

JUSTYNA MUWEIS

*Katedra Zarządzania w Energetyce  
Wydział Zarządzania  
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza  
Gramatyka 10, 30-067 Kraków  
E-mail: jmuweis@zarz.agh.edu.pl*

## ODPADY W PRZESTRZENI KOSMICZNEJ I PRÓBY ICH MINIMALIZACJI\*

### WSTĘP

Problematyka odpadów generowanych przez człowieka i ich negatywne oddziaływanie na środowisko ma zasięg wykraczający poza obszar naszej planety. Odpady pochodzenia antropogenicznego znajdują się również w przestrzeni kosmicznej, stanowiąc potencjalne zagrożenie dla życia ludzi oraz pozostałych form życia na Ziemi. Odpady poruszające się po orbitach okołoziemskich są przede wszystkim niebezpieczne dla innych obiektów przebywających w przestrzeni kosmicznej. Problemem jest wzrastająca ich liczebność i fakt, że znajdują się one w ciągłym ruchu, rozwijając duże prędkości.

Rozwój nowoczesnych technologii przez ostatnie dziesiątki lat sprawił, iż przestrzeń kosmiczna stawała się coraz bardziej pożądanym obszarem, w konsekwencji czego orbity okołoziemskie są obecnie zatłoczone przez krążące na nich, pracujące i nieczynne już, satelity oraz inne mniejsze odpady. Zagrożenie stanowią zarówno odpady o niewielkich gabarytach, jak również duże satelity napędzane energią nuklearną, które mogą być niebezpieczne przez uwalnianie do atmosfery szkodliwych radioaktywnych substancji. Jedno z potencjalnie największych zagrożeń stanowią jednak kolizje odpadów z innymi obiektami kosmicznymi poruszającymi się w przestrzeni kosmicznej. Wraz z rozwojem przemysłu kosmicznego i wzmożonej eksploracji kosmosu problem odpadów kosmicznych staje się coraz bardziej istotny. Obecnie, poszukuje się efektywnych rozwiązań w celu zminimalizowania ilości tego

typu odpadów oraz niebezpieczeństw jakie mogą wywoływać. Rozwiązania te mają wymiar zarówno techniczny, środowiskowy jak i prawny. Problem wymaga kompleksowych rozwiązań związanych z zapobieganiem powstawania odpadów, ich minimalizacją oraz poszukiwaniem metod ich deorbitacji, z jak najmniejszą szkodliwością dla środowiska.

### WYKORZYSTYWANIE PRZESTRZENI KOSMICZNEJ PRZEZ CZŁOWIEKA

Wraz z rozwojem techniki, przestrzeń kosmiczna najbliższa Ziemi zaczęła być coraz bardziej atrakcyjna, a umieszczane na niej obiekty dawały coraz większe możliwości prowadzenia bardziej dokładnych badań kosmosu, niż z powierzchni naszej planety.

Pierwsze badania teoretyczne dotyczące możliwości lotów kosmicznych rozpoczęto w XIX w. Rozważania te dotyczyły najpierw możliwości wyrzucenia w przestrzeń pozaziemską ciała, które mogłoby stać się satelitą Ziemi. Warunkiem tego było nadanie ciału prędkości większej od 7,91 km/s, w kierunku równoległym do powierzchni Ziemi, aby mogło obiegać Ziemię. Tę prędkość konieczną do zrównania siły ciężenia ku środkowi Ziemi, nazywamy pierwszą prędkością kosmiczną (RYBKA 1978). Do prowadzenia badań w przestrzeni kosmicznej niezbędne więc były, i nadal są, sztuczne satelity. Są to obiekty załogowe lub bezzałogowe, krążące wokół ciała niebieskiego po orbicie zamkniętej. Sztuczny satelita wykonuje ruch obejmujący: start, lot orbitalny, ewentualnie kontrolowaną deorbitację. Początkowo,

---

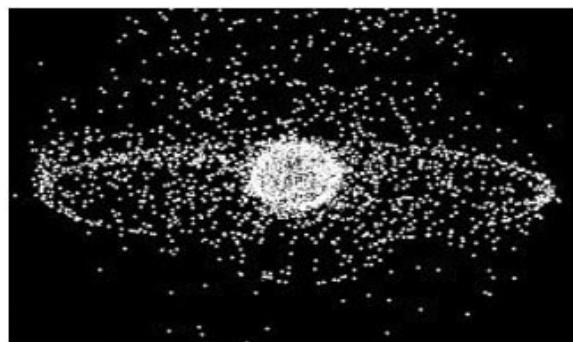
**Słowa kluczowe:** deorbitacja, odpady kosmiczne, ryzyko kolizji, sztuczne satelity

\*Wydanie artykułu finansowane przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie (dotacja podmiotowa na utrzymanie potencjału badawczego).

sztuczne satelity umieszczane były na orbitach, których perygeum przebiegało nisko nad Ziemią, co wiązało się z ich szybkim wejściem w atmosferę. Przyjęto, że maksymalna odległość, przy której atmosfera Ziemi jeszcze minimalnie może wpływać na ruch orbitalny satelity to ok. 1000–1500 km.

Pierwszy taki obiekt, o nazwie Sputnik 1, został wystrzelony 4 października 1957 r. Kolejny, Sputnik 2, został wysłany na wysokość 1700 km od powierzchni Ziemi 3 listopada 1957 r. Było to apogeum (maksymalna odległość od powierzchni Ziemi), zaś minimalna odległość wynosiła ok. 200 km.

Po sukcesach w eksploracji kosmosu, w latach 60. XX w. coraz większe znaczenie zaczęły mieć satelity wykorzystywane w różnych celach. Satelity meteorologiczne służą do pomiarów właściwości chemicznych i fizycznych powierzchni Ziemi oraz jej atmosfery. Geodezyjne znajdują zastosowanie do celów triangulacyjnych (dotyczących pomiarów osnów geodezyjnych) i pozwalają na dokładne wyznaczanie odległości międzykontynentalnych oraz powiązanie sieci triangulacyjnych z różnych kontynentów. Umożliwiało to osiągnięcie dokładności rzędu kilku metrów, podczas gdy przed stosowaniem sztucznych satelitów Ziemi, odległości międzykontynentalne znano z dokładnością najwyższej paruset metrów (RYBKA 1978). Współczesne techniki wykorzystujące satelity geodezyjne i specjalne lasery naziemne osiągają dokładności rzędu centymetrów. Przykładem jest stacja laserowa w Borowcu pod Poznaniem.



Ryc. 1. Odpady kosmiczne w przestrzeni orbitalnej Ziemi (Źródło: NASA <https://www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/photo-gallery.html>).

Bardzo popularne satelity telekomunikacyjne służą natomiast do transmitowania sygnałów radiowych i telewizyjnych między stacjami naziemnymi. Satelity wykorzystywane są również do tworzenia nowoczesnych systemów nawigacji satelitarnej, przydatnych w różnych dziedzinach życia gospodarczego.

#### CHARAKTERYSTYKA ODPADÓW KOSMICZNYCH

Obiekty znajdujące się na orbitach wokółziemskich mogą być pochodzenia naturalnego (nazywane meteoroidami) lub wytworzone przez człowieka. W pracy analizowane są odpady pochodzące z działalności i aktywności człowieka w przestrzeni kosmicznej. W literaturze przedmiotu najczęściej można

Tabela 1. Klasyfikacja orbit okołoziemskich i występujące na nich obiekty.

L.p.	Nazwa orbity	Cechy charakterystyczne orbity	Obiekty występujące na orbicie
	Niskie orbity okołoziemskie (LEO)	– wysokość od 200 do 2000 kilometrów nad Ziemią – prędkość osiągana przez obiekty wynosi około 27.400 km/h, czyli 8 km/s – pełen obrót osiągnięty zostaje w ciągu około 90 minut	– satelity obserwacyjne – satelity szpiegowskie – międzynarodowa stacja kosmiczna (ISS) – 400 km
	Średnie orbity okołoziemskie (MEO)	– wysokość od 2000 km do 35.786 km	– satelity nawigacyjne, np. GPS (20200 km) i GLONASS (19100 km)
	Orbita geostacjonarna  Jest szczególnym rodzajem orbity geosynchronicznej (o okresie obiegu doby gwiazdowej*)	– wysokość 35.786 km nad równikiem (42.160 km od środka Ziemi) – krążący po niej satelita zachowuje stałą pozycję nad wybranym punktem równika Ziemi  – okres obiegu: 23 godziny 56 minut i 4 sekundy	– satelity geostacjonarne, zwłaszcza telekomunikacyjne, meteorologiczne i telefonii satelitarnej oraz wspomagające GPS

\*doba gwiazdowa dzieli się na 24 godziny gwiazdowe (RYBKA 1978). wg [https://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/orbit\\_feature\\_5-8.html](https://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/orbit_feature_5-8.html).

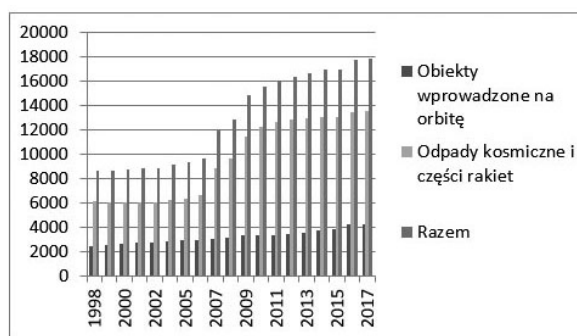
spotkać określenie tego typu odpadów jako „space debris”. Jest to specyficzny typ odpadów wytworzonych przez człowieka, nieprzydatnych i znajdujących się na orbicie okołoziemskiej. Masa odpadów kosmicznych może kształtować się od kilku gramów do wielu ton, a ich rozmiar, od kilku milimetrów do kilkudziesięciu metrów. Odpady te znajdują się od około 100 do ponad 36.000 km nad powierzchnią Ziemi (NASA 2013). Ryc. 1 obrazuje zagęszczenie odpadów znajdujących się na orbitach ziemskich.

Odpady kosmiczne znajdują się w ruchu i zmieniają swoje położenie krążąc po orbitach okołoziemskich – torach ruchu. Teorie ruchu satelitów są bardziej skomplikowane niż prawa Keplera, dlatego ruch ten jest jedynie w przybliżeniu opisany empirycznymi prawami Keplera. Satelita już po kilku dniach ruchu orbitalnego może znajdować się po drugiej stronie Ziemi, w stosunku do przewidywań wynikających z praw Keplera – tak daleko ich ruch może odbiegać od tego prostego przybliżenia.

Wokół Ziemi znajduje się kilka typów orbit, na których umieszczane są obiekty. W Tabeli 1 przedstawiono klasyfikację poszczególnych orbit okołoziemskich oraz rodzaje obiektów na nich umieszczanych. Na każdej z orbit znajdują się różne rodzaje satelitów, które mogą być źródłem kosmicznych odpadów. Obiekty krążące na wyższych orbitach, mimo zmniejszonego oddziaływania atmosfery, mogą być wrażliwe na wpływ ciśnienia wiatru słonecznego czy oddziaływanie Księżyca.

#### METODY POZYSKIWANIA INFORMACJI O ODPADACH KOSMICZNYCH

Wiedza i informacje o odpadach kosmicznych mogą być poszerzane przez analizę obiektów przebywających na orbicie. Śledzenie naziemne odpadów, ich identyfikacja i określanie ich populacji oraz katalogowanie jest możliwe za pomocą odpowiednich metod. Do monitorowania „space debris”, podobnie jak do innych obiektów, stosuje się techniki obserwacyjne i pomiarowe. Należą do nich techniki radarowe, które pozwalają na określenie prędkości i odległości danego obiektu oraz jego położenie w sferze niebieskiej. Obiekty poruszające się na wyższych orbitach okołoziemskich mogą być obserwowane jedynie przy użyciu teleskopów EU. Projekt SST (ang. Space Surveillance and Tracking Framework Support, Decision of 16 April 2014, No 541/2014/EU of the European Parliament and of the Council), to inicjatywa dotycząca Europejskiego systemu wykrywania i śledzenia obiektów w przestrzeni kosmicznej (EUROPEJSKI SYSTEM



Ryc. 2. Ogólna liczba obiektów wprowadzonych na orbity oraz odpadów kosmicznych na orbitach okołoziemskich w latach 1998-2017 (Źródło: NASA <https://www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/quarterly-news/newsletter.html>).

2014). Jej celem jest ochrona satelitów europejskich przed niebezpieczeństwem kolizji z innymi obiektami. W szczególności dotyczy ona problemu odpadów kosmicznych. Aby wzmocnić działania w tym obszarze, państwa europejskie: Francja, Niemcy, Włochy, Wielka Brytania i Hiszpania zawiązały konsorcjum SST w 2015 r.

Jedynym krajem utrzymującym obecnie publicznie dostępny katalog obiektów satelitarnych (US Space Catalog, USSC) są Stany Zjednoczone. W katalogu zarejestrowane są wszystkie obiekty wytworzone przez człowieka i umieszczane na orbitach okołoziemskich od 1957 r. Znajdują się tam szczegółowe informacje zarówno o obiektach pozostających na orbitach, jak i o tych, które powróciły do atmosfery ziemskiej, albo wylądowały na ciałach niebieskich. Uproszczone i streszczone informacje publikowane są przez Narodową Agencję Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej (ang. National Aeronautics and Space Administration, NASA) w sprawozdaniach kwartalnych o kosmicznych odpadach (NASA NEWS).

Źródłem informacji o kosmicznych odpadach mogą być sprowadzone na ziemię satelity, np. satelita EURECA umieszczony na orbicie przez STS-46 i sprowadzony na Ziemię przez STS-57 oraz panele słoneczne teleskopu Hubble’a ściągnięte przez misję STS-61 oraz STS-109 (STS to misje prowadzone z użyciem wahadłowców kosmicznych; ang. Space Transportation System).

#### ANALIZA ILOŚCI KOSMICZNYCH ODPADÓW NA ORBITACH OKOŁOZIEMSKICH

Przedstawione poniżej statystyki dotyczą tylko obiektów o rozmiarach co najmniej ok. 10 cm. Istnieją setki tysięcy obiektów o rozmiarach od 1 do 10 cm, które nie są regu-



larnie monitorowane, stanowiąc również poważne zagrożenie.

W Tabeli 2 i na Ryc. 2 przedstawiono liczbę obiektów znajdujących się na orbitach okołoziemskich w latach 1998-2017, z wyłączeniem 2003 r., dla którego brak jest danych. Wzięte zostały pod uwagę zarówno obiekty wprowadzone na orbitę w poszczególnych latach, jak i odpady kosmiczne i części rakiet. Dane z lat 1998-2013 dotyczą stanu na czerwiec, dane z lat 2014-2016 na lipiec, a dane z 2017 r. na styczeń. Analizując liczbę wszystkich obiektów znajdujących się na orbitach okołoziemskich w badanym czasie można zauważyć, że przez analizowany okres przybyło aż 9227 obiektów. W szczególności przybywa odpadów kosmicznych, które w 1998 r. występowały w liczbie 6150, a w 2017 r. ich liczba wyniosła już 13573. Zatem w latach 1998-2017 przybyło aż 7423 nowych odpadów kosmicznych. Oznacza to wzrost o 120,7% porównując liczebność odpadów w roku 1998 z rokiem 2017. Dane z analizowanego okresu (z wyłączeniem roku 2003) obrazują problem wciąż rosnącej liczby odpadów kosmicznych.

Tabela 2. Ogólna liczba obiektów wprowadzonych na orbity oraz odpadów kosmicznych na orbitach okołoziemskich w latach 1998–2017.

Rok	Obiekty wprowadzone na orbitę	Odpady kosmiczne i części rakiet	Razem
1998	2499	6150	8649
1999	2610	6085	8695
2000	2675	6092	8767
2001	2732	6099	8831
2002	2784	6087	8871
2003	b. d.	b. d.	b. d.
2004	2897	6251	9148
2005	2944	6408	9352
2006	3000	6680	9680
2007	3095	8859	11954
2008	3163	9688	12851
2009	3371	11492	14863
2010	3333	12217	15550
2011	3396	12698	16094
2012	3499	12900	16399
2013	3612	12990	16602
2014	3812	13088	16900
2015	3917	13008	16925
2016	4242	13487	17729
2017	4303	13573	17876

Źródło: NASA <https://www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/quarterly-news/newsletter.html>.

Obserwowane skokowe wzrosty tej liczby w latach 2007 i 2009 wywołane były dwoma wydarzeniami: zestrzeleniem chińskiego satelity Fengyun oraz zderzeniem satelitów Irydium 33 i Kosmos 2251.

Całkowita liczba wszystkich obiektów krążących na orbitach okołoziemskich wynosiła w styczniu 2017 r. 17876, w tym znajdują się 4303 czynne satelity, a nieczynne obiekty, które kwalifikowane jako odpady występują aż w liczbie 13573. Wynika z tego, że odpadów jest ponadtrzykrotnie więcej niż czynnych obiektów. Daje to obraz ilości bezużytecznych obiektów w przestrzeni kosmicznej i jest sygnałem, że tendencja ich przyrostu będzie się utrzymywać. Należy zwrócić uwagę, że pracujące obecnie satelity mają określony czas żywotności, po którym dołączają do grupy kosmicznych odpadów, a więc liczba odpadów w przestrzeni kosmicznej będzie sukcesywnie wzrastać.

Analizowane dane liczbowe zostały zaczerpnięte z bazy katalogowanej przez U.S Space Surveillance Network.

#### PRÓBY MINIMALIZACJI ODPADÓW KOSMICZNYCH

Problem wzrastającej liczby odpadów kosmicznych skłonił organizacje i instytucje, a także państwa zaangażowane w rozwój przemysłu kosmicznego, do prób podjęcia odpowiednich działań w celu poszukiwania optymalnych rozwiązań. Jednak wciąż jest wiele trudności w znalezieniu i wdrożeniu efektywnych metod minimalizujących ilość odpadów kosmicznych.

Najbardziej kłopotliwe odpady orbitalne to: nieczynne satelity, górne człony rakiet nośnych i części obiektów. Zagrożenia ze strony odpadów głównie dotyczą innych obiektów poruszających się po orbitach. Do głównych metod zmniejszających niebezpieczeństwo kolizji zaliczane są odpowiednie manewry orbitalne. Polegają one na właściwej korekcie orbity przez operatorów działających satelitów w celu zmniejszenia ryzyka zderzeń. NASA pracuje nad programem minimalizacji odpadów (ang. Space Debris Mitigation Programme). Powołany został również Międzyagencyjny Komitet Koordynacyjny ds. Odpadów Kosmicznych (ang. The Inter-Agency Space Debris Coordination Committee, IADC), działający na zasadach międzynarodowego forum, skupiającego rządowe organizacje w celu koordynacji działań związanych z kwestiami odpadów w przestrzeni kosmicznej pochodzenia naturalnego oraz wytworzonych przez człowieka. Organizacja ta ma na celu wymianę informacji na temat odpadów i współpracę w zakresie badań naukowych w tym obszarze.

Europejska Agencja Kosmiczna (ang. European Space Agency, ESA) dąży do osiągnięcia „czystej przestrzeni” (ang. clean space), wprowadzając szereg działań i programów. Do tego przedsięwzięcia niezbędne są regulacje prawne. Przykładami takich regulowań mogą być te już wdrożone: Rozporządzenie UE z dnia 18 grudnia 2006 r. (ROZPORZĄDZENIE 2006) dotyczące rejestracji, oceny, autoryzacji i ograniczania użycia chemikaliów [ang. Regulation of the European Parliament and of the Council concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH) (EC 1907/2006)] i Dyrektywa z dnia 27 stycznia 2003 roku (DYREKTYWA 2003), dotycząca zmniejszenia ilości substancji niebezpiecznych [ang. Restriction of Hazardous Substances Directive (2002/95/EC)].

W dążeniach do osiągnięcia czystej przestrzeni kosmicznej duże znaczenie mają konkurencyjne, przyjazne środowisku technologie, określane jako „zielone technologie” (zmniejszające zużycie surowców, materiałów, zwiększające recykling i wykorzystanie odpadów, efektywność energetyczną, stosujące zintegrowane układy procesowe itp.). Ważny jest także rozwój sektora kosmicznego oraz korzystanie z przestrzeni kosmicznej w sposób zrównoważony. Zatem, w inicjatywie „czysta przestrzeń” wyzwania dotyczą działań zarówno odbywających się w przestrzeni kosmicznej, jak i na Ziemi. Działania te rozpoczynają się od ekoprojektowania, które również pozwoli na ocenę wpływu na środowisko i monitoring ryzyka legislacyjnego. Ponadto, zmienia się również postępowanie z nowo wypuszczanymi w przestrzeń kosmiczną obiektami, które będą posiadały program wytycznych postępowania z nimi po zakończonej misji.

System, który ESA zamierza wykorzystywać, nosi nazwę Aktywny System Usuwania Odpadów (ang. Active Debris Removal, ADR) i ma za zadanie stabilizację ilości „space derbis” w przestrzeni kosmicznej. Polega on między innymi na deorbitacji kosmicznych odpadów. Deorbitacja to manewr sprowadzenia obiektu kosmicznego z orbity w gęste warstwy atmosfery, gdzie uległby on spalaniu. Deorbitacja wiąże się niestety z bardzo dużymi nakładami finansowymi i jest nieefektywna. Satelity sprzątające kosmiczne odpady mogą doprowadzić do deorbitacji zaledwie od jednego do kilku odpadów kosmicznych. To bardzo niewiele, biorąc pod uwagę liczbę odpadów liczoną w tysiącach. Kolejnym ogniwem w dążeniu do czystej przestrzeni jest wdrożenie technologii ograniczania odpadów w przestrzeni kosmicznej (ang. Space Debris Mitigation) oraz korygo-

wanie ilości odpadów w przestrzeni kosmicznej (ang. Space Debris Remediation).

## PODSUMOWANIE

Problem odpadów kosmicznych generowanych przez człowieka wymaga kompleksowych rozwiązań. Przestrzeń orbitalna wokół Ziemi jest coraz bardziej zatłoczona przez krążące po orbitach nieczynne satelity, nieprzydatne elementy raket i inne kosmiczne odpady, będące wytworem działalności ludzkiej. Stanowią one zagrożenie dla innych obiektów przebywających na orbitach okołoziemskich. Szczególnie zatłoczona jest orbita położna najbliżej ziemskiej atmosfery, tzw. niska orbita okołoziemiska (ang. Low Earth Orbit, LEO). Instytucje i państwa zajmujące się eksploracją kosmosu szukają rozwiązań ograniczających zagrożenia ze strony kosmicznych odpadów i zmniejszających ich ilość na orbitach. Metody te są kompleksowe i wymagają dużych nakładów finansowych i działań w wielu obszarach. Europejska Agencja Kosmiczna (ESA) kładzie nacisk na rozwój inicjatywy „czystej przestrzeni”, która ma na celu zmianę podejścia do użytkowania przestrzeni kosmicznej. Sektor kosmiczny czeka wiele wyzwań, które wiążą się z wdrażaniem technologii i metod realizujących założenia „czystej przestrzeni” z jak najmniejszym negatywnym oddziaływaniem na środowisko naturalne zarówno na Ziemi, jak i w przestrzeni orbitalnej. Do takich narzędzi można zaliczyć tzw. „zielone technologie”, ekoprojektowanie, oceny oddziaływania na środowisko, zmiany legislacyjne, programy służące deorbitacji i ograniczania odpadów kosmicznych.

### Streszczenie

Odpady kosmiczne wytworzone przez człowieka stanowią istotny problem w przestrzeni kosmicznej. Niepokojąca jest wciąż wzrastająca liczba tego typu obiektów na orbitach okołoziemskich. Odpady te krążą obok czynnych obiektów, głównie sztucznych satelitów Ziemi, umieszczanych na orbitach w różnych celach, które po pewnym czasie stają się także zbędne, zasilając populację kosmicznych śmieci. Obserwowany wzrost liczby bezużytecznych obiektów wiąże się przede wszystkim z niebezpieczeństwem kolizji w przestrzeni kosmicznej. Dlatego problem ten wymaga odpowiednich rozwiązań i działań ze strony środowiska naukowego i instytucji zajmujących się eksploracją kosmosu. W pracy przeanalizowano kształtującą się ilość i rodzaje odpadów kosmicznych oraz źródła ich pochodzenia w ostatnich dziesięcioleciach. Ponadto określono miejsca ich występowania oraz zagrożenia jakie mogą powodować, a także określono próby minimalizacji liczby odpadów tego typu.

## LITERATURA

DYREKTYWA, 2003. *Dyrektywa z dnia 27 stycznia 2003 roku, dotycząca zmniejszenia ilości sub-*

- stancji niebezpiecznych – Restriction of Hazardous Substances Directive (2002/95/EC).*
- EUROPEJSKI SYSTEM, 2014. *Europejski system wykrywania i śledzenia obiektów satelitarnych – Space Surveillance and Tracking Framework Support.* Decision of 16 April 2014, No 541/2014/EU of the European Parliament and of the Council.
- NASA (National Aeronautics and Space Administration), 2013. *Space debris and human spacecraft.* [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/news/orbital\\_debris.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/news/orbital_debris.html).
- NASA NEWS (National Aeronautics and Space Administration). U. S Space Surveillance Network, Orbital Debris Quarterly News, 3 (1998) - 21(2017) <https://www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/quarterly-news/newsletter.html>.
- ROZPORZĄDZENIE, 2006. *Rozporządzenie UE z dnia 18 grudnia 2006 r. dotyczące rejestracji, oceny, autoryzacji i ograniczania użycia chemikaliów.* Regulation of the European Parliament and of the Council concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH) (EC 1907/2006).
- RYBKA E., 1978. *Astronomia ogólna.* PWN, Warszawa.

### KOSMOS Vol. 67, 2, 449–454, 2018

JUSTYNA MUWEIS

*Department of Management in Power Engineering, Faculty of Management, AGH University of Science and Technology,  
10 Gramatyka Str., 30-067 Krakow, E-mail: jmuweis@zarz.agh.edu.pl*

#### SPACE DEBRIS AND THE ATTEMPT OF THEIR MINIMALIZATION

##### Summary

Space debris produced by man pose significant problems in near Earth space. Disturbing is still increasing amount of this type of waste. The wastes circulate alongside the working objects – mainly the Earth artificial satellites placed in orbit for a variety of purposes, which after some time become also useless supporting the space debris population. The observed increase in the number of useless objects is associated primarily with the danger of a collision in space. Therefore, this problem requires appropriate solutions and actions from the scientific community and institutions dealing with space exploration. The work analyses the number and types of waste shaping the space and their origin in recent decades. In addition, there are specified places of their occurrence, risks that they may cause, and also attempts to minimize this type of waste.

Key words: artificial satellites, deorbitation, risk of collision, space debris