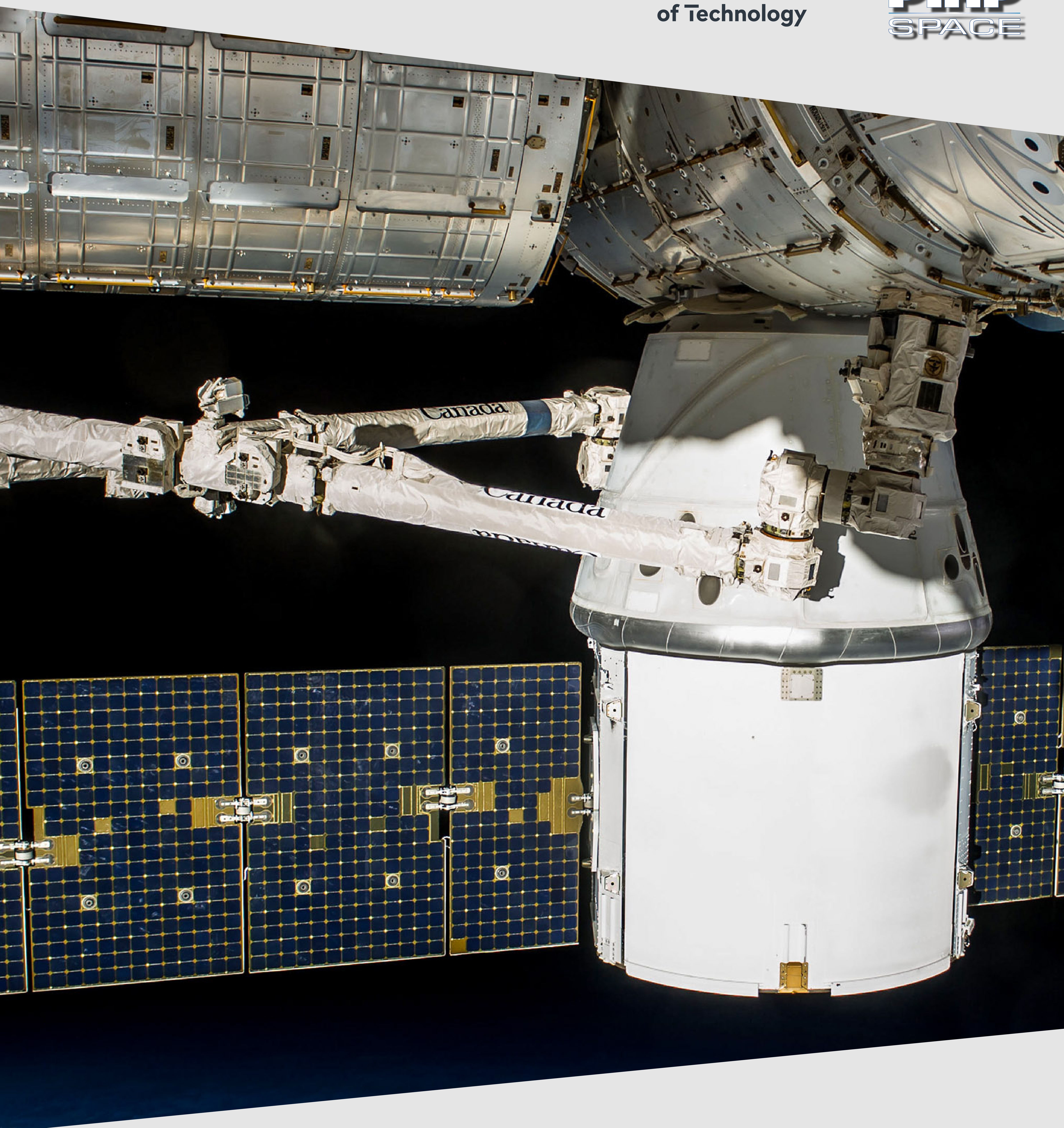




RYNEK KOSMICZNY W POLSCE współpraca nauki i biznesu w projektach ESA

Autorzy opracowania: Marcin Karolak, Katarzyna Modrzejewska, Marlena Gołofit, Paweł Huras, Mateusz Wolski

ISBN: 978-83-951174-6-6

DOI: 10.32062/rkwp

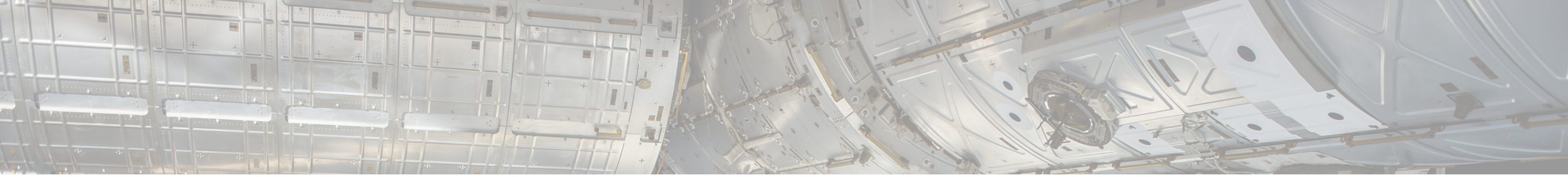
Wydawca: Politechnika Warszawska - Centrum Zarządzania Innowacjami i Transferem Technologii Politechniki Warszawskiej

Badania oraz opracowany na ich podstawie raport wykonał zespół badawczy Politechniki Warszawskiej z Centrum Zarządzania Innowacjami i Transferem Technologii PW oraz PIAP Space Sp. z o.o.

**Warsaw University
of Technology**



Warszawa, lipiec 2019



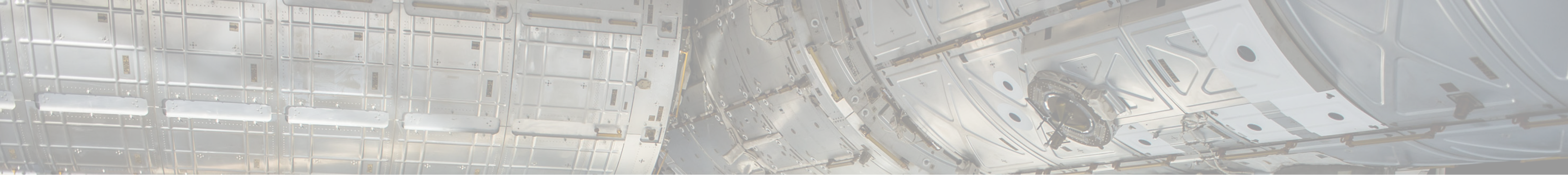
Wprowadzenie

Pod koniec lat 50. XX w. wraz z pierwszymi sztucznymi satelitami, wyniesionymi w przestrzeń kosmiczną w ramach misji Sputnik oraz Explorer, dostęp do badań nad dotychczas niedostępną przestrzenią, zyskały Związek Radziecki i Stany Zjednoczone Ameryki Północnej. Był to początek nie tylko kosmicznej rywalizacji mocarstw w powojennym, bipolarnym układzie politycznym, ale także istotny impuls światowego rozwoju technologicznego. Polska w tym okresie uczestniczyła w eksploracji przestrzeni kosmicznej poprzez program Interkosmos, skierowany do państw obozu socjalistycznego. Właśnie w jego ramach został wysłany na orbitę Ziemi, Hermaszewski, a Polska stała się czwartym krajem na świecie należącym do grona mogącego się pochwalić udziałem w załogowym programie kosmicznym. Równolegle dokonywało się stopniowe poszerzanie, również ze względów prestiżowych, grupy państw zainteresowanych badaniem oraz wykorzystywaniem przestrzeni kosmicznej - Japonii, Chin, Indii oraz stowarzyszonych pod Europejską Agencją Kosmiczną państw europejskich. W latach 70. XX w. na znaczeniu zyskały komercyjne aspekty eksploracji Ziemi tj. telekomunikacja satelitarna. Wraz ze zmianą sytuacji politycznej pod koniec lat 80. XX w., dotychczasowa rywalizacja została zastąpiona współpracą, a program Interkosmos stracił na znaczeniu. Współpraca znalazła swoje odzwierciedlenie w postaci realizacji projektu Międzynarodowa Stacja Kosmiczna (ang. *International Space Station*, ISS). W tym czasie, za sprawą rozwoju technologicznego – szczególnie w sektorze technologii informacyjnych, w coraz większym stopniu, odkrywano możliwości praktycznego wykorzystywania technologii kosmicznych (nawigacja satelitarna, zdjęcia satelitarne). Przestrzeń kosmiczna stała się kolejnym, nowym polem wykorzystywania innowacji w przemyśle, a jednocześnie potencjalnym źródłem tych innowacji. Stało się oczywiste, że grupa podmiotów uczestniczących w wykorzystywaniu przestrzeni kosmicznej ulegnie wielokrotnieniu oraz zacznie obejmować swoim zasięgiem także sektor prywatny. Rdzeń tej grupy tworzą 72 narodowe lub międzynarodowe agencje kosmiczne, zróżnicowane pod kątem stopnia autonomii, dostępu do technologii i infrastruktury satelitarnej^[1]. Zdolność do wystrzeliwania zarówno rakiet kosmicznych jak i satelit posiada 14 instytucji, natomiast zdolność wynoszenia człowieka w kosmos już tylko 6 agencji, do których należą:

- Europejska Agencja Kosmiczna (ang. *European Space Agency*, ESA),
- NASA (ang. *National Aeronautics and Space Administration*, Stany Zjednoczone),
- CNSA (ang. *China National Space Administration*),
- ISRO (ang. *Indian Space Research Administration*),
- JAXA (ang. *Japan Aerospace Exploration Agency*),
- RFSA (ang. *Roscosmos State Corporation for Space Activities*, Rosja).

27 kwietnia 2007 r. przedstawiciele Polski i Europejskiej Agencji Kosmicznej podpisali tzw. porozumienie PECS (ang. *Plan for European Cooperating State*) oznaczające dla Polski przystąpienie do pięcioletniego Planu dla Europejskich Państw Współpracujących, przygotowującego do członkostwa w Europejskiej Agencji Kosmicznej, poprzez uczestnictwo polskich przedsiębiorstw w programach kosmicznych ESA na określonych przez ESA zasadach. W czerwcu 2012 r. rozpoczęto negocjacje akcesyjne, a 19 listopada tego samego roku Polska stała się formalnie członkiem Europejskiej Agencji Kosmicznej.

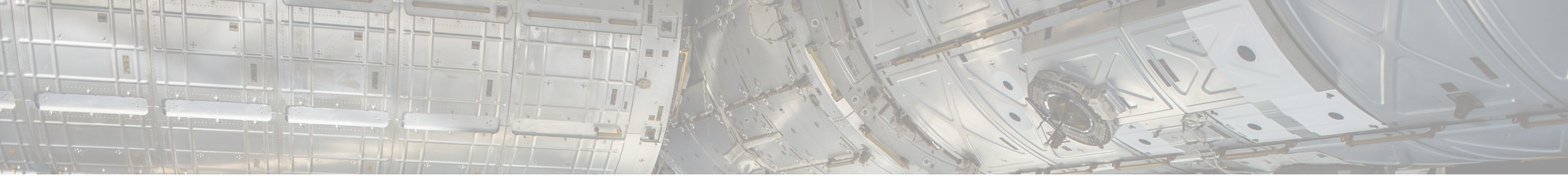
[1] *All the world's space agencies*,
<http://www.hudsonfla.com/spacehdi.htm>, (dostęp 20.02.2019).



Polska Agencja Kosmiczna (ang. *Polish Space Agency*, POLSA)^[2] została utworzona ustawą z 26 września 2014 r. Jest ona rządowym organem wykonawczym podlegającym Prezesowi Rady Ministrów, której głównym zadaniem jest realizacja polityki państwa w obszarze sektora kosmicznego. Podstawowym dokumentem określającym politykę kosmiczną państwa jest, opublikowana 18 lutego 2017 r., Polska Strategia Kosmiczna. Rozwój sektora kosmicznego ma skutkować rozwojem w strategicznych dla państwa obszarach: przemysłu, administracji publicznej oraz obronności i bezpieczeństwa narodowego. Za główny cel w obszarze przemysłu stawiany jest wzrost konkurencyjności polskiego sektora kosmicznego, a także zwiększenie udziału w obrotach europejskiego sektora kosmicznego do poziomu 3% w 2030 roku. W tym kontekście istotne znaczenie będzie miało zwiększenie partycypacji w programach kosmicznych Europejskiej Agencji Kosmicznej, programach Unii Europejskiej, a także innych inicjatywach międzynarodowych. Zaangażowanie Polski w tych programach według Strategii ma się przyczynić do większego dostępu do zaawansowanego rynku światowego oraz instrumentów finansowych umożliwiających przeprowadzenie, dotychczas pozbawionych finansowania, badań [Mroczek, 2016]. Aby mogło to zostać zrealizowane niezbędne jest wyszukanie, w nasyconym już rynku europejskim, obszarów technologicznych, w których polskie podmioty gospodarcze mogłyby się specjalizować i konkurować z innymi. Ponadto niezbędne wydaje się podwyższenie kompetencji technologicznych polskich podmiotów, tak aby z dostawców elementów systemów kosmicznych stały się dostawcami podsystemów (co nie jest możliwe bez zwiększenia dostępności środków finansowych). Według autorów dokumentu obecnie istnieją korzystne warunki do powstawania polskich podmiotów partycypujących w tworzącym się ogólnoswiatowym rynku kosmicznym.

[2] <https://polsa.gov.pl/o-agencji/misja-wizja-i-zadania>, (dostęp 20.04.2019)

Kluczowym instrumentem wspierającym rozwój sektora kosmicznego w Polsce jest stworzony przez Polską Agencję Kosmiczną - Krajowy Program Kosmiczny na lata 2019 – 2021. Podstawową rolą Programu jest utrzymanie potencjału technologicznego oraz militarnego polskiego sektora kosmicznego, a także umożliwienie realizacji dużych projektów kosmicznych poprzez optymalną alokację zasobów oraz istnienie stabilnych ram prawnych i finansowych w długoterminowej perspektywie. Rozwój sektora kosmicznego postrzegany jest również jako szansa dla poprawy działania administracji publicznej oraz element budowy gospodarki cyfrowej. Autonomiczny dostęp do danych satelitarnych umożliwi urzędowi szybciej oraz taniej wykonywać dotychczas kosztowne i pracochłonne zadania. Ograniczy wykorzystywanie kosztownych zewnętrznych usług. Wykorzystywanie technologii kosmicznych i technik satelitarnych, zapewnienie satelitarnych systemów łączności i nawigacji oraz rozwój technologii raketowych wchodzi w pulę celów zapisanych w strategię i związanych z rozwojem obronności i bezpieczeństwa narodowego. Realizacja powyższych celów nie będzie jednak w pełni możliwa bez istotnego udziału świata nauki, będącego zapleczem rozwoju technologii kosmicznych. Agencje kosmiczne, a w szczególności te zrzeszające grupę państw, stanowią miejsce koncentracji nie tylko zwykle trudnodostępnych środków materialnych umożliwiających prowadzenie badań (w tym infrastruktury badawczej), ale również zasobów intelektualnych (wiedzy i doświadczenia). Dla uczelni agencja kosmiczna stanowi doskonałą platformę kształcenia własnych studentów, miejsce realizacji własnych projektów badawczych oraz uczestnictwa w interesujących projektach, stanowi również źródło dochodów poprzez realizację zleceń prac badawczych (kontraktów). Z drugiej strony współpracująca z szeregiem najlepszych uczelni agencja kosmiczna uzyskuje dostęp do kadry najlepszych w kraju naukowców, infrastruktury oraz doświadczenia.



1. Rynek kosmiczny w Polsce

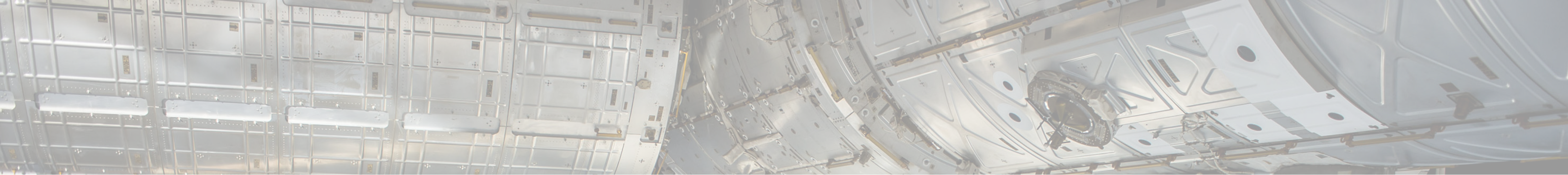
1.1. Europejska Agencja Kosmiczna jako główny katalizator rozwoju sektora kosmicznego w Polsce

Eksploracja i wykorzystywanie przestrzeni kosmicznej jest przedsięwzięciem wymagających od państw potężnych zasobów materialnych, infrastrukturalnych, technologicznych oraz organizacyjnych. Wysiłek taki są w stanie podjąć jedynie największe państwa, cechujące się najwyższym rozwojem technologicznym. Roczny budżet amerykańskiej agencji kosmicznej NASA wynosił w 2018 r. ponad 20,7 mld dolarów, czyli niemal trzykrotnie więcej niż całkowite roczne wydatki na obronę narodową w Polsce. Świadomość istnienia powyższych ograniczeń skłoniła przywódców części państw tzw. Starej Europy do stworzenia Europejskiej Organizacji Badań Kosmicznych oraz Europejskiej Organizacji Rozwoju Badań Rakiet Nośnych, które w 1975 r. połączono dając tym samym początek, wspomnianej już wcześniej, Europejskiej Agencji Kosmicznej. Zrzeszająca 10 krajów (obecnie 22 kraje) Europejska Agencja Kosmiczna, z siedzibą w Paryżu, postawiła sobie za cel realizację wspólnego europejskiego programu badania i wykorzystywania przestrzeni kosmicznej. W kolejnych latach organizacja odniosła szereg znaczących sukcesów w postaci skonstruowania własnych rakiet nośnych, własnych systemów łączności i nawigacji satelitarnej [Stankiewicz, 2010]. Obecna strategia ESA (2015 – 2025) jest m.in. oparta o wizję *Space 4.0i*. Fundamentami tej wizji są integracja sektora kosmicznego z ekonomią i społeczeństwem, konkurencyjność europejskiego sektora w skali globalnej, europejska autonomia w branży kosmicznej oraz zaangażowanie prywatnego sektora. Strategia zakłada wysoki stopień innowacyjności poprzez podejmowanie wyzwań technologicznych, także tych o wysokim stopniu ryzyka. Uznaje za istotne znaczący udział opinii publicznej w działalności agencji za sprawą udostępnienia informacji.

Wszystkie państwa członkowskie Europejskiej Agencji Kosmicznej partycypują (proporcjonalnie do posiadanego produktu krajowego brutto) w kosztach programów obowiązkowych i kosztach wspólnych organizacji. W skład programów obowiązkowych wchodzi trzy programy:

- **Science Programme** – badania przestrzeni kosmicznej, fizyki systemu słonecznego, astronomia i fizyka podstawowa,
- **General Studies Programme** - *think tank* Europejskiej Agencji Kosmicznej, określający strategię organizacji na kolejne lata,
- **Technology Research Programme** - rozwój technologii kosmicznych, rozwój sprzętu służącego badaniom kosmicznym.

Dane Europejskiej Agencji Kosmicznej dot. polskiego sektora kosmicznego, pokazują że przystępując do Agencji w 2012 r. polscy przedsiębiorcy (pomimo niewielkiej liczby przedsiębiorstw zajmujących się stricte działalnością kosmiczną) dysponowali dużym potencjałem wiedzy, doświadczenia oraz kultury organizacyjnej. W celu dostosowania operatorów, środowiska naukowego i innych podmiotów do wymogów agencji ustalono, że zostanie uruchomiony Program Wsparcia Polskiego Przemysłu w ESA (PLIIS). Zgodnie z Programem 45% składki jaką odprowadzała do budżetu organizacji Polska, mogło zostać przeznaczona na konkursy adresowane wyłącznie do polskiego sektora kosmicznego lub na współfinansowanie polskiego udziału w wybranych projektach i misjach ESA.

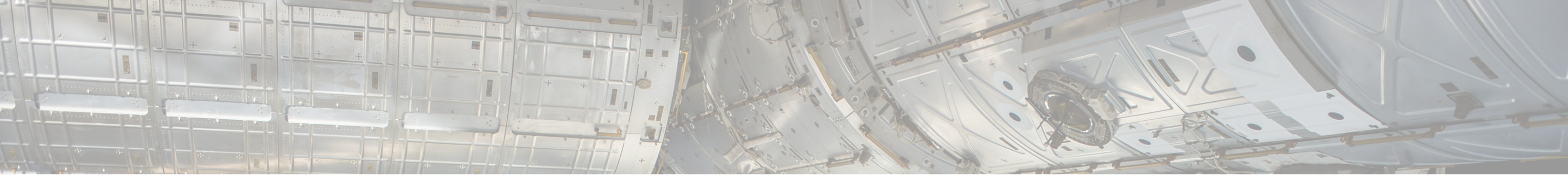


Konkurs odbywał się w pięciu kategoriach: *flight hardware activities, research and development activities, preparatory activities, space applications, products and services*. Program Wsparcia Polskiego Przemysłu w ESA obowiązywał do 2019 r., Miało to gwarantować polskiemu przemysłowi uczestnictwo w krajowych i międzynarodowych kontraktach, w obszarach najwyższych technologii o ogromnym potencjale wzrostu. Pozostała część składki na programy obowiązkowe (55%) dystrybuowana była zgodnie z ogólnymi zasadami przetargowymi ESA.

Poza programami obligatoryjnymi państwa członkowskie dobrowolnie mogą przystępować do programów opcjonalnych, które są finansowane wyłącznie przez państwa uczestniczące. Obecnie Polska uczestniczy w 10 programach opcjonalnych:

- **Earth Observation Envelope Programme 5** – udostępnienie w wyniku lepszej obserwacji Ziemi danych satelitarnych oraz rozwój nowych produktów i aplikacji z zakresu dyscyplin takich jak: rolnictwo, urbanizacja, leśnictwo i inne.
- **General Support Technology Programme** - budowa know-how w obszarze rozwoju przemysłu, w celu opracowania technologii zmniejszającej ryzyko prowadzonych w przyszłości misji.
- **Space Situational Awareness** - monitoring pogody kosmicznej (śledzenie aktywności słońca) wykrywanie asteroid i komet mogących być zagrożeniem dla Ziemi, śledzenie aktywnych i nieaktywnych satelit oraz kosmicznych śmieci.
- **Integrated Applications Promotion (Artes)** - stworzenie oprogramowania integrującego historyczne dane kosmiczne związane z dotychczas prowadzoną komunikacją satelitarną, obserwacją Ziemi, nawigacją satelitarną oraz historycznymi niekosmicznymi danymi.
- **Prodex** - umożliwienie podmiotom przemysłowym z państw członkowskich uczestnictwa w prowadzonych przez Europejską Agencję Kosmiczną eksperymentach badawczych.
- **Future Launchers Preparatory NEO** - praca nad nowymi systemami wynoszenia w przestrzeń kosmiczną.
- **European Exploration Envelope Programme** – program eksploracji przestrzeni kosmicznej oraz obiektów niebieskich w ramach, którego prowadzone są misje badawcze, tj. Mars Express, Ulysses itd.
- **Next Generation Platform (NEOSAT)** - stworzenie nowej platformy satelit wykorzystywanej przez sektor przemysłowy,
- **Navigation Innovation and Support Programme** - przyspieszenie przemysłowych kompetencji i innowacji w sektorze nawigacji satelitarnej, wyszukiwanie sposobów integracji nawigacji satelitarnej z niekosmicznymi technologiami (IoT).
- **Artes Future Preparation** - zdefiniowanie kluczowych elementów w obszarze możliwości rynkowych, barier regulacyjnych, standardów, przyszłych potrzeb w odniesieniu do rozwoju satelit telekomunikacyjnych.

W odniesieniu do budżetu Europejskiej Agencji Kosmicznej należy wspomnieć o istnieniu polityki zrównoważonego zwrotu geograficznego według, którego liczba udzielanych kontraktów dla przedsiębiorstw z określonych krajów jest oparta o współczynnik związany z procentowym udziałem w finansowaniu programów i projektów ESA. Oznacza to, że większość wpłaconej przez Polskę składki wraca do Polski w postaci kontraktów dla przemysłu i jednostek naukowo – badawczych. Realizowane w ramach Europejskiej Agencji Kosmicznej programy składają się z szeregu projektów udostępnionych w formie cyklicznych konkursów. Zostają one ogłoszone za pośrednictwem portalu EMITS. Wybór podwykonawców średnich projektów jest przeprowadzony średnio raz na trzy lata, wybór podwykonawców dużych projektów – średnio raz na pięć lat.

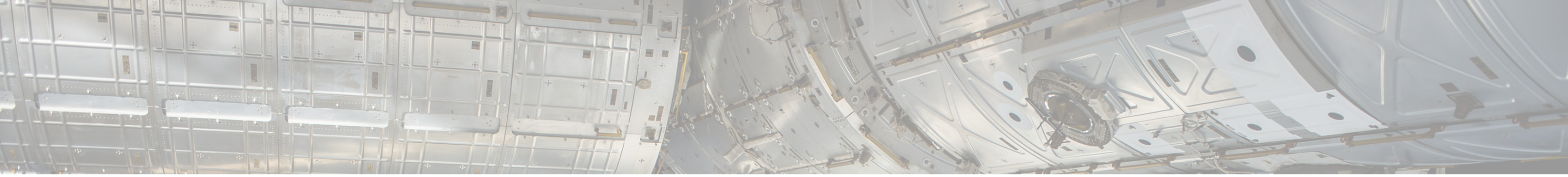


1.1. Główni uczestnicy polskiego sektora kosmicznego oraz ich udział w projektach ESA

Liczba działających przedsiębiorstw w sektorze kosmicznym szacowana jest na 230 podmiotów [Polsa, 2018]. Branża kosmiczna jest głównym obszarem działalności dla 40 przedsiębiorstw w Polsce. Ze względu na sposób powstawania przedsiębiorstwa te można podzielić na następujące grupy:

- **Podmioty bazujące na wiedzy i doświadczeniu osób zaangażowanych w projekty uczelni i instytutów** są to przedsiębiorstwa powstałe w wyniku potrzeby skomercjalizowania kompetencji i rozwiązań wypracowanych podczas działań badawczych. Powstawanie tej grupy podmiotów było najczęściej związane z możliwościami finansowania projektów przez ESA. Istnieją co najmniej trzy scenariusze, tzn.:
 - *za sprawą wyodrębnienia tematyki rynkowej ze struktury badawczej* poprzez utworzenie spółki typu spin-off – podmiotami, z których wyodrębniono tego typu działalność były Przemysłowy Instytut Automatyki Przemysłowej (PIAP Space), Centrum Badań Kosmicznych PAN (Spacive, Astronika), Akademia Górniczo-Hutnicza (SATIM Monitoring Satelitarny), Politechnika Wrocławska (Scane Way);
 - *za sprawą utworzenia przez uczelnię lub instytut z przedsiębiorstwem prywatnym spółki joint-venture*, czego przykładem może być powstała w wyniku kooperacji Centrum Badań Kosmicznych PAN i Airbus Defence and Space, specjalizującej się w elektronice i optomechatronice spółka Astri;
 - *za sprawą utworzenia nowego podmiotu przez osoby wcześniej uczestniczące w projektach studenckich*, czego przykładem może być, zajmująca się wytwarzaniem zaawansowanych rozwiązań informatycznych w zakresie wizji komputerowej i uczenia maszynowego spółka KP Labs, utworzona przez grupę inżynierów związanych z Politechniką Śląską.
- **Podmioty będące wyodrębnieniem istniejących spółek podejmujących działania w sektorze kosmicznym**, które powstały w wyniku rozszerzenia dotychczasowej działalności firmy o sektor kosmiczny, a następnie założenia nowej spółki ukierunkowanej na branżę kosmiczną. Przykładem tego typu podmiotu może być spółka założona w 2015 r., zajmująca się systemami zasilania i napędami (produkcją Nadtlenu Wodoru) Jakusz SpaceTech Sp. z o.o., Powstała ona z utworzonej w 1985 r. spółki Jakusz Sp. z o.o., mającej w polu swojej działalności ochronę przed skutkami wybuchu, utylizację amunicji.
- **Podmioty będące polskimi oddziałami międzynarodowych grup**, do których należą, m.in.: PZL OKĘCIE, GMV Innovation Solutions, Mobica Limited Sp. z o.o. SpaceForest Ltd., Thales Alenia Space Polska, SENER.
- **Podmioty rozszerzające swoją działalność o sektor kosmiczny oraz podmioty, których dotychczasowe produkty i usługi znajdują zastosowanie w przemyśle kosmicznym**
- **Podmioty z długoletnim doświadczeniem w sektorze kosmicznym.**

Ze względu na główne rodzaje działalności, znacząca liczba polskich podmiotów działających w sektorze kosmicznym specjalizuje się w wykorzystywaniu danych satelitarnych oraz tworzeniu baz danych. W wielu przypadkach głównym obszarem działalności dla tych podmiotów jest jednocześnie tworzenie oprogramowania kosmicznego naziemnego i pokładowego, które znajdują zastosowanie w tworzeniu systemów świadomości sytuacyjnej oraz podczas przygotowania protokołów komunikacyjnych dla prowadzonych misji.



2. Formy współpracy Politechniki Warszawskiej z Europejską Agencją Kosmiczną

Politechnika Warszawska współpracuje z Europejską Agencją Kosmiczną w wielu obszarach, w formie bezpośredniej (udział w ogłaszanych przez Agencję konkursach oraz projektach) lub pośredniej (realizacja zadań badawczych w ogłaszanych przez ESA konkursach jako podwykonawca, w koordynowanych przez inne podmioty projektach Agencji).

2.1. Pośrednie formy współpracy Politechniki Warszawskiej z Europejską Agencją Kosmiczną

Politechnika Warszawska poprzez pracowników naukowych swoich jednostek podstawowych tj. Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Wydział Fizyki, uczestniczyła jako podwykonawca w co najmniej kilkunastu projektach Europejskiej Agencji Kosmicznej. Projekty te były koordynowane przez m.in.:

- **Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych**^[3] – współpraca (zlecenie badawcze) z Wydziałem Elektroniki i Technik Informacyjnych PW w ramach projektu **IRRSAT**. Celem projektu była ocena możliwości zbadania stopnia nawodnienia upraw za pomocą technik satelitarnych, z wykorzystaniem skanowania elektromagnetycznego. Ze strony Politechniki Warszawskiej kierownikiem projektu był prof. Jacek Misiurewicz.
- **N7 Mobile**^[4] – współpraca (zlecenie badawcze) z Wydziałem Elektroniki i Technik Informacyjnych PW w ramach projektu **ASN.1/ACN modeling tools IDE**. Celem projektu było stworzenie kompilatora dla systemów bezpieczeństwa o znaczeniu krytycznym. Ze strony Politechniki Warszawskiej kierownikiem projektu był dr Piotr Gawkowski.
- **Orteh**^[5] – współpraca (zlecenie badawcze) z Wydziałem Fizyki Politechniki Warszawskiej, w ramach projektu **Holographic Wearable Display for Manual Assembly Support**. Celem projektu było stworzenie systemu optycznego do wyświetlania wielu obrazów dla różnych ogniskowych, niezależnie dla każdego obrazu, co ma wpływać na lepsze postrzeganie rozszerzonej rzeczywistości. Ze strony Politechniki Warszawskiej kierownikiem projektu był dr inż. Michał Makowski.

[3] Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych jest utworzonym w 1946 r. instytutem badawczym prowadzącym prace badawczo – rozwojowe w zakresie techniki rolniczej, środków transportu i metod komputerowych.

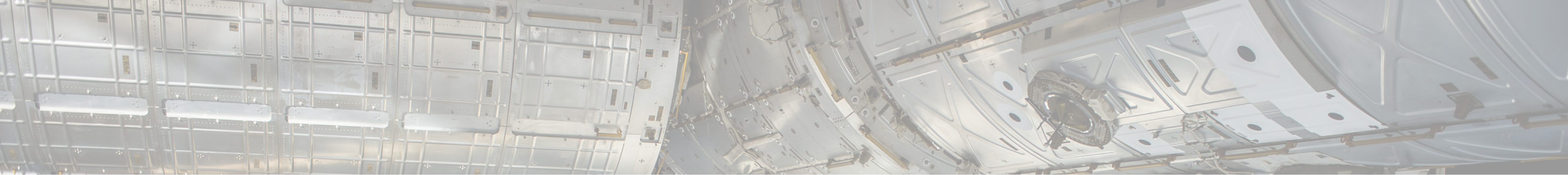
[4] N7 Mobile to spółka z ograniczoną odpowiedzialnością, tworząca aplikacje mobilne i serwerowe na zamówienie.

[5] Orteh to istniejąca od 1990 r. spółka z ograniczoną odpowiedzialnością skupiająca się na projektowaniu i instalowaniu sieci komputerowych oraz optymalizacji komputerowej projektowanych hologramów, procesów przygotowania danych do nasświetlarki elektronowej.

2.2. Bezpośrednie formy współpracy Politechniki Warszawskiej z Europejską Agencją Kosmiczną

W ramach form współpracy bezpośredniej można wyznaczyć trzy typy działania. Pierwszy, w którym Politechnika Warszawska była instytucją koordynującą projekt wykonywany dla ESA. Jako przykłady takich projektów można wymienić:

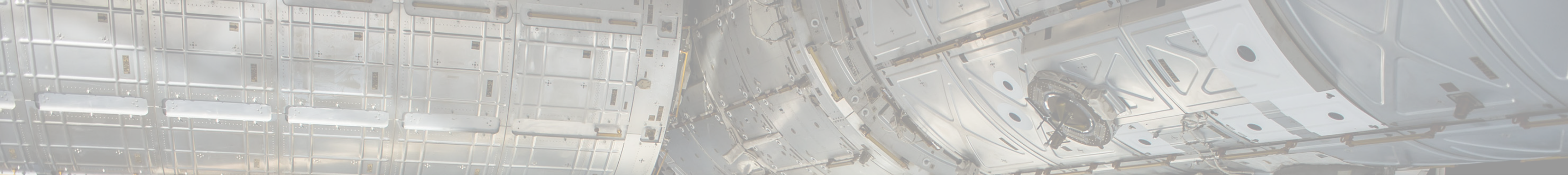
- **SWANLAKE** – realizowany przez Wydział Geodezji i Kartografii we współpracy z Uniwersytetem Warmińsko-Mazurskim. Projekt ma na celu opracowanie metodyki przetwarzania danych satelitarnych CHRIS/PROBA dla potrzeb oceny stanu wód płytkich zbiorników wodnych. Pole testowe obejmuje jezioro Łuknajno, które stanowi rezerwat biosfery i pełni ważną rolę w kontekście gospodarki i rybołówstwa. Kierownikiem projektu była dr hab. inż. Katarzyna Osińska-Skotak.



- **Projekt gazowego rezystancyjnego silnika korekcyjnego dla sztucznych satelitów średnich rozmiarów** realizowany w latach 2009 - 2013 przez Wydział Mechaniczny, Energetyki i Lotnictwa w ramach PECS. Celem projektu było zaprojektowanie, zbudowanie i przebudowanie korekcyjnego silnika satelitarnego typu resistojet wyposażonego w specjalny układ zasilania oparty na superkondensatorach. Kierownikiem zespołu był dr inż. Arkadiusz Kobiera, a w końcowej fazie projektu mgr inż. Łukasz Mężyk. Rezultatem projektu było stworzenie pierwszego polskiego działającego modelu korekcyjnego silnika satelitarnego, modelu matematycznego urządzenia oraz systemu zasilania.
- **SACC** – realizowany w latach 2013 – 2015 przez Wydział Elektrotechniki i Technik Informacyjnych we współpracy z Centrum Badań Kosmicznych PAN, Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika PAN oraz Astri Polska. Celem projektu było opracowanie modelu adaptacyjnego systemu łączności dla małego satelity do stacji naziemnej w czasie pojedynczego przelotu nad stacją. Kierownikiem projektu był dr inż. Krzysztof Kurek. Do najważniejszych osiągnięć projektu należało opracowanie wcześniej opisanego systemu łączności oraz implementacja modeli nadajnika i odbiornika systemu z wykorzystaniem technik radia programowego SDR.

Drugi typ to realizacja własnego projektu przy udzieleniu wsparcia ze strony ESA. Trzeci typ działania w ramach współpracy bezpośredniej, polega na udziale studentów Politechniki w organizowanych przez ESA konkursach. Studenci Politechniki Warszawskiej w latach 2012 - 2018 realizowali projekty w ramach konkursów edukacyjnych Europejskiej Agencji Kosmicznej:

- Young Graduate Trainee - staże dla studentów ostatniego roku studiów drugiego stopnia w instytucjach lub podmiotach związanych z europejskim sektorem kosmicznym (jednoroczny kontrakt, pokrycie kosztów podróży, opieka medyczna).
- Fly Your Satellite! - wsparcie merytoryczne oraz infrastrukturalne (narzędzia testowe) dla studenckich zespołów tworzących własne satelity studenckie.
- Fly a Rocket! - specjalny kurs dla 24 wybranych kandydatów zakończony możliwością wystrzelenia własnego projektu rakiety z Centrum Kosmicznego w Andoyi.
- Drop your Thesis! - udostępnienie, wyłonionym w ramach konkursu grupom studenckim, infrastruktury badawczej umożliwiającej przeprowadzenie eksperymentu w warunkach mikro grawitacji.
- Fly your Thesis! - umożliwienie, wyłonionym w ramach konkursu grupom studenckim, lotu parabolicznego dającego możliwość przeprowadzenia eksperymentu w warunkach mikrograwitacji.
- Orbit your Thesis! - możliwość zdalnego wykorzystania przez wyłonionych w ramach konkursu, grup studenckich, infrastruktury badawczej umożliwiającej przeprowadzenie eksperymentu w warunkach mikrograwitacji na pokładzie Międzynarodowej Stacji Kosmicznej.
- Spin your Thesis! - udostępnienie, wyłonionym w ramach konkursu, grupom studenckim infrastruktury badawczej umożliwiającej przeprowadzenie eksperymentu w warunkach hipergrawitacji.
- Spin your Thesis! Human Edition - udostępnienie, wyłonionym w ramach konkursu, grupom studenckim, infrastruktury badawczej umożliwiającej przeprowadzenie eksperymentu dotyczącego zdolności ludzkiego organizmu pod wpływem zaproponowanych zmiennych.



- **Rocket & Ballon Experiments for University Students (REXUS/BEXUS)** - umożliwienie, wyłonionym w ramach konkursu, grupom studenckim wystrzelenia własnej rakiety (REXUS) lub wypuszczenia balonu (BEXUS) – studenci Politechniki z sukcesem uczestniczyli w BEXUS 2010, do którego przystąpili z projektem SCOPE (Stablized Camera Observation Platform Experiment) oraz w jedenastej edycji w ramach projektu B.
- **CanSat** – skierowany do uczniów międzynarodowy konkurs prowadzony z użyciem platformy internetowej, w której studenci podejmują zaproponowane przez ESA misje (pomiaru temperatury i ciśnienia, zaawansowanej telemetrii, komunikacji radiowej). Wszystkie podsystemy satelity muszą być zlokalizowane we wnętrzu jednej puszki po napoju.
- **Moon Camp Challenge** - projekt, w którym uczniowie mają za zadanie przeprowadzenie szeregu eksperymentów związanych z Księżycem.

Przykładem bezpośredniej współpracy jest, realizowany od 2013 r. przez studentów Koła Astronautycznego przy Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej projekt PW- Sat2. W jego ramach zaplanowano przetestowanie żagla deorbitacyjnego, mającego na celu opracowanie systemu pozwalającego na sprowadzenie na powierzchnię ziemi satelit, które zrealizowały swoje zadania. Jest to szczególnie istotne w kontekście występującej na orbicie ziemi coraz większej liczby obiektów i coraz bardziej zwiększającego się prawdopodobieństwa kolizji tych obiektów^[6]. Projekt jest kontynuacją poprzedniego projektu studentów Politechniki Warszawskiej, realizowanego w latach 2004 - 2014, w ramach którego wysłano na orbitę Ziemi pierwszego polskiego sztucznego satelitę. Projekt był realizowany z Europejską Agencją Kosmiczną, która przeznaczyła na ten cel wypracowane w ramach umowy z Polską środki niezbędne na pokrycie części kosztów przedsięwzięcia (70 tys. euro na początku projektu). Europejska Agencja Kosmiczna miała istotny udział w wystaniu w kosmos PW-SAT2 poprzez dofinansowanie w ramach Plan for European Cooperation Sates (PECS) wykupu miejsca na pokładzie rakiety Falcon 9. Wyniesienie satelity odbyło się 3 grudnia 2018 r. Realizacja takiego celu nie odbyłaby się jednak bez tysięcy godzin ciężkiej pracy ponad 100 studentów oraz wkładu wielu przedsiębiorstw sektora kosmicznego. W trakcie realizacji projektu wiele podmiotów branży kosmicznej było zainteresowanych współpracą. Dla Future Processing projekt Politechniki Warszawskiej stanowił doskonałe pole do rozwoju działu zajmującego się aplikacjami kosmicznymi. Planowane są prace nad kolejnym satelitą PW-Sat3.

[6] W najgorszym scenariuszu pojedyncza kolizja może spowodować efekt domina powodując następne, a w rezultacie całkowicie wyłączając orbitę z dalszej eksploatacji.

Wartym uwagi jest również, że Rektor Politechniki w 2014 r. powołał Zespół ds. Platformy Technik Kosmicznych (decyzja nr 8/2014 Rektora PW z dn. 12 lutego 2014 r.), do której zadań należy m.in.:

- integracja środowiska naukowego i dydaktycznego PW zajmującego się szeroko pojętymi technikami kosmicznymi,
- promowanie i prezentacja osiągnięć badawczych PW w dziedzinie technik kosmicznych,
- informowanie społeczności naukowej PW o programach i projektach prowadzonych przez agencje kosmiczne oraz firmy sektora kosmicznego,
- podejmowanie inicjatyw związanych z rozszerzeniem możliwości badawczych PW w dziedzinie technik kosmicznych,
- koordynowanie działań edukacyjnych w obszarze technik kosmicznych.

PODSUMOWANIE

Rozwój sektora kosmicznego w Polsce nie byłby możliwy bez znaczącego wkładu polskich Uczelni, w tym Politechniki Warszawskiej. Współpraca z Europejską Agencją Kosmiczną i firmami działającymi w sektorze kosmicznym umożliwia nie tylko kształcenie wykwalifikowanej kadry, ale również zapewnia zaplecze technologiczne do prowadzenia badań oraz prac rozwojowych, co ma wpływ na budowanie specjalizacji Polski na konkurencyjnym rynku.



W kolejnych latach potencjał firm oraz instytucji w branży kosmicznej w Polsce będzie istotnie wzrastać. Mechanizmy wsparcia uwzględnione w Krajowym Programie Kosmicznym opracowane przez Polską Agencję Kosmiczną, skierowane m.in. do podmiotów naukowych i przemysłowych odegrają istotną rolę w zakresie wsparcia finansowego, edukacyjnego i doradczego dla polskich podmiotów.

**Warsaw University
of Technology**

