjątki stosuje się tylko w ograniczonych przypadkach, gdy zrzut śmieci albo narzędzi połowowych jest niezbędny do zapewnienia bezpieczeństwa statku i osób na pokładzie lub ratowania życia na morzu, bądź gdy przypadkowa utrata narzędzi połowowych albo śmieci wynika z uszkodzenia statku lub jego wyposażenia, pod warunkiem że zostały podjęte wszelkie racjonalne środki ostrożności (IMO, 2012). Dla takich zrzutów wymagane jest wprowadzanie zapisów w Księżce zarządzania śmieciami i Dzienniku

zarządzania śmieciami. Dokumenty te muszą być prowadzone na statkach o pojemności brutto 400 i więcej lub mogących przewozić ponad 14 osób. W przypadku mniejszych jednostek o długości całkowitej 12 m i więcej powinny być plakaty informujące załogę i pasażerów o zasadach wyrzucania śmieci. Niestety, załącznik V nie nakłada obowiązku ewidencjonowania pozbywania się odpadów na jednostkach połowowych o pojemności brutto poniżej 400, co pozwala na dokonywanie zrzutów odpadów plastikowych do morza przez większość statków rybackich (Culin, Toni, 2015).

Istotne znaczenie mają również programy regionalne: UNEP COBSEA, Marine litter in the East Asian Seas Region (2008) — Morskie odpady regionu morskiego Azji Wschodniej; CPPS, Marine litter in the Southeast Pacific Region: a review of the problem (2007) — Odpady morskie w rejonie południowo-wschodniego Pacyfiku — przegląd problemu; AMEP — Assessment and Management of Environmental Pollution of the Wider Caribbean Region — Ocena i zarządzanie zanieczyszczeniem środowiska w rejonie Karaibów (GESAMP, 2010).

Oprócz instrumentów prawnych, które pełnią funkcję regulacyjną i represyjną, można zastosować inne metody w celu zminimalizowania ilości odpadów plastikowych w środowisku morskim. Zaliczyć do nich można użycie odpowiednich urządzeń na jednostkach pływających, edukację ekologiczną w zakresie zanieczyszczenia środowiska morskiego, odpowiednie strategie zarządzania środowiskowego, recykling odpadów plastikowych czy też ich monitoring.

W przypadku likwidacji odpadów na statkach najbardziej elastyczną metodą jest ich spalanie, powszechnie wykorzystywane na jednostkach handlowych. Jednak ze względu na emisję gazów do atmosfery oraz możliwość przedostania się popiołu do środowiska morskiego niektóre urządzenia nie były dopuszczane do użytku. Obecne działania mają na celu wyeliminowanie ręcznego wprowadzania odpadów do komory spalania poprzez zastosowanie automatycznego systemu zasilania palarek (Adamkiewicz, Jahnke, 2007). Jednak ze względu na duże gabaryty palarek stosuje się alternatywne technologie niszczenia odpadów, takie jak metody pirolityczne wykorzystujące łuk plazmowy, zeszklenie, pirolizę w roztopionym metalu, czy metody utleniające, jak: nadkrytyczne utlenianie wodne, utlenianie w roztopionych solach. Spośród wymienionych metod piroliza w roztopionym metalu daje możliwość usuwania wszystkich statkowych odpadów stałych, przy czym zalecane jest wstępne szatkowanie odpadów. Podobnie zastosować można łuk plazmowy oraz technologię przemiany termicznej (Adamkiewicz, Jahnke, 2007; Iniguez, Conesa, Fullana, 2016).

Na dużych statkach pasażerskich wykorzystywane są złożone systemy utylizacji odpadów, wyposażone w wiele urządzeń do utylizacji odpadów plastiko-

wych. Mogą służyć do tego duże spalarki, posiadające automatyczne zasilanie odpadami, kontrolę spalania i automatyczne usuwanie popiołu; szatkownice zmniejszające rozmiary odpadów dla łatwiejszego ich transportu i obróbki; ubijarki minimalizujące objętość odpadów przeznaczonych do składowania. Podczas instalacji szatkownic, ubijarek, rozdrabniaczy nie są wymagane specjalne rearanżacje statku ze względu na ich niewielkie wymiary. Inaczej wygląda sprawa spalarek, które mają duże gabaryty i są bardzo kosztowne, a ich instalacja wymaga poważnej przebudowy statku (Jahnke, Adamkiewicz, 2007).

Istotne znaczenie mają również programy edukacji ekologicznej, szczególnie jako element programu uczenia się przez całe życie (ang. *lifelong learning*). Zwrócenie uwagi użytkowników jednostek pływających na problemy z odpadami w morzu może zapobiec niektórym problemom. Dodatkowa edukacja ekologiczna w szkołach pomaga nie tylko dzieciom nabrać dobrych nawyków, ale może być przekazana również członkom rodziny (Derraik, 2002; Pettipas, Bernier, Walker, 2016). Programy zwracające uwagę na problem zanieczyszczenia środowiska morskiego mogą być dobrym narzędziem prewencyjnym. Przykładem takiego działania w skali lokalnej w Polsce może być Dzień Ekonurkowy organizowany przez miasto Gdynia cyklicznie, raz w roku w ostatni weekend września. Innym przykładem mogą być działania organizacji pozarządowych. Badania prowadzone w Kanadzie wskazują, że rosnąca liczba organizacji skupiających się na problemach zanieczyszczenia środowiska morskiego i prowadzących edukację w tym zakresie sprawia, że rośnie również świadomość obywateli. Także wprowadzanie edukacji ekologicznej do szkół nauka prawidłowego gospodarowania odpadami plastikowymi podnosi świadomość ekologiczną (Pettipas, Bernier, Walker, 2016).

Inne sposoby radzenia sobie z problemem odpadów w środowisku morskim to wprowadzanie odpowiednich programów zarządzania środowiskowego, projektowania biodegradowalnych plastików, czy stosowanie recyklingu odpadów plastikowych (Pettipas, Bernier, Walker, 2016; Iniguez, Conesa, Fullana, 2016). Przykładem recyklingu odpadów plastikowych jest budowa statków ze wzmocnionego włókna szklanego. W 1980 roku z włókna szklanego zostało wybudowanych 65 000 statków. Szacowany czas życia takiej jednostki wynosi 25 lat. Istnieje również możliwość wytwarzania paliwa z morskich odpadów. Analiza fizycznych właściwości paliwa pochodzącego z odpadów wskazuje na wysoką zawartość węgla i wodoru (C: 73,58%, H: 6,304%, N: 0,338%, S: 0,391%, inne: 19,387%). Większość odpadów, z których zostało wytworzone paliwo, zawierała plastik. W 2000 roku powstała pilotażowa fabryka wytwarzająca paliwo z odpadów z tworzyw sztucznych (Iniguez, Conesa, Fullana, 2016).

Ostatecznym rozwiązaniem utylizacji odpadów w środowisku morskim jest ich bezpośrednie zbieranie. Zostały opracowane metody z wykorzystaniem nowoczesnych urządzeń do zbierania śmieci z morza. Jedną z najprostszych jest łowienie odpadów sieciami, jednak minus tej metody polega na równoczesnym poławianiu ryb, ponadto śmieci zazwyczaj rozprzestrzenione są na dużym obszarze, co dodatkowo generuje koszty i angażuje dużo siły roboczej. Najdogodniejszym rozwiązaniem byłyby systemy z własnym zasilaniem. Jednym z takich rozwiązań jest innowacyjna metoda, opracowana przez duńskiego studenta Boyanta Słata z urzędzeniem do usuwania odpadów z tworzyw sztucznych z morza, które miałyby zostać umieszczone na jednej z wysp z pływającymi śmieciami (Cleanup, 2016). Innym przykładem jest zasilany energią słoneczną — SeaVax zaprojektowany przez Bluebird Marine Systems (Chow, 2016)

Podsumowanie

Odpady plastikowe od prawie 50 lat stanowią poważny problem nie tylko na lądzie, ale i we wszech oceanie. Przesuwające się „śmieciowe wyspy” stanowią poważne zagrożenie zarówno dla człowieka, jak i dla ekosystemu morskiego. W dobie społeczeństwa konsumpcyjnego stale rośnie ilość odpadów plastikowych produkowanych przez człowieka. Ważne jest, aby zwrócić uwagę na wyzwanie, przed jakim mogą stanąć następne pokolenia. Mimo zaangażowania ze strony przemysłu stoczniowego i istniejących przepisów prawnych nie zawsze istnieje możliwość odpowiedniego działania. Samo ustawodawstwo nie wystarczy do ochrony środowiska przed zanieczyszczeniem. Edukacja ekologiczna, obok urządzeń do utylizacji odpadów plastikowych na statkach, jest jednym z kluczowych elementów, który zapobiegnie rosnącej ilości odpadów z tworzyw sztucznych w oceanach. Zastosowanie w praktyce edukacji ekologicznej szczególnie na statkach rybackich pomoże ograniczyć ilość odpadów w morzu. Wzrost świadomości ekologicznej użytkowników morza może być jednym z kluczowych elementów poprawy stanu środowiska. Nadal jest wiele do zrobienia w kwestii odpadów w środowisku morskim. Do takich działań można zaliczyć: identyfikację podmiotów odpowiedzialnych za gospodarowanie plastikami, ich produkcją i ilością emitowaną do środowiska. Trzeba zapewnić odpowiednie wskazówki do pozbywania się plastików. Należy monitorować ilość odpadów w środowisku morskim, kontrolować ich wpływ na organizmy. Ważnym elementem jest opracowanie jak najbardziej przyjaznych dla środowiska morskiego metod usuwania odpadów plastikowych z jednostek pływających oraz technologii oczyszczających środowisko z odpadów obecnych we wszech oceanie. Logistyczne aspekty ra-

dzenia sobie z tym problemem są niezwykle ważne, jednak wymagają one nie tylko wsparcia decyzyjnego, ale również szkoleniowego. Bez wysokiej świadomości ekologicznej nawet najlepsze urządzenia stosowane na jednostkach pływających nie będą spełniały w pełni swojej funkcji.

mości ekologicznej nawet najlepsze urządzenia stosowane na jednostkach pływających nie będą spełniały w pełni swojej funkcji.

Bibliografia

- Adamkiewicz, A. i Jahnke, M. (2007). *Utylizacja odpadów na statkach morskich. Wpływ produktów spalania. Utylizacja odpadów na statkach morskich oraz Wielozadaniowe i zintegrowane systemy utylizacji odpadów* — XXVIII Sympozjum Siłowni Okrętowych. AM Gdynia.
- Allsopp, M., Walters, A., Santillo, D. i Johnsto, P. (brak daty). *Plastic Debris in the World's Oceans*. (Greenpeace, Red.) http://www.unep.org/regionalseas/marinelitter/publications/docs/plastic_ocean_report.pdf (29.09.2016).
- Cacciottolo, M. (2014). *The Cornish beaches where Lego keeps washes up.*: <http://www.bbc.com/news/magazine-28367198> (05.10.2016)
- Chow, L. (2016). *Solar-Powered Vacuum Could Suck Up 24,000 Tons of Ocean Plastic Every Year.*: <http://www.ecowatch.com/solar-powered-vacuum-could-suck-up-24-000-tons-of-ocean-plastic-every--1882175554.html> (06.10.2016).
- Chung-Ling, C. i Ta-Kang, L. (2013). Fill the gap: Developing management strategies to control garbage pollution. *Marine Policy*, (40), 34–40.
- Cleanup, T. O. (2016). *The Ocean Cleanup*. <https://www.theoceancleanup.com/technology/> (06.10.2016).
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J. i Galloway, T. S. (2013). Microplastic Ingestion by Zooplankton. *Environ. Sci. Technol.*, 47 (12), 6646–6655.
- Culin, J. i Toni, B. (2015). Plastic Pollution from Ships. *Pomorski zbornik*, (51), 57–66.
- Derraik, J.G. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, (44), 842–852.
- GESAMP (2010). Proceedings of the GESAMP International Workshop on plastic particles as a vector in transporting persistent, bio-accumulating and toxic substances in the oceans. GESAMP Rep. Stud. No. 82. IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. <http://coastalcare.org/2009/11/plastic-pollution/>, <http://radicalmycology.com/2012/07/03/fungi-the-plastics-problem/>. (2016). (05.10.2016).
- IMO (2012). Guidelines for the Implementation of MARPOL Annex V. *MEPC*. 219 (63).
- IMO (2016a). *List of conventions and their amendments*. Pobrano z lokalizacji <http://www.imo.org/en/About/Conventions/StatusOfConventions/Pages/Default.aspx>, (05.10.2016).
- IMO (2016b). *Status of Convention*. <http://www.imo.org/en/About/Conventions/StatusOfConventions/Documents/status-x.xls> (05.10.2016).
- Iniguez, M., Conesa, J. i Fullana, A. (2016). Marine debris occurrence and treatment: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (64), 394–402.
- Jahnke, M. i Adamkiewicz, A. (2007). *Wielozadaniowe i zintegrowane systemy utylizacji odpadów na statkach morskich. Wpływ produktów spalania. Utylizacja odpadów na statkach morskich oraz Wielozadaniowe i zintegrowane systemy utylizacji odpadów* — XXVIII Sympozjum Siłowni Okrętowych. AM Gdynia.
- Macfadyen, G., Huntington, T. i Cappell, R. (2009). *Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear*. Rzym: UNEP, FAO.
- McGrath, M. (2016, June). *Fish eat plastic like teens eat fast food, researchers say*. <http://www.bbc.com/news/science-environment-36435288> (06.10.2016).
- Pettipas, S., Bernier, M. i Walker, T.R. (2016). A Canadian policy framework to mitigate plastic marine pollution. *Marine Policy*, (68), 117–122.
- Ryan, P. (1988). Intraspecific variation in plastic ingestion by seabirds and the flux of plastic through seabird populations. *Condor*, (90), 446–452.
- STAP (2011). *Marine Debris as a Global Environmental Problem: Introducing a solutions based framework focused*. Washington, DC: Global Environment Facility.
- UE (2011). *In-Depth report Plastic Waste: Ecological and Human Health Impacts*. UE.

Księgarnia internetowa Polskiego Wydawnictwa Ekonomicznego
zaprasza na zakupy **z rabatem 15%**

www.pwe.com.pl

