

Strategia kosmiczna 2026-2035

Raport diagnostyczno-strategiczny
sektora kosmicznego w Polsce

Raport diagnostyczno-strategiczny sektora kosmicznego w Polsce

Dokument rozwija i porządkuje punkty wskazane w dokumentach strategicznych wymienionych w dziale Bibliografia i źródła oraz pochodzących z analizy: kontraktów ESA przyznanych jednostkom w Polsce w latach 2020–2025, projektem raportowanym w systemie POL-on przez polskie jednostki realizujące projekty naukowe powiązane z badaniami kosmicznymi w latach 2020–2025 (data rozpoczęcia), projektem raportowanym w systemie CORDIS UE przez jednostki realizujące projekty badawcze, B+R i rozwojowe latach 2020–2025 (data rozpoczęcia), projektów finansowanych z programów ESA w latach 2020–2024 oraz zamówień POLSA zrealizowanych w latach 2020–2025. Na bazie dokumentów strategicznych, raportów oraz danych analitycznych przeprowadzono diagnozę stanu sektora kosmicznego. Zastosowano metodykę oceny zgodnie z rekomendacjami OECD [1]: jasna definicja zakresu, ostrożność interpretacyjna, rozdzielanie danych od wniosków oraz nacisk na porównywalność wskaźników.



Teza raportu

Polska nie powinna definiować sukcesu jako prostego wzrostu liczby projektów ESA. Kluczowe jest przejście od roli dostawcy komponentów do roli integratora podsystemów, usług danych i zdolności operacyjnych.

Największy potencjał krótkoterminowy leży w obserwacji Ziemi, oprogramowaniu, systemach danych, mechanizmach i robotyce. Największe ryzyko dotyczy braku ciągłego popytu publicznego i luki doświadczenia projektowego.

Strategia 2026–2035 powinna łączyć program satelitarny, zamówienia przedkomercyjne, regulacje działalności kosmicznej i system pomiaru gospodarki kosmicznej zgodny z podejściem OECD.

Autorzy raportu:

Witold Rohm – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Jan Kapłon – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Tomasz Hadaś – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Radosław Zajdel – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Damian Pietrusiak – Politechnika Wrocławska

Weronika Urbańska – Politechnika Wrocławska

Karol Leluk – Politechnika Wrocławska

Mikołaj Podgórski – Scanway SA

Marek Chodnicki – Politechnika Gdańska

Marek Wilgucki – TerraEye

Julita Kulbacka – Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu

Dane przygotowali

**studenci kierunku Inżynieria Danych Satelitarnych i Kosmicznych
Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu:**

Pola KołECKa

Igor Olesiejko

Tymon Inglot

Spis treści

1.	Skrót zarządczy	5
2.	Zakres i metoda: podejście OECD do diagnozy	7
3.	Globalny krajobraz: wzrost, militaryzacja i ekonomia danych	9
	Stan sektora badawczego i rozwojowego w Europie na podstawie bazy danych projektów CORDIS	10
	Rynki aplikacyjne: GNSS, obserwacje Ziemi, łączność Satelitarna i SSA/SST. Przykłady rynków.....	13
4.	Polska: stan sektora i poziom dojrzałości	15
	Stan sektora przemysłowego – analiza zamówień POLSA	16
	Stan sektora – analiza na bazie zamówień z ESA	18
	Stan sektora badawczego i akademickiego na bazie danych z POL-on	20
	Polski sektor medycyny i biologii kosmicznej – efekt misji IGNIS	24
	Kompetencje pracowników sektora: mocna baza, ale deficyt doświadczenia	25
5.	Polska Strategia Kosmiczna 2017	27
	Analiza kierunków rozwojowych	28
	Zgodność strategii z europejskimi kierunkami rozwoju sektora	29
6.	Przewagi konkurencyjne: od listy kompetencji do portfela specjalizacji	31
	Bezpieczeństwo i odporność dla zastosowań na Ziemi 2035	32
	Space resources wraz z systemami podtrzymywania życia 2035	33
	Misje załogowe a Polska medycyna kosmiczna 2035	34
7.	Bibliografia i źródła	36
	Założenia redakcyjne i zastrzeżenia.....	36
	Wykorzystanie GenAI.....	37
	Skróty	37

1. Skrół zarządczy

Polski sektor kosmiczny wchodzi w lata 2026–2035 z silniejszą bazą kompetencyjną niż kiedykolwiek wcześniej, ale nadal bez w pełni zdefiniowanego modelu rozwoju. Udział w programach ESA, Komisji Europejskiej i innych projektach międzynarodowych zbudował rozpoznawalne kompetencje w obserwacji Ziemi, oprogramowaniu, systemach danych, mechanizmach, robotyce, segmencie naziemnym, PNT/GNSS, inżynierii systemów kosmicznych, medycynie kosmicznej, rolnictwie kosmicznym oraz technologiach dual-use i rozwoju kompetencji miękkich. Nie przełożyło się to jednak jeszcze w wystarczającym stopniu na trwałą pozycję w łańcuchach wartości: integrację podsystemów, utrzymywanie usług operacyjnych, skalowanie produktów, marketing i eksport, prace B+R.

Główna teza strategii brzmi: Polska powinna przejść od modelu sektora projektowego do modelu sektora zdolności i usług. Sukcesu nie należy mierzyć wyłącznie liczbą kontraktów ESA, projektów B+R czy demonstratorów, ale trwałymi efektami: działającymi usługami danych dla administracji i gospodarki, produktami kwalifikowanymi do powtarzalnych dostaw, większym udziałem polskich podmiotów w rolach integracyjnych, bezpieczeństwem danych oraz wykorzystaniem technologii kosmicznych w sektorach krytycznych. Nie bez znaczenia są też wieloletnie wyniki finansowe oraz zmiana struktury zatrudnienia w polskich przedsiębiorstwach z sektora kosmicznego.

Największy krótkoterminowy potencjał Polski znajduje się tam, gdzie istnieje już baza kompetencyjna i rosnący popyt publiczny: w spektralnych danych obrazowych, radarowych danych SAR, przetwarzaniu danych satelitarnych, chmurze obliczeniowej, PNT/GNSS, oprogramowaniu kosmicznym, segmencie naziemnym, mechanizmach, robotyce oraz usługach dual-use. Polska może też pełnić znaczącą rolę w rozwoju kompetencji miękkich takich jak: umiejętności analityczne i rozwiązywanie problemów, komunikacja, umiejętności cyfrowe i w zakresie sztucznej inteligencji. Szczególne znaczenie ma specjalizacja „od sensora do decyzji”. Kombinacja sensorów **spektralnych** i **SAR** daje zdolność obserwacji geometrycznych i fizycznych niezależnie od zachmurzenia i pory dnia, kluczową dla monitoringu granic, powodzi, infrastruktury krytycznej, energetyki, transportu i zasobów naturalnych. **PNT** zapewnia wiarygodne pozycjonowanie, nawigację i synchronizację czasu dla transportu, energetyki, telekomunikacji, finansów i systemów bezpieczeństwa. **Przetwarzanie danych** – chmura, repozytoria, AI i cyberbezpieczeństwo – decyduje o tym, czy dane satelitarne stają się realną usługą publiczną i gospodarczą. **Mechanizmy i Robotyka kosmiczna** – łaziki badawcze (i ich elementy), manipulatory – wspierające obsługę stacji badawczych czy służące do usuwania kosmicznych śmieci z przestrzeni kosmicznej. **Medycyna i rolnictwo kosmiczne** – badające wpływ mikrogravitacji i promieniowania na organizmy żywe, opracowywanie bezglebowych systemów upraw umożliwiających produkcję żywności.

Strategia 2026–2035 powinna być strategią koncentracji, a nie katalogiem wszystkich możliwych ambicji. Polska nie musi budować pełnej autonomii we wszystkich segmentach sektora kosmicznego. Powinna wybrać obszary, w których może osiągnąć pozycję dostawcy produktów, integratora podsystemów lub operatora usług o znaczeniu publicznym i eksportowym. Jednocześnie istotne jest, by generowane rozwiązania odpowiadały na realne potrzeby polskiej administracji, wojska, rolnictwa i biznesu. Rekomendowany portfel obejmuje specjalizacje bazowe: software kosmiczny, mechanizmy, robotykę, systemy danych i segment naziemny; specjalizacje popytowe: EO dla bezpieczeństwa klimatycznego i infrastruktury, GNSS/PNT

dla transportu i odporności oraz usługi dual-use oraz specjalizacje przyszłości: serwisowanie na orbicie, optykę i radar, AI dla danych satelitarnych, space resources i medycynę kosmiczną. Potrzebne są szczegółowe analizy konkretnych problemów (np. zapewnienie monitoringu granicy) w powiązaniu z możliwościami sektora do ich rozwiązywania.

Warunkiem powodzenia jest stabilny popyt publiczny. Państwo powinno przejść od finansowania pojedynczych pilotaży do zamawiania usług operacyjnych o zdefiniowanym poziomie jakości, bezpieczeństwa, dostępności i odpowiedzialności. Administracja, obronność, zarządzanie kryzysowe, gospodarka wodna, rolnictwo, planowanie przestrzenne, ochrona środowiska, energetyka, transport i infrastruktura krytyczna powinny stać się pierwszymi wymagającymi użytkownikami polskich usług kosmicznych. Ważne jest, by to poszczególne szczeble administracji centralnej i samorządowej miały możliwość doboru rozwiązań szytych na miarę ich potrzeb – tylko wtedy projekty demonstracyjne przekształcą się w referencje eksportowe, a kompetencje technologiczne w trwałe przychody i zdolności operacyjne.

Równolegle potrzebne są trzy elementy wykonawcze. Po pierwsze rozwój integracji przemysłowej: jasna mapa ról, od dostawców technologii przez integratorów podsystemów po wybrane zdolności systemowe powiązane ze wsparciem działań eksportowych sektora. Po drugie wdrożenie regulacji: ustawa o działalności kosmicznej obejmująca licencjonowanie, nadzór, rejestrację obiektów, odpowiedzialność, ubezpieczenia i bezpieczeństwo danych. Po trzecie pomiar gospodarki kosmicznej zgodny z podejściem OECD i ESA: przychody kosmiczne, eksport, zatrudnienie, poziomy TRL, liczba kwalifikowanych produktów, wykorzystanie usług przez administrację i udział polskich podmiotów w rolach integracyjnych, zintegrowana Baza Aktywności Kosmicznych o zunifikowanych identyfikatorach projektów, dostawców i zlecniodawców.

W perspektywie 2035 roku sukces polskiej strategii kosmicznej powinien oznaczać działające usługi danych dla administracji, krajowe zdolności w segmencie naziemnym i przetwarzaniu danych, rozwinięte kompetencje EO, SAR i PNT, produkty i podsystemy z referencjami, silniejsze powiązanie sektora kosmicznego z obronnością i infrastrukturą krytyczną, większy eksport oraz kadry zdolne prowadzić pełne cykle projektowe. Tylko taki model pozwoli Polsce przejść od obecności w sektorze kosmicznym do realnego wpływu na jego rozwój.

2. Zakres i metoda: podejście OECD do diagnozy

Zgodnie z podejściem OECD i ESA obejmuje ona działania oraz zasoby tworzące wartość w toku badania, rozumienia, zarządzania i wykorzystywania przestrzeni kosmicznej. W praktyce oznacza to, że analiza nie ogranicza się do firm budujących satelity. Obejmuje także segment naziemny, przetwarzanie danych, aplikacje, usługi dla administracji i gospodarki oraz efekty pośrednie wynikające z transferu technologii.

Tabela nr 1. Podział gospodarki kosmicznej na sektory

Sektor OECD	Zakres według OECD	Co mierzyć	Implikacje dla strategii
Sektor kosmiczny upstream	Naukowe i technologiczne podstawy programów kosmicznych: badania podstawowe i stosowane; wsparcie naukowe i inżynieryjne; dedykowane usługi pomocnicze; materiały i komponenty; projektowanie i produkcja sprzętu kosmicznego oraz podsystemów; integracja i dostawa pełnych systemów; systemy startowe i usługi startowe	Wydatki na badania i rozwój; postęp TRL; liczba i wartość kontraktów na produkcję i starty kosmiczne; udział krajowy w komponentach, podsystemach i systemach; eksport komponentów i usług inżynieryjnych; patenty; udział w łańcuchach dostaw ESA/UE/NATO; zatrudnienie w produkcji i inżynierii kosmicznej, scalona baza POL-ON, CORDIS, ESA	Instrumenty powinny zmniejszać ryzyko technologiczne i kwalifikacyjne: granty na badania i rozwój, misje demonstracyjne, wsparcie kwalifikacyjne, infrastrukturę testową, zamówienia na technologie o wysokim TRL oraz mechanizmy pomagające firmom przejść od dostawcy komponentów do integratora podsystemów/systemów
Sektor kosmiczny downstream	Codziennie operacje infrastruktury kosmicznej i naziemnej oraz działania downstream oparte na wykorzystaniu danych satelitarnych, sygnałów i usług kosmicznych. Obejmuje to operacje satelitarne, centrum kontroli misji, stacje naziemne, odbiór, archiwizację i dystrybucję danych, usługi i urządzenia GNSS/PNT, usługi EO, usługi komunikacji satelitarnej, GIS oraz inne zastosowania oparte na wykorzystaniu danych satelitarnych, sygnałów i usług kosmicznych	Ciągłość i niezawodność usług; dostępność operacyjna; opóźnienia danych; bezpieczeństwo i odporność; interoperacyjność; liczba służb operacyjnych; popyt publiczny i prywatny; przychody z danych, sygnałów i aplikacji; eksport usług; liczba użytkowników; wartość kontraktów wykorzystujących dane EO, GNSS/PNT lub SATCOM. Zatrudnienie w sektorze	Instrumenty powinny stworzyć stabilne rynki popytu i operacyjne: długoterminowe kontrakty na usługi publiczne, ramowe umowy dotyczące usług danych satelitarnych, wspólne standardy danych, bezpieczną krajową infrastrukturę danych, wymagania dotyczące poziomu usług oraz zamówienia prowadzące do wdrożeń operacyjnych, a nie jedynie pojedynczych pilotaży

Sektor OECD	Zakres według OECD	Co mierzyć	Implikacje dla strategii
Działania pochodzenia kosmicznego w innych sektorach	Działania, produkty i usługi wywodzą się z technologii lub kompetencji kosmicznych, ale nie zależą od infrastruktury kosmicznej, by działać. Przykłady to transfery technologii z kosmosu do sektorów m.in.: motoryzacyjnego, medycznego, przemysłowego, energetycznego, górniczego, morskiego, logistycznego, rolniczego, militarnego, środowiskowego i wielu innych	Liczba hubów transferu technologii; liczba spin-offów i spin-inów; liczba patentów i licencji; wartość przychodów z technologii pochodzenia kosmicznego poza sektorem kosmicznym; poziom prywatnych współinwestycji; liczba wdrożeń w sektorach strategicznych; efekty produktywności i transferu technologii do sektorów pozakosmicznych	Instrumenty powinny maksymalizować efekt rozlewania się działań w obszarze kosmicznym: programy transferu technologii, demonstratory z sektorami spoza sektora kosmicznego, vouchery innowacyjne, misje przemysłowe, klastry międzysektorowe oraz ocena wpływu skoncentrowana na produktywności, odporności i konkurencyjności poza sektorem kosmicznym

Wnioski interpretacyjne w tym raporcie mają charakter diagnostyczny. Tam, gdzie dane źródłowe są ankietowe lub deklaratywne, raport nie traktuje ich jako pełnego spisu sektora. Dotyczy to szczególnie zatrudnienia, kompetencji i wielkości rynku krajowego (pochodzą z raportu ARP [5] oraz PSPA [4]).

Aby możliwa była cykliczna ocena stanu sektora kosmicznego, konieczne jest utworzenie stałego panelu parametrów, a nie przeprowadzenie jednorazowego spisu. Panel powinien różnicować przychody kosmiczne, przychody pochodne, zatrudnienie w projektach kosmicznych, eksport, udział w programach ESA/EU oraz efekty wdrożeń w sektorach pozakosmicznych. Panel powinien obejmować cyklicznie aktualizowaną bazę podmiotów sektora kosmicznego. Rolę narzędzia mierzącego rozwój sektora kosmicznego może stanowić Baza Aktywności Kosmicznej, w wersji roboczej dołączona do niniejszego raportu.

Najważniejsze ograniczenia danych

Brak jednego rejestru podmiotów kosmicznych z przypisaną wartością przychodów kosmicznych, rozszerzenie bazy kodów PKD.

Trudność oddzielenia aktywności kosmicznych od działalności ICT, lotniczej, obronnej i geoinformacyjnej.

Ankiety PSPA dobrze pokazują percepcję sektora, ale nie zastępują cyklicznego badania statystycznego.

Raport ZPSK obejmuje tylko wycinek sektora kosmicznego, nie uwzględniając wszystkich aktorów. Dodatkowo poziom odpowiedzi był niezwykle niski (10 ankiet).

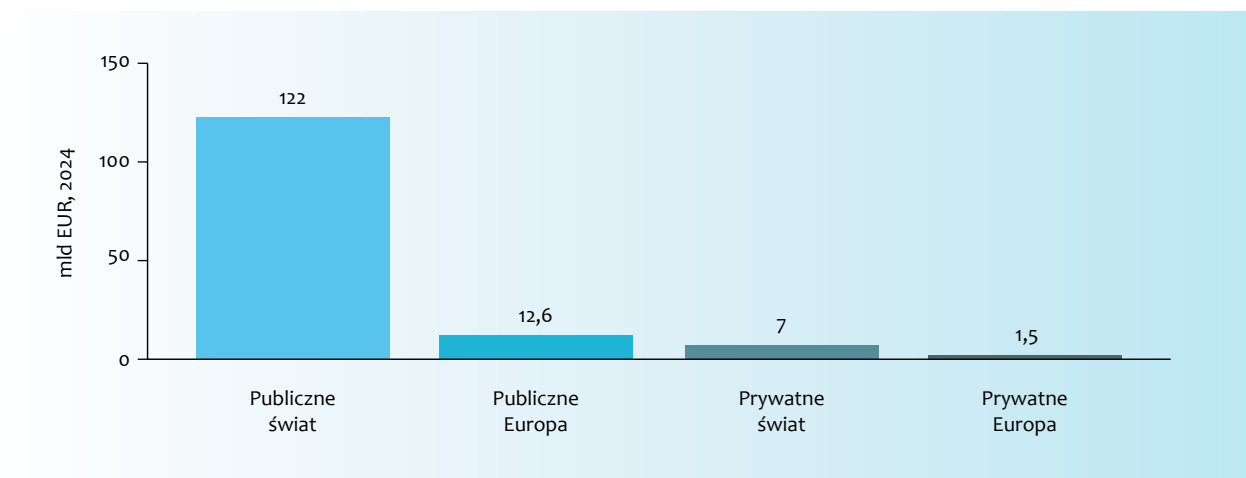
Bazy danych zawierają powielające się dane dotyczące poszczególnych zleceniodawców i podmiotów, brak ujednoczonego identyfikatora projektów.

Etykietowanie i filtracja danych z baz POL-on, CORDIS, POLSA oraz ESA były realizowane przy pomocy zapytań API zasilanych słowami kluczowymi i może generować projekty, które nie są powiązane z sektorem kosmicznym, lub pomijać te, które powiązane są.

3. Globalny krajobraz: wzrost, militaryzacja i ekonomia danych

Globalna gospodarka kosmiczna nie rozwija się już wyłącznie przez wielkie programy naukowe i infrastrukturalne. Jej dynamikę kształtują trzy procesy: wzrost budżetów publicznych, komercjalizacja usług satelitarnych oraz bezpieczeństwo rozumiane jako odporność państwa i infrastruktury krytycznej. Dane ESA dla 2024 r. pokazują historycznie wysokie budżety publiczne na poziomie 122 mld EUR, przy 12,6 mld EUR w Europie. Jednocześnie globalne inwestycje prywatne w przestrzeń kosmiczną osiągnęły 7 mld EUR, a europejskie 1,5 mld EUR [2].

Rysunek nr 1. Finansowanie działalności kosmicznej na świecie i w Europie. Opracowanie własne na podstawie ESA „Report on the Space Economy 2025” [2]



Dla Polski oznacza to dwie rzeczy. Po pierwsze rosnący rynek nie gwarantuje automatycznego udziału krajowych firm, ponieważ największa część wartości przechodzi do podmiotów kontrolujących skalę, integrację i relację z klientem. Po drugie wzrost znaczenia obronności i odporności sprawia, że dane satelitarne, PNT, łączność oraz świadomość sytuacyjna przestają być dodatkiem do polityki gospodarczej. Stają się bardzo ważnym elementem strategicznej infrastruktury państwa i świadomej polityki.

Dominujący układ geopolityczny jest asymetryczny. Stany Zjednoczone utrzymują przewagę dzięki skali finansowania, zamówieniom publicznym dla sektora prywatnego i komercyjnym konstelacjom. Chiny budują autonomiczne łańcuchy dostaw oraz integrują cele cywilne i wojskowe. Europa ma silne programy instytucjonalne, ale cierpi na rozproszenie popytu, mniejszą skalę inwestycji prywatnych oraz wolniejsze przechodzenie od technologii do usług operacyjnych.

Implikacja dla Polski

Strategia krajowa powinna unikać rozproszenia. Bez koncentracji na kilku zdolnościach Polska pozostanie dostawcą prac projektowych, a nie właścicielem skalowalnych aktywów. Najbardziej uzasadniony kierunek to łączenie nisz upstream z popytem downstream: komponenty, mechanizmy, software i robotyka powinny zasilać krajowe usługi EO, bezpieczeństwa i danych.

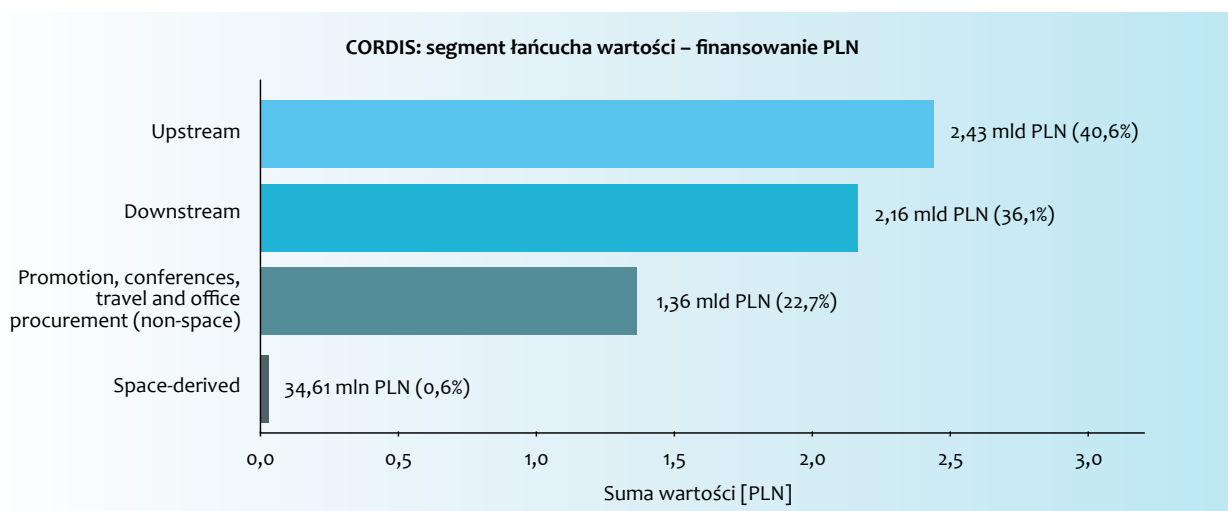
Istotny jest także efekt „podwójnej presji”. Z jednej strony komercyjni gracze obniżają koszty i skracają cykle technologiczne. Z drugiej strony państwa podnoszą wymagania bezpieczeństwa, w tym: suwerenności danych (kreowanie przepisów prawnych i procedur bezpieczeństwa) i odporności łańcuchów dostaw krytycznych i strategicznych z punktu widzenia bezpieczeństwa i krajowej gospodarki komponentów. Polska może wykorzystać tę presję, jeśli zbuduje ofertę pomiędzy tanim komponentem a pełnym systemem: wiarygodne podsystemy, certyfikowane oprogramowanie, usługi danych oraz operacje naziemne zgodne z wymaganiami publicznymi. Dobrym przykładem są rozwiązania pochodzące z sektora AI, jak na przykład Sovereign AI (<https://s-ai.pl>), w którym wartością konkurencyjną jest zapewnienie suwerenności danych i łańcuchów przetwarzania.

W praktyce oznacza to konieczność budowy wiarygodności. Dla klienta sama deklaracja kompetencji nie jest wystarczająca – potrzebne są referencje z misji, testów, kwalifikacji i usług operacyjnych („flight heritage”, „service uptime”). W tym systemy kwalifikacji używane przez ESA takie jak: Kwalifikalność systemowa (ECSS), Współczynnik zwrotu przemysłowego (GRC), Ocena dostawców (SPE), Wskaźniki Zrównoważonego Rozwoju (CSR), Audyty finansowo-księgowo. Dlatego krajowe programy powinny być projektowane także jako referencje eksportowe, a nie tylko jako instrument zaspokojenia potrzeb administracji czy lokalnego rynku komercyjnego.

Stan sektora badawczego i rozwojowego w Europie na podstawie bazy danych projektów CORDIS

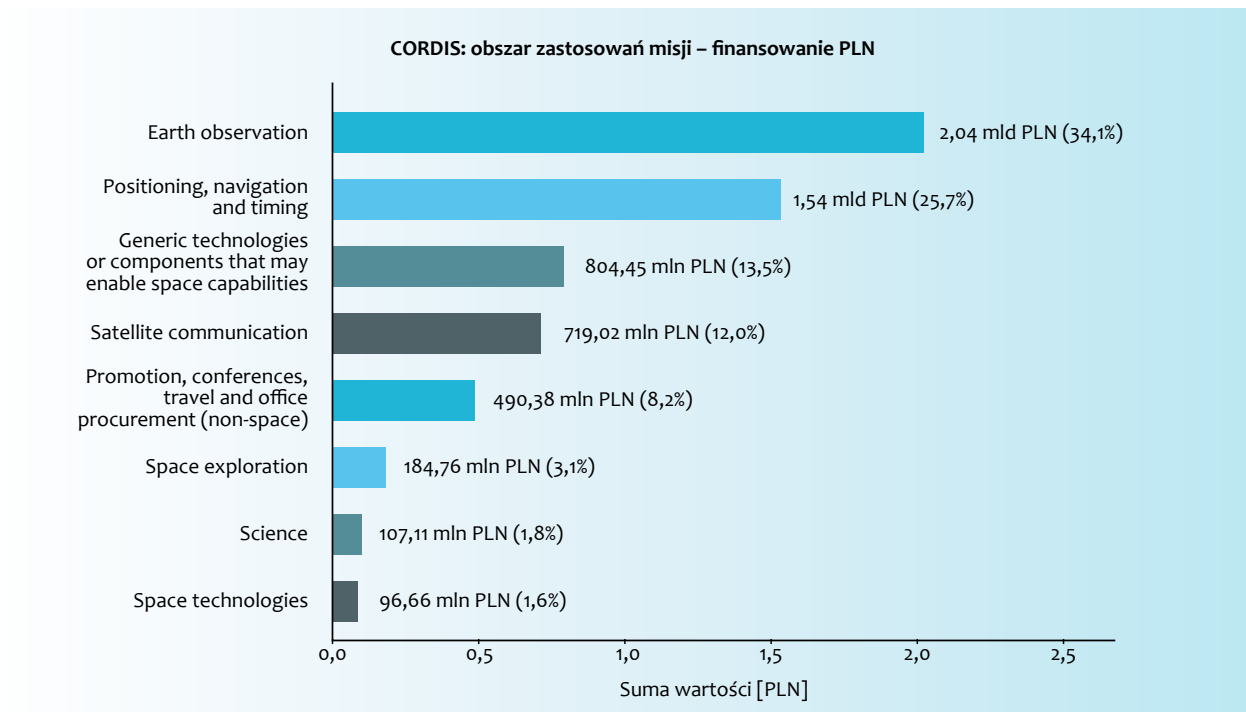
Podstawowym i jednocześnie przekrojowym narzędziem badania inwestycji naukowych, badawczych, a również rozwojowych podejmowanych przez EU jest baza CORDIS zawierająca wszystkie projekty finansowane przez różnorodne mechanizmy dystrybucji środków. Baza CORDIS została odpytana przy pomocy dokładnie tych samych słów kluczowych co baza POL-on (lista znajduje się w załączniku nr 1). Wyniki zostały podzielone na sektory zgodnie z metodą OECD. Na bazie podziału finansowania na część downstream i upstream można wskazać niemal symetryczny podział wydatków (po około 2,9 mld PLN) na część upstream i downstream oraz tylko po około ćwierć miliarda na promocję oraz zastosowania pozakosmiczne.

Rysunek nr 2. Podział finansowania sektora kosmicznego w Europie. Opracowanie własne na podstawie danych z bazy CORDIS



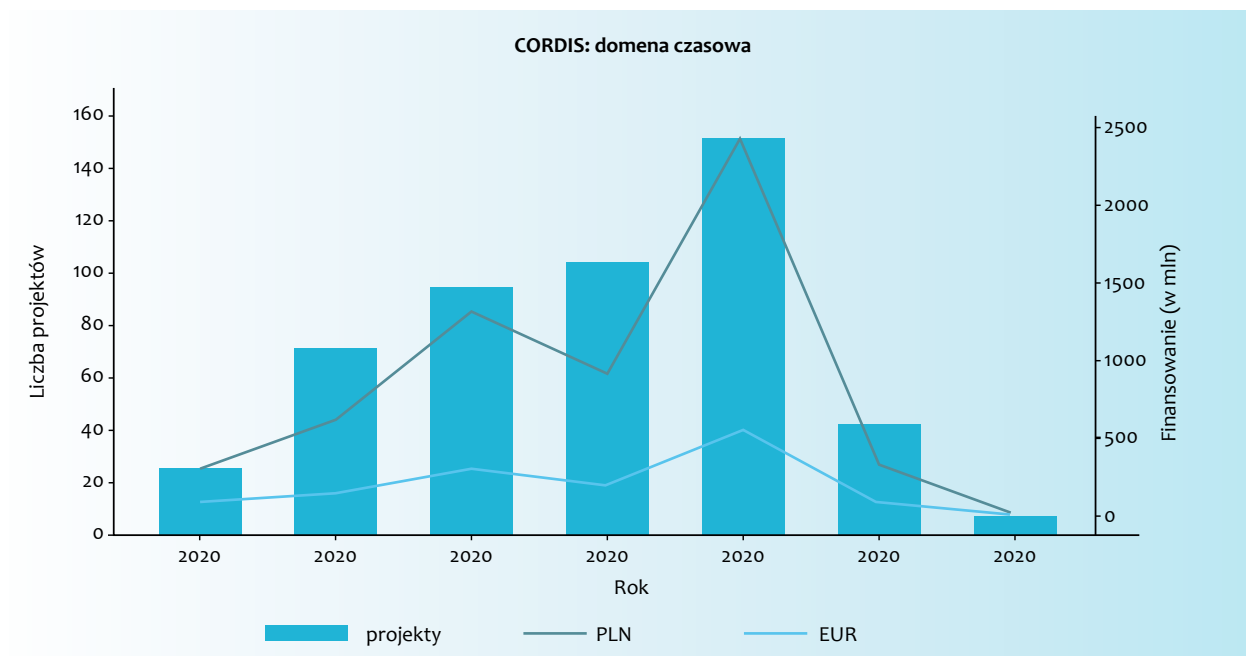
Główne obszary inwestycji w prace B+R są związane z komunikacją satelitarną, obserwacjami Ziemi oraz usługami PNT, co ma duże znaczenie w kontekście obecnie funkcjonujących (Galileo, Copernicus) oraz dopiero uruchamianych (LEO-PNT, IRIS2) programów Unii Europejskiej.

Rysunek nr 3. Podział wydatków rejestrowanych w CORDIS ze względu na zakres projektu. Opracowanie własne na podstawie danych z bazy CORDIS



Podział na domenę czasową pozwala wskazać maksimum przyznawania projektów na rok 2024, co ma związek z cyklem finansowym programów Unii Europejskiej, w tym wieloletnim programem finansowym (2021–2027), oraz dodatkowymi finansami związanymi z programem NextGenerationEU (NGEU) w latach 2023–2026 (w Polsce to instrument pn. Krajowy Plan Odbudowy (KPO)).

Rysunek nr 4. Podział środków w latach 2020–2026 (liczy się moment rozpoczęcia projektu). Opracowanie własne na podstawie danych z bazy CORDIS



Warto zwrócić uwagę na fakt występowania we wnioskach dużych konsorcjów skupiających główne podmioty związane z sektorem kosmicznym (tzw. prime contractors, np. Leonardo, Thales-Alenia) wraz z dużą grupą podmiotów współpracujących i zazwyczaj 1–2 uniwersytetami. Wartości kontraktów w podziale na partnerów nie są szczególnie wysokie, zazwyczaj kilka milionów EUR. W tabeli nr 2 zestawiono trzy największe kontrakty. Dwa pochodzą z European Defense Fund (Space Situation Awareness oraz Positioning Navigation and Timing), a trzeci z programu Horyzont Europa (budowa zdolności w przemyśle półprzewodników).

Tabela nr 2. Lista trzech największych inwestycji w zakresie sektora kosmicznego realizowanych z programów europejskich. Opracowanie własne na podstawie danych z bazy CORDIS

Jednostka	Wartość (PLN)	Agencja	Opis
Konsorcjum, którego liderem jest LEONARDO – SOCIETA PER AZIONI	679 681 837,61 PL – 21 550 000,00 (Sybilla Technologies)	European Defense Fund	European Military Integrated Space Situational Awareness and Recognition capability
Konsorcjum, którego liderem jest STMICRO-ELECTRONICS CROLLES 2 SAS	409 860 587,37 PL – 0,00	Horizon Europe	Solidify the European FDSOI Ecosystem Accelerating its Industrial Deployment
Konsorcjum, którego liderem jest FDC SARL	242 342 541,13 PL – 0,00	European Defense Fund	Advanced Galileo PRS resilience for EU Defence

Rynki aplikacyjne: GNSS, obserwacje Ziemi, Łączność Satelitarna i SSA/SST. Przykłady rynków

Punkty w szkielecie strategii wskazują dwa rynki downstream o najwyższych wartościach: GNSS oraz obserwację Ziemi [3]. Oba rynki pokazują przesunięcie wartości z samego satelity na usługi, integrację danych i decyzje użytkownika. W GNSS przychody generują przede wszystkim urządzenia i usługi masowe – telefony i inne urządzenia mobilne, pojazdy, logistyka, fitness, ratownictwo, rolnictwo precyzyjne, lotnictwo i żegluga i systemy miejskie. W EO rośnie rola usług o wartości dodanej: interpretacji zobrazowań, fuzji danych i automatycznej analityki. W tabeli dodano także dwa obszary, które wyróżniają się w inwestycjach widocznych w bazie CORDIS, tj. SSA/SST oraz Łączność Satelitarna.

Tabela nr 3. Zestawienie kluczowych rynków sektora kosmicznego

Rynek	Dynamika	Gdzie powstaje wartość	Wniosek dla Polski
GNSS downstream	260 mld EUR w 2023 r.; prognoza 580 mld EUR w 2033 r. [3]	Wartość jest w urządzeniach, aplikacjach i integracji z procesami użytkownika	Polska powinna rozwijać nisze w dostawach podzespołów, oprogramowaniu, usługach PNT, walidacji, odporności i zastosowaniach branżowych. Wejście nowego systemu LEO-PNT jest momentem dostarczania nowych rozwiązań z zakresu dual-use
Obserwacja Ziemi	3,4 mld EUR w 2023 r.; prognoza 6 mld EUR w 2033 r. [3]	Największa dynamika dotyczy usług dodających wartość do danych	Najbardziej perspektywiczne są usługi (oferujące cenne informacje, a nie dane satelitarne) dla klimatu, środowiska, rolnictwa, miast, ubezpieczeń i finansów. Warto stawiać na usługi rozwijane na potrzeby administracji jednak z potencjałem eksportowym
Łączność satelitarna	Rosnące znaczenie łączności krytycznej i konstelacji LEO. Program IRIS2 wchodzi w fazę wystrzelenia pierwszych satelitów	Rynek premiuje skalę i dostęp do częstotliwości	Polska rola powinna dotyczyć komponentów, cyberbezpieczeństwa, terminali, integracji i zastosowań dual-use
SSA/SST i bezpieczeństwo	Rosnące ryzyko orbitalne i potrzeba ochrony infrastruktury	Wartość tworzą sensory, katalogi obiektów, algorytmy i procedury	Nisza dla Polski, kraju z kompetencjami astronomicznymi, optycznymi, radarowymi i analitycznymi. Potrzeba budowy rozwiązań eksportowych w zakresie urządzeń, ale też analityki. Dobrym przykładem jest sieć SST/SSA POLSA zbudowana głównie przez polskich dostawców

W przypadku Polski kluczowe jest odróżnienie udziału w rynku od obecności w łańcuchu dostaw. Można posiadać firmy zdolne do wykonania zaawansowanych elementów misji, a jednocześnie nie mieć wpływu na końcową wartość rynkową usługi. Dlatego strategia powinna

łączyć inwestycje w technologii z obowiązkowym scenariuszem użytkownika końcowego (co wymaga budowy bądź uzupełnienia całego wertykału): kto kupi usługę, jakie parametry jakości są wymagane, jak będzie finansowana ciągłość i kto odpowiada za bezpieczeństwo danych. Postulowane jest uzależnienie wysokości i ciągłości finansowania od pozyskania klienta końcowego.

Największy potencjał popytu publicznego dotyczy monitoringu środowiska, gospodarki wodnej, rolnictwa, planowania przestrzennego, zarządzania kryzysowego, infrastruktury krytycznej, granic i bezpieczeństwa, przy czym użytkownicy rozwiązań komercyjnych powinni otrzymać znacznie bardziej zaawansowany produkt w stosunku do istniejących darmowych serwisów Copernicus, NSIS czy ESA. Te obszary są wystarczająco blisko zadań państwa, aby uzasadnić stabilne zamówienia, a jednocześnie wystarczająco uniwersalne, aby tworzyć referencje eksportowe.

W tym sensie GNSS i EO są nie tylko rynkami, lecz także narzędziami modernizacji państwa. GNSS poprawia odporność transportu, energetyki, logistyki i finansów, ale wymaga procedur zapewniających ciągłość PNT oraz zdolność wykrywania zakłóceń. EO zwiększa jakość decyzji publicznych, ale wymaga standardów aktualności, rozdzielczości, wiarygodności i odpowiedzialności za interpretację. Strategia powinna definiować minimalne parametry usług, aby administracja nie kupowała nieporównywalnych pilotaży.

Silna pozycja Europy w analizie i wnioskowaniu z danych EO jest dla Polski szansą. Wejście w samą akwizycję danych (konstelacja MikroGlob, EagleEye, konstelacja Camila, satelity Stork) wymaga dużych nakładów, ale wejście w analitykę, walidację i integrację z procesami decyzyjnymi jest już teraz jedną z krajowych kompetencji: IT (np. CloudFerro) oraz geoinformacja (np. GISPartner, SmallGIS, WIZIPiSI, SATIM). Oba obszary są mocno eksplorowane przez polskie podmioty, o czym świadczy lista zrealizowanych projektów z baz POLSA oraz ESA.

4. Polska: stan sektora i poziom dojrzałości

Diagnoza z raportu PSPA [4], raportu ARP [5] i ewaluacji Polskiej Strategii Kosmicznej [6] jest spójna: polski sektor przeszedł etap budowy rozpoznawalnych kompetencji, ale nie zakończył przejścia do roli integratora. Udział w ESA i programach europejskich zwiększył portfel projektów (w latach 2020–2024 441 projektów na łączną kwotę 690 mln PLN), natomiast krajowy rynek zamówień nadal jest zbyt słaby, aby utrzymać ciągłość usług i wymuszać skalowanie produktów. Szacunek zatrudnienia na poziomie około 3 tys. osób [5] pokazuje sektor znaczący kompetencyjnie, ale nadal mały w relacji do ambicji strategicznych. Dla porównania rynek IT to 586 tys. osób (2021) [7], a dobrze rozwinięty rynek motoryzacyjny to 200–300 tys. osób (2025) [12].

Tabela nr 4. Poziomy rozwój kompetencji w sektorze kosmicznym

Poziom	Obserwacja	Znaczenie strategiczne
Tier IV: dostawcy technologii i elementów	Duża część podmiotów realizuje zadania komponentowe lub eksperckie	Dobre wejście do łańcuchów wartości, lecz niska kontrola marży i kierunku programu
Tier III: integratorzy podsystemów	Cel logiczny dla najbliższej fazy: mechanizmy, awionika, software, segment naziemny, przetwarzanie danych	Wymaga zarządzania ryzykiem, jakością, testami i odpowiedzialnością za rezultat
Tier II: integratorzy systemów	Pojawiają się kompetencje i ambicje systemowe, szczególnie przy krajowych satelitach i usługach danych	Bez stałych zamówień publicznych pozostanie to zdolność punktowa, a nie strukturalna
Tier I: integrator misji	Poziom docelowy dla wybranych misji krajowych lub koordynacji konsorcjów	Nie jest konieczny we wszystkich obszarach; powinien być budowany selektywnie. Obecnie nie jest wskazywany jako osiągnięty [5]

Najważniejsza różnica między dostawcą komponentu a integratorem polega nie na prestiżu, ale na odpowiedzialności za całość projektu. Integrator kontroluje interfejsy, parametry, harmonogram, testy, zarządzanie zmianą i relację z klientem. Strategia 2035 powinna premiować projekty, które pozostawiają te funkcje w kraju, oraz te, które pozwalają na kształcenie kadr. Inaczej rosnące nakłady publiczne mogą zwiększyć aktywność sektora, ale niekoniecznie jego pozycję negocjacyjną.

Wniosek diagnostyczny

Polska ma potencjał do selektywnego poziomu Tier III/Tier II, ale tylko w obszarach, w których połączy kompetencje technologiczne z popytem publicznym i mechanizmem utrzymania usługi. Nie każdy podmiot musi rosnąć do roli integratora. Potrzebny jest portfel: jeden integrator, grupa dostawców podsystemów oraz szeroka baza specjalistycznych firm produktowych.

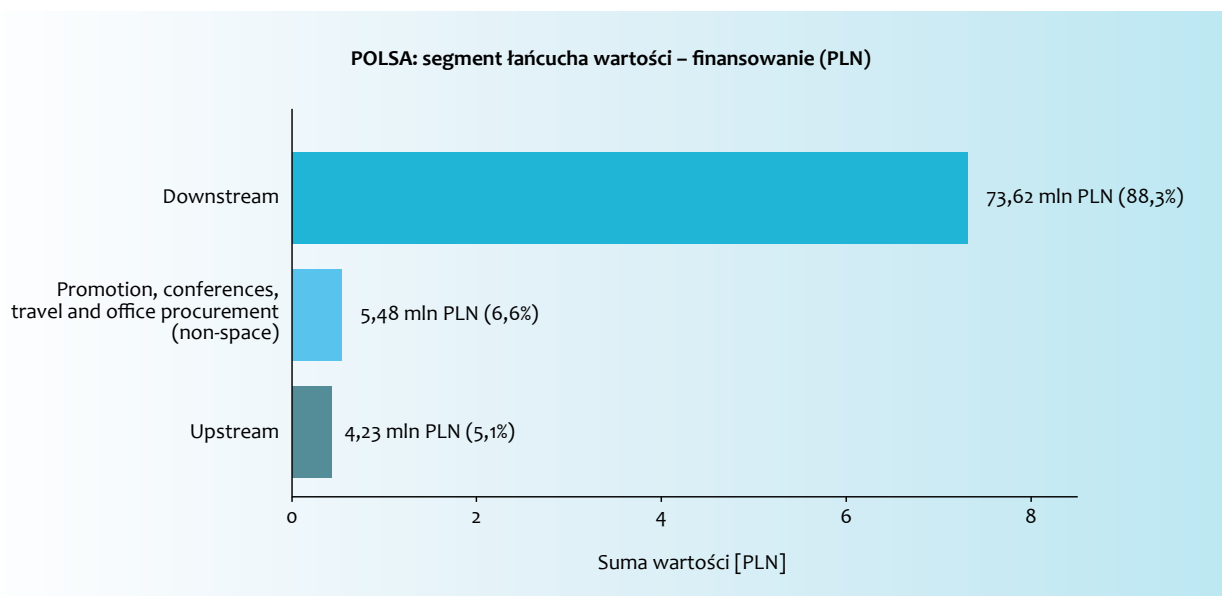
Najbardziej użyteczne byłoby utworzenie mapy ról przemysłowych. Inaczej te same firmy będą w różnych programach występować jako integratorzy, dostawcy i podwykonawcy bez jasnej ścieżki awansu (rozwoju). Mapa ról powinna wskazywać, które podmioty mogą prowadzić integrację, które posiadają produkt kwalifikowalny, które wymagają wsparcia testowego, a które pełnią funkcję dostawcy kompetencji eksperckich. Poniekąd rolę takiej mapy realizują cyklicznie pojawiające się katalogi podmiotów [8] sektora kosmicznego, jednak w tym narzędziu brakuje elementu ewaluacji pozycji podmiotu.

Takie podejście ogranicza ryzyko „pozornego awansu”. Firma może formalnie uczestniczyć w projekcie systemowym, ale jeżeli nie odpowiada za interfejsy, wymagania, testy i operacje, to nie buduje kompetencji integratora. Strategia powinna premiować odpowiedzialność techniczną, a nie wyłącznie udział w konsorcjum.

Stan sektora przemysłowego – analiza zamówień POLSA

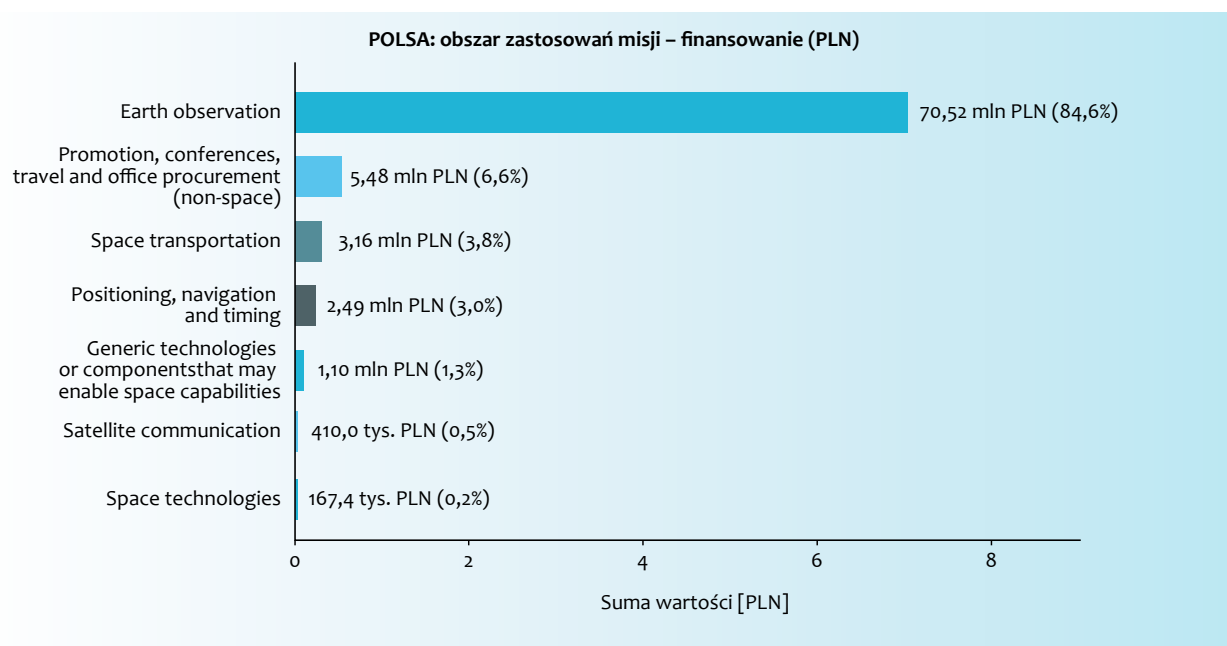
Na bazie danych pochodzących z zamówień POLSA można wskazać główne kierunki interwencji, ze względu na podział sektora (upstream, downstream, non-space activities). Z zestawienia jasno wynika, że większość środków (83 mln zł) w latach 2020–2025 POLSA przeznaczyła na zamówienia w sektorze downstream (niemal 74%), co stanowi 88% wszystkich wydatków.

Rysunek nr 5. Wydatki POLSA w podziale na sektory. Opracowanie własne na podstawie bazy zamówień POLSA



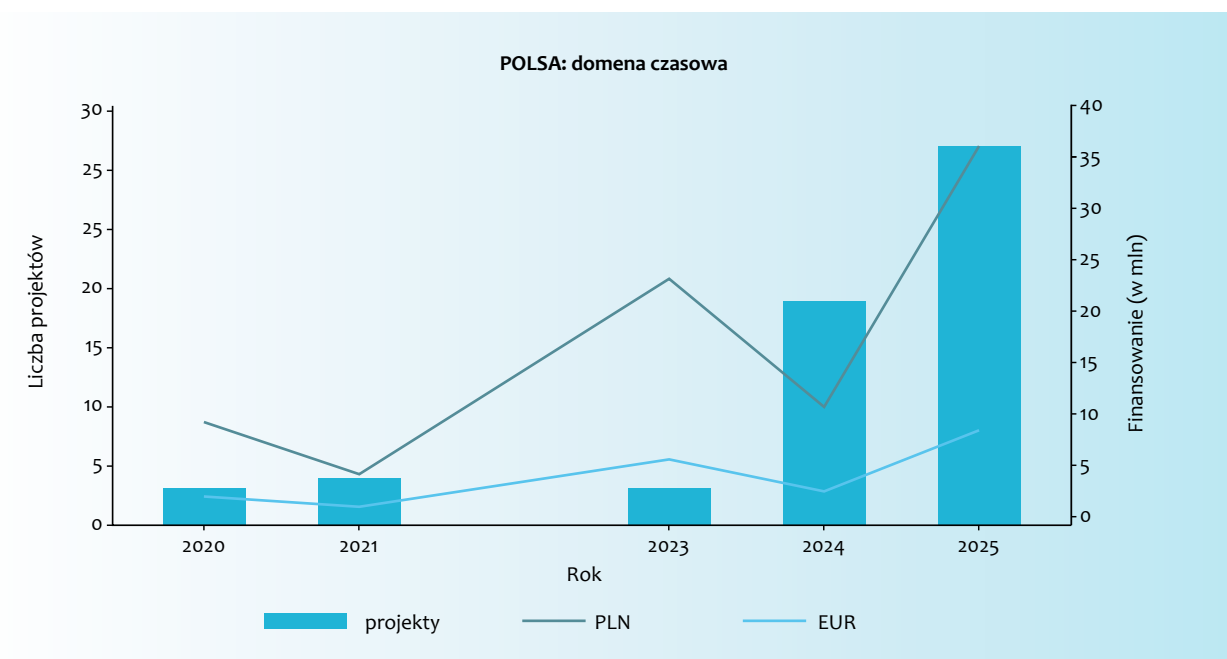
Ze względu na obszar zastosowań w portfolio zamówień główną rolę odgrywają te związane z obserwacjami Ziemi, pozostałe są marginalne w stosunku do głównego obszaru zastosowań.

Rysunek nr 6. Wydatki POLSA w podziale na zastosowanie. Opracowanie własne na podstawie danych z bazy zamówień POLSA



Warto również zwrócić uwagę na czas rozpoczęcia projektów pochodzących z budżetu POLSA. Główne wydatki i projekty rozpoczęły się w latach 2024 i 2025, co można zapewne powiązać z wydatkowaniem środków z KPO.

Rysunek nr 7. Dynamika wydatkowania środków. Opracowanie własne na podstawie danych z bazy zamówień POLSA



Warto w tym kontekście także przedstawić głównych beneficjentów przeprowadzonych postępowań. Trzech beneficjentów zrealizowało usługi polegające na dostawie różnych komponentów systemu SST oraz dostawie i wdrożeniu usługi NSIS Cloud.

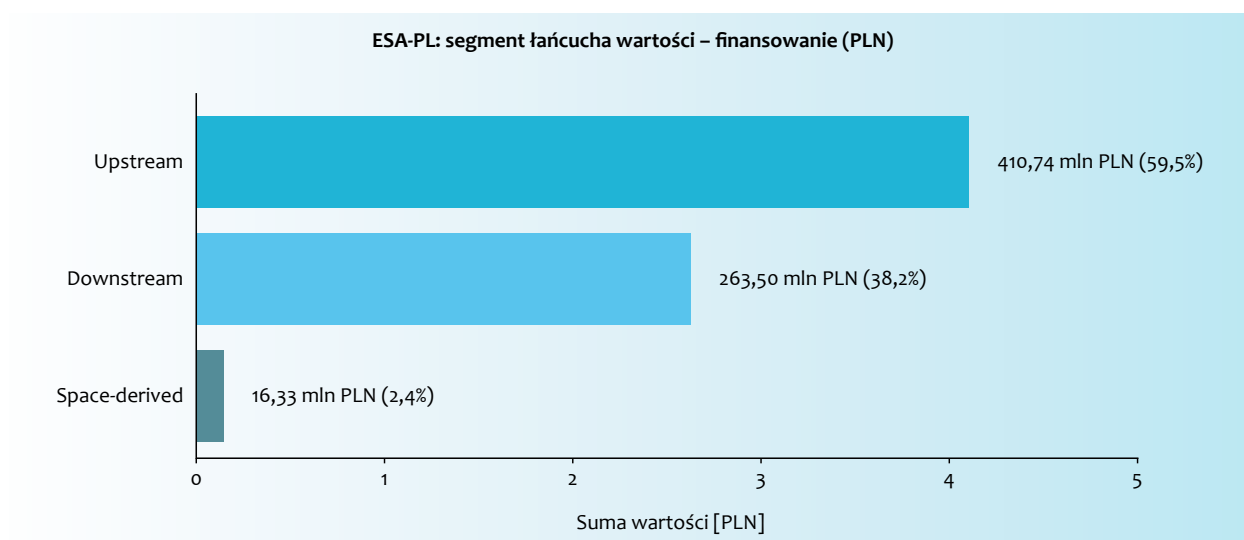
Tabela nr 5. Zestawienie głównych wykonawców usług zamawianych przez POLSA. Opracowanie własne na podstawie bazy danych zamówień POLSA

Dostawca	Wartość (PLN)	Opis
6Roads sp. z o.o.	22 740 240,00	(2023) Usługa polegająca na pozyskiwaniu, przetwarzaniu i dostarczaniu danych obserwacyjnych SST z sensorów optycznych w ramach 9 części (różne sensory i zakresy danych)
	3 802 671,60	(2020) Pozyskanie i przetwarzanie danych dotyczących obiektów kosmicznych z optycznych sensorów (teleskopów) oraz lasera, rozmieszczonych globalnie
CloudFerro S.A.	20 511 038,84	Budowa, wdrożenie i utrzymanie platformy chmurowej NSIS-Cloud do przetwarzania danych satelitarnych
Cilium Engineering Sp. z o.o.	770 000,00	(2021) Usługa optymalizacji sieci teleskopów Optical Fence
	2 696 874,78	(2025) Zamówienie obejmowało dostawę specjalistycznych sensorów o bardzo szerokim polu widzenia przeznaczonych do triangulacji optycznej obiektów kosmicznych

Stan sektora – analiza na bazie zamówień z ESA

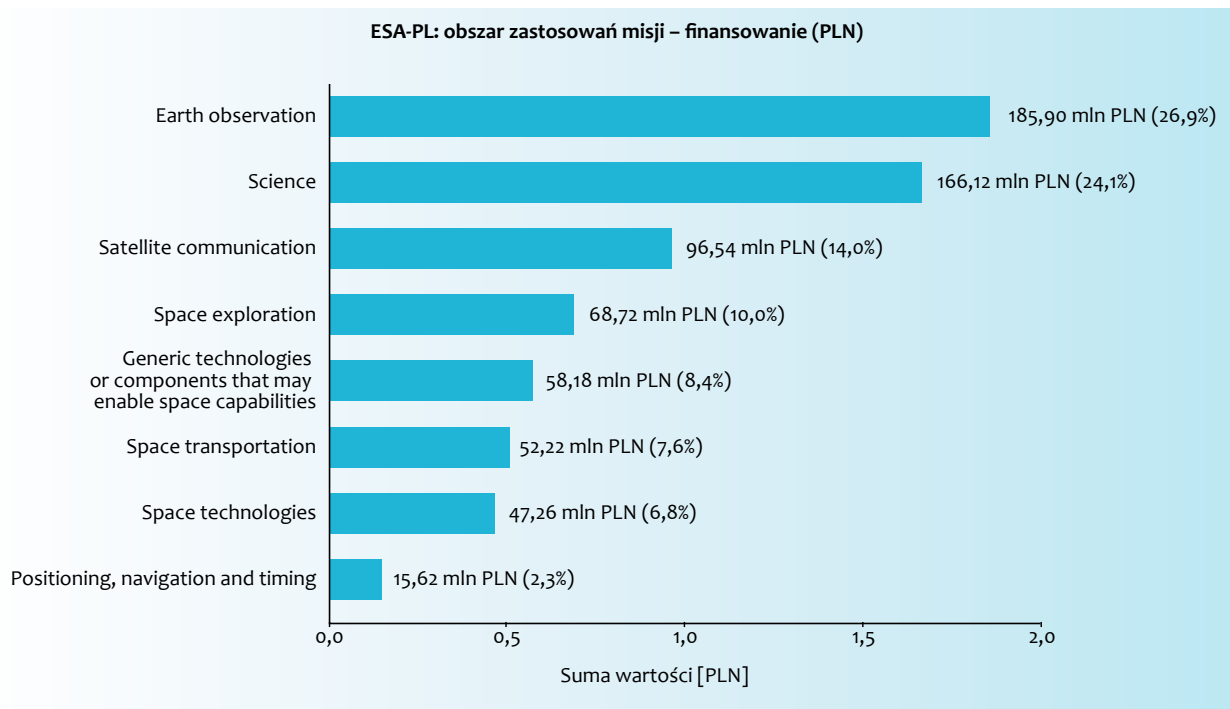
Przeanalizowano także publicznie dostępne na stronie POLSA projekty finansowane ze składki Polski do ESA, za lata 2021–2024. Łącznie zrealizowano 441 projektów na kwotę 690 mln PLN. W większości były to projekty z sektora upstream (410 mln PLN). Należy zaznaczyć, że przypisywanie do segmentu sektora kosmicznego było realizowane na bazie analizy dostępnych tytułów i informacji pochodzących ze stron internetowych. Nieco ponad połowa wartości (263 mln PLN) kontraktów sektora upstream stanowiły te związane z sektorem downstream (Rysunek nr 8).

Rysunek nr 8. Podział wydatków pochodzących z programów ESA (2021–2024). Opracowanie własne na podstawie publicznie dostępnych danych



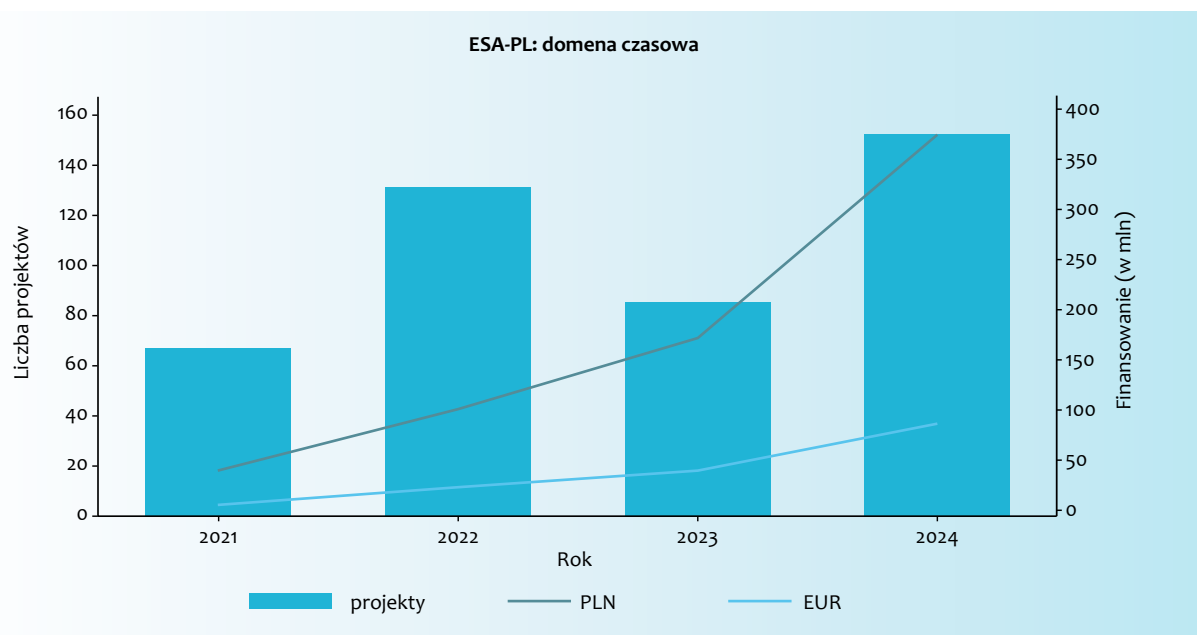
Zgodnie z wykonaną analizą opisu projektów większość kontraktów dotyczyła segmentów: obserwacje Ziemi (EO), nauka (fazy A/B, feasibility study), telekomunikacja satelitarna oraz eksploracja kosmosu (Rysunek nr 9).

Rysunek nr 9. Podział wydatków pochodzących z programów ESA (2021–2024). Opracowanie własne na podstawie publicznie dostępnych danych



Dynamika wartości projektów wahała się od 65 mln PLN (2021) rocznie aż po 145 mln PLN (2024) i zależna jest od roku trzyletniej perspektywy finansowej ESA (Rysunek nr 10).

Rysunek nr 10. Dynamika zmian wydatków w polskim sektorze kosmicznym w latach 2021–2024



Lista podmiotów realizujących największe zamówienia dotyczy budowy satelitów (DIVERS PL, CREOTECH INSTRUMENTS SA) oraz rozwoju sektora downstream (Politechnika Poznańska).

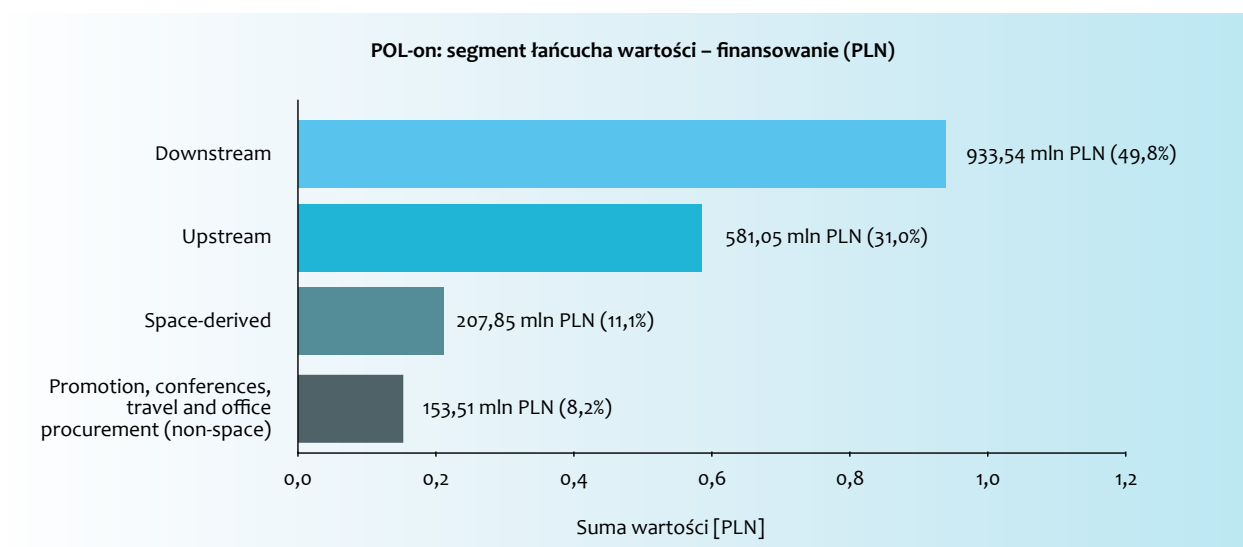
Tabela nr 6. Lista największych zamówień realizowanych przez polskie podmioty w latach 2021–2024

Dostawca	Wartość (PLN)	Opis
DIVERS PL	24 230 592,00	(2024) LISA Spacecrafts Phase (B2/C/D/E1)
Politechnika Poznańska	4 301 100,00	(2024) ESA PHI LAB POLAND
CREOTECH INSTRUMENTS SA	3 865 781,00	(2024) DAUGHTER SPACECRAFT (DSC) OF THE PLASMA OBSERVATORY MISSION TECHNOLOGY DEVELOPMENT

Stan sektora badawczego i akademickiego na bazie danych z POL-on

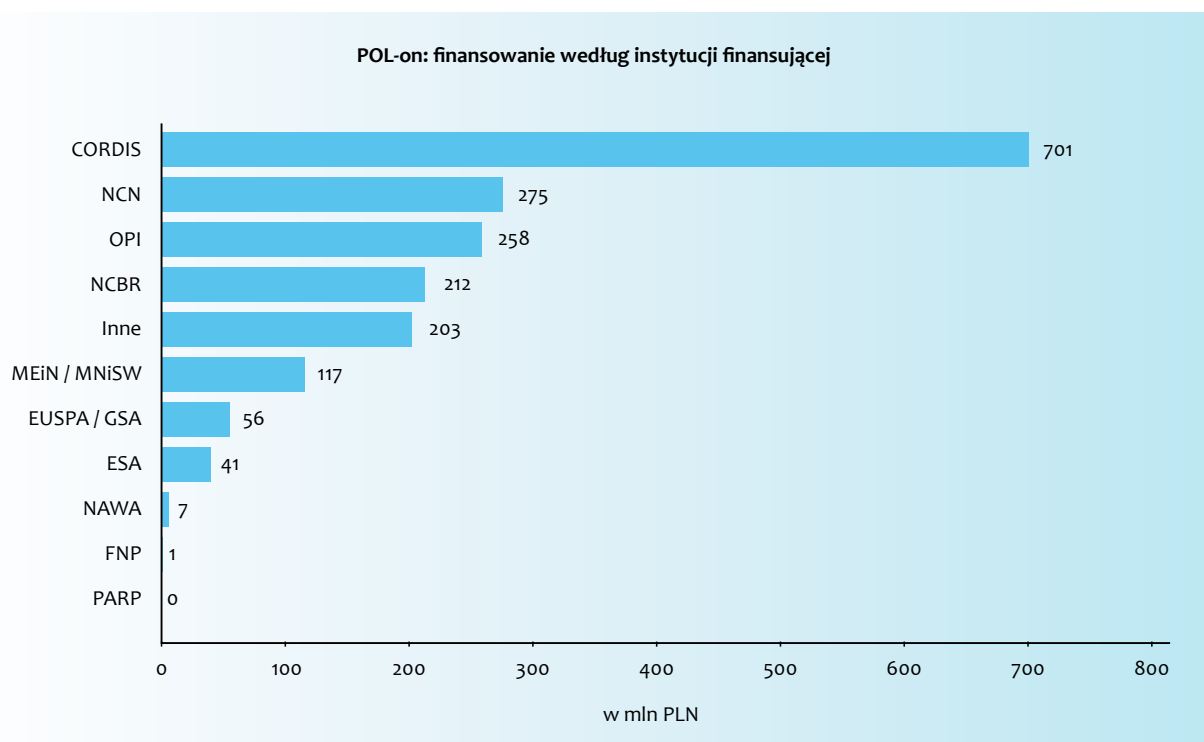
Baza POL-on zorientowana jest głównie na jednostki badawcze i demonstrowa nieco inny podział środków na projekty związane z sektorem kosmicznym. Zgodnie z klasyfikacją OECD, ze względu na podział sektora kosmicznego, projekty (obejmujące całościowo wartość 1 969,30 mln PLN) w większości dotyczą downstream (ponad 50%), jednak upstream jest dość intensywnie dofinansowany (ponad 30% całości kwoty).

Rysunek nr 11. Wysokość środków pochodzących z różnorodnych źródeł finansujących rozwój sektora badawczego i akademickiego. Opracowanie własne na podstawie bazy POL-on



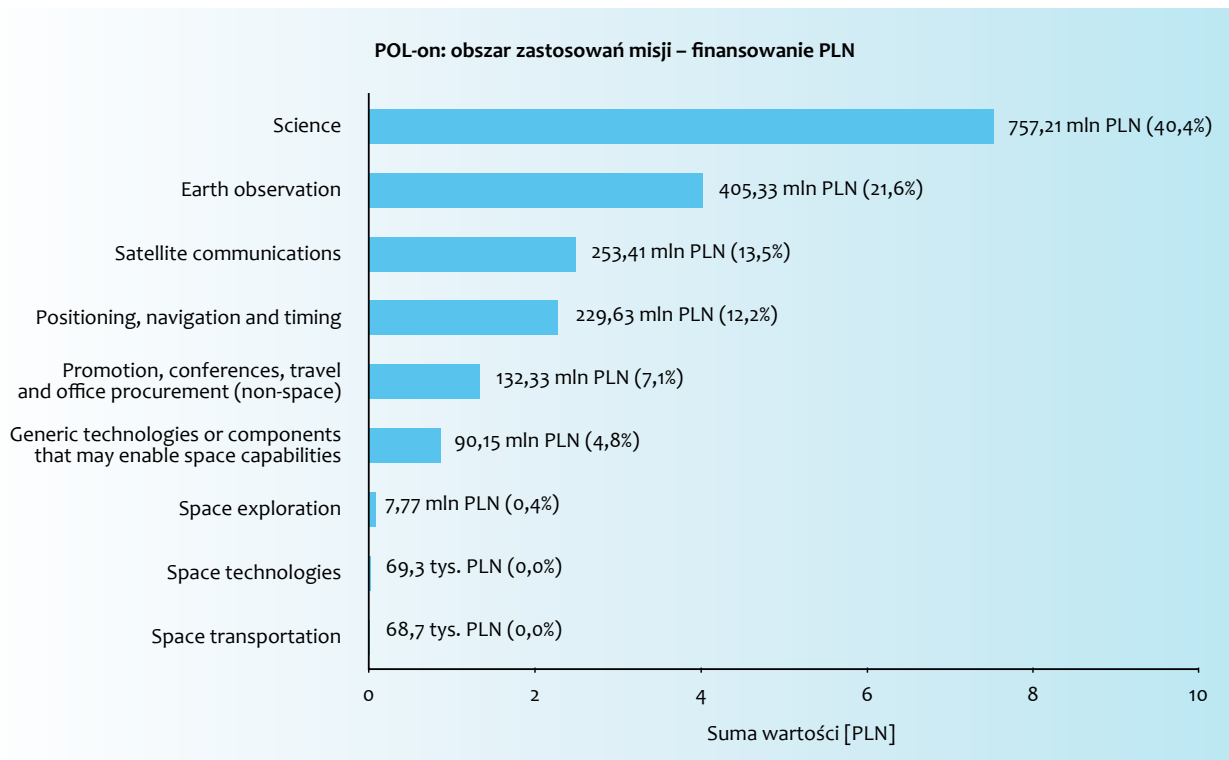
Warto również przeanalizować podział na raportowane jednostki finansujące badania w sektorze kosmicznym (Rysunek nr 12). Oczywiście w zakresie CORDIS występują różnorodne fundusze europejskie odpowiadające za realizację polityk na poziomie wspólnotowym (np. European Defense Fund, Horizon Europe, European Research Council), natomiast w przypadku pozostałych wskazane są bezpośrednio agencje finansujące badania podstawowe (NCN), badania przemysłowe i prace rozwojowe (NCBR), infrastrukturę naukową (OPI) czy wymianę akademicką (NAWA).

Rysunek nr 12. Podział projektów ze względu na agencje finansujące



Zdecydowanie najwyższe finansowanie posiadają projekty pochodzące z funduszy europejskich, jednak należy zaznaczyć, że w zestawieniu zgromadzono całkowitą wartość projektu, a nie finansowy udział polskiego podmiotu, więc nie będzie to automatycznie oznaczać wydatkowania takich środków w Polsce. Interesujący jest fakt porównywalnego udziału budżetu w sektorze kosmicznym z NCN i NCBR, mimo tego że budżet całkowity tego pierwszego zazwyczaj jest trzykrotnie mniejszy niż drugiego (w 2025 roku budżet NCBR to 4 mld, a budżet NCN – 1,65 mld). Mogłoby to wskazywać na niedoinwestowanie tego obszaru gospodarki w programach NCBR. Ciekawym elementem jest wysoki poziom finansowania z OPI (258 mln PLN) w stosunku do NCN i NCBR. Finansowanie z ESA wydaje się niższe niż ESPA co sugeruje mniejsze kontrakty dla jednostek badawczych sektora z ESA w stosunku do agencji, powołanej de facto w celu realizacji komercjalizacji. Wysokość finansowania – 41 mln – wskazuje, że jednostki naukowe i akademickie uzyskują jedynie około 5% środków alokowanych przez ESA dla kontraktów w Polsce. W tym miejscu warto dodać, że obecnie ESA intensywnie pracuje nad zmianą tej sytuacji. Następuje zwiększenie środków na projekty z uczelniami, trwają również rozmowy m.in. ze stowarzyszeniem CESEAR [12, 13].

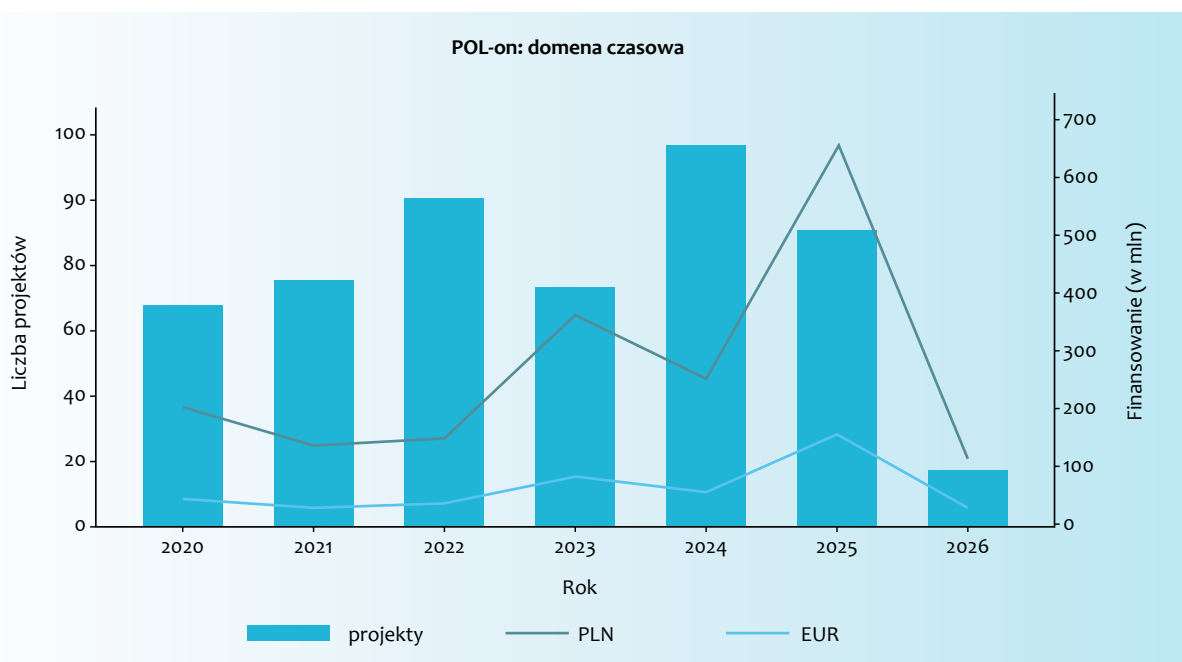
Rysunek nr 13. Podział ze względu na obszar zastosowania wyników projektu



Obszar zastosowań jest zdominowany przez naukę (co jest uzasadnione głównymi obszarami działania sektora nauki) oraz obserwację Ziemi, jednak duża część budżetu także przeznaczana jest na komunikację satelitarną, pozycjonowanie, nawigację i transfer czasu (Rysunek nr 13).

W domenie czasowej widać zdecydowane dwa maksima finansowania przypadające na lata 2023 oraz 2025, co zapewne jest związane z cyklem finansowania w projektach Komisji Europejskiej oraz dostępnością funduszy z KPO (Rysunek nr 14). Warto zaznaczyć, że liczba rozpoczynanych projektów waha się w granicach 60–120 rocznie.

Rysunek nr 14. Zmienność roczna w rozpoczynaniu projektów. Opracowanie własne na podstawie bazy danych POL-on



W kontekście finansowania przedstawiono głównych beneficjentów sektora w powiązaniu z największymi projektami finansowanymi z budżetu państwa oraz UE. Zdecydowanym liderem pozyskiwania środków jest CBK PAN, tak z agencji krajowych (OPI – budowa infrastruktury sektora kosmicznego, NCBR – budowa urządzeń obserwacyjnych), jak i ze źródeł międzynarodowych (ESPA – serwis monitorowania wydajności Galileo). Jednocześnie pozostałe jednostki to AGH, ICB PAN, Sieć Badawcza Łukasiewicz – ILOT oraz UMK.

Tabela nr 7. Beneficjenci największych projektów z sektora naukowego. Opracowanie własne na bazie danych POL-on

Jednostka	Wartość (PLN)	Agencja	Opis
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, University of Toulouse	50 828 660,00	MEiN / MNiSW	Europejski Uniwersytet Kosmiczny Ziemi i Ludzkości 2.0
Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk	140 250 400,53	OPI	Polska infrastruktura satelitarnych systemów komunikacji kwantowej WEDROWNIQ
	56 185 541,60	EUSPA / GSA	Galileo i EGNOS monitorowanie wydajności GEMOP (SG1)
	49 901 097,00	NCBR	Bistatyczny radar bardzo dalekiego zasięgu do monitorowania obiektów w przestrzeni kosmicznej
	14 633 368,11	ESA	Rozwój ramienia robota do operacji serwisowych na orbicie (TITAN)
Instytut Chemii Bioorganicznej Polskiej Akademii Nauk, AGDATAHUB	67 350 682,55	Digital Europe Program	Wdrażanie i obsługa europejskiej platformy dla bezpiecznej i zaufanej przestrzeni danych dla rolnictwa
Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa	94 000 000,00	Inne (Europejska Agencja Obrony (EDA))	Responsywny system kosmiczny
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu	4 473 374,00	Narodowe Centrum Nauki	Rozwój badań nad zderzeniami molekularnymi do granic metod obliczeniowych fizyki kwantowej i ultradługościowej spektroskopii laserowej. Nowe podejście do generowania referencyjnych danych spektroskopowych dla badań atmosfer planet

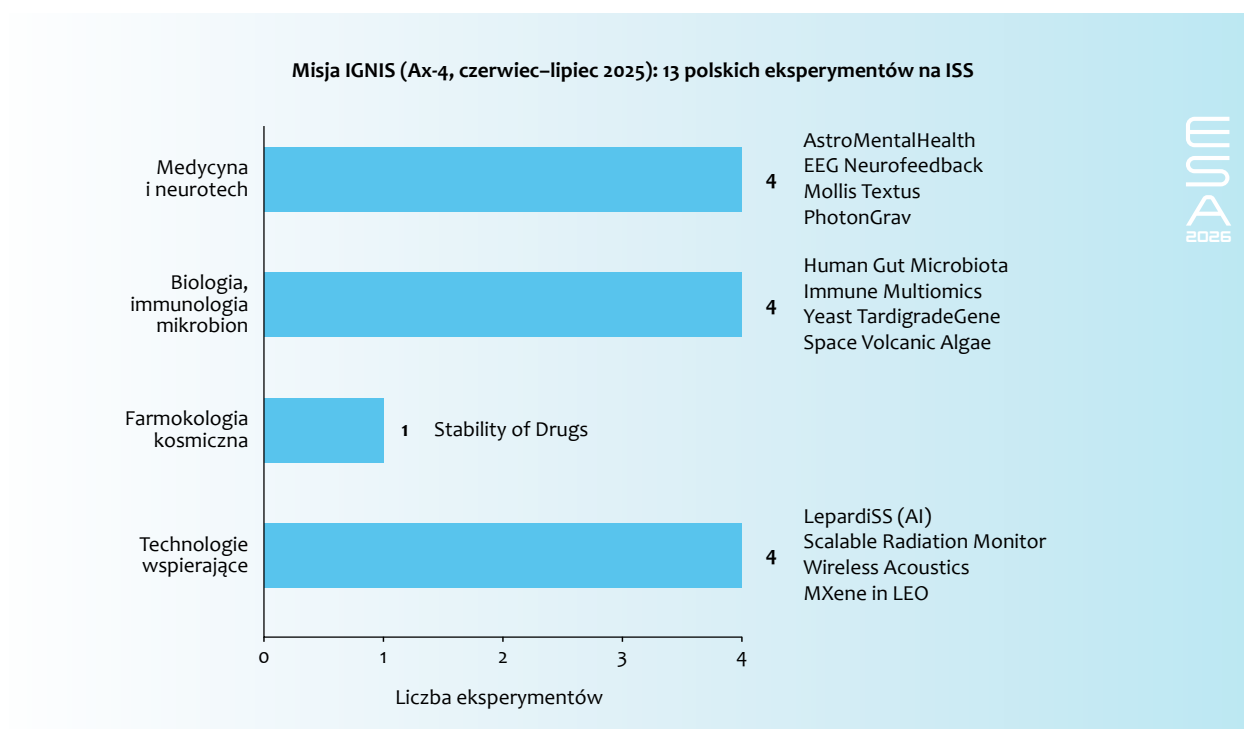
Polski sektor medycyny i biologii kosmicznej – efekt misji IGNIS

Polski sektor kosmiczny w obszarze nauk biomedycznych przeszedł w latach 2023–2025 transformację o charakterze jakościowym. Dwa wskaźniki mają tu szczególne znaczenie diagnostyczne: skala krajowych zobowiązań finansowych wobec ESA oraz struktura tematyczna pierwszej polskiej misji technologiczno-naukowej na Międzynarodową Stację Kosmiczną.

Pierwsza polska misja technologiczno-naukowa na Międzynarodową Stację Kosmiczną, misja IGNIS, realizowana przez astronautę projektowego ESA dr. inż. Sławosza Uznańskiego-Wiśniewskiego w ramach Ax-4 (start: 25 czerwca 2025, powrót: 15 lipca 2025), była pierwszym tak rozbudowanym polskim programem badawczym na pokładzie ISS (koszt misji 65 mln EUR). Spośród 13 eksperymentów aż 9 (**około 70%**) **dotyczyło bezpośrednio nauk biomedycznych** – medycyny i neurotechnologii, biologii, immunologii, mikrobiologii oraz farmakologii kosmicznej (Rysunek nr 15). Astronauta wykonał ponad 125% zaplanowanych procedur, wliczając dodatkowe eksperymenty Europejskiej Agencji Kosmicznej (Bone Health, Sleep in Orbit).

Rysunek nr 15. Struktura tematyczna 13 polskich eksperymentów misji IGNIS.

Dane: POLSA (status z października i listopada 2025)



Strukturę eksperymentów cechuje wyraźna dominacja zagadnień związanych ze zdrowiem i funkcjonowaniem człowieka w warunkach mikrogravitacji. Cztery projekty dotyczyły bezpośrednio medycyny i neurotechnologii (AstroMentalHealth – wpływ izolacji na zdrowie psychiczne, realizowany przez Uniwersytet Śląski we współpracy z Uniwersytetem Wrocławskim, SWPS Wrocław i Uniwersytetem Zielonogórskim; EEG Neurofeedback; Mollis Textus – ocena kondycji mięśni i ścięgien; PhotonGrav – interfejs mózg–komputer w technologii fNIRS). Cztery kolejne stanowiły badania biologiczno-immunologiczne (Human Gut Microbiota WAT – sekwencjonowanie mikrobiomu jelitowego astronauty; Immune Multiomics – analiza odpowiedzi immunologicznej; Yeast TardigradeGene – drożdże modyfikowane genami niesporczaków; Space Volcanic Algae – badania adaptacji i funkcjonowania ekstremofilnych mikroglonów z terenów wulkanicznych w warunkach mikrogravitacji i promieniowania kosmicznego, mogą

nych znaleźć zastosowanie w systemach obiegu zamkniętego czy pozyskiwania surowców z zasobów kosmicznych realizowany przez wrocławską firmę Extremo Technologies przy współpracy z partnerami m.in. Politechniką Wrocławską). Eksperyment Stability of Drugs ocenia stabilność i biodostępność leków oraz polimerów w warunkach orbitalnych – końcowe wyniki spodziewane są do 2028 r.

Diagnoza wynikająca z analizy obu wskaźników jest jednoznaczna: po pierwsze Polska zainwestowała w badania załogowe znacznie więcej funduszy w porównaniu z poprzednim okresem finansowym, po drugie krajowe środowisko naukowe wykazało zdolność do projektowania i realizacji złożonych eksperymentów biomedycznych w środowisku kosmicznym.

Kompetencje pracowników sektora: mocna baza, ale deficyt doświadczenia

Badania PSPA [4] pokazują, że sektor sam siebie definiuje przez kapitał ludzki (Tabela nr 8). Najważniejsze kompetencje to wiedza naukowa i inżynierska oraz znajomość języków, natomiast największy deficyt dotyczy doświadczenia zawodowego, rozwoju relacji i kompetencji miękkich. To istotna diagnoza – problemem nie jest brak zdolnych inżynierów, lecz zbyt mała liczba osób, które przeszły pełny cykl programu kosmicznego: od wymagań przez projekt, integrację, testy, kwalifikację, operacje, utrzymanie i odpowiedzialność za awarie.

Tabela nr 8. Twarde kompetencje sektora kosmicznego w Polsce, zgodnie z badaniem PSPA

Obszar kompetencji	Mocna strona	Co wymaga wzmocnienia
Software i systemy danych	Oprogramowanie pokładowe, symulacje, zarządzanie misją, przetwarzanie danych	Skalowanie produktów, cyberbezpieczeństwo, certyfikacja, standardy jakości
Mechanizmy, robotyka, mechatronika	Mechanizmy kosmiczne, łąziki, automatyka, elementy serwisowania i eksploracji	Testy środowiskowe, niezawodność, integracja z platformami, własność IP
Obserwacja Ziemi i analityka	Radar/optyka, fuzja danych, AI, usługi dla administracji i gospodarki	Walidacja danych, ciągłość usług, integracja z systemami użytkownika
Segment naziemny i operacje	Odbiór, archiwizacja, dystrybucja, chmura, kontrola misji	Bezpieczeństwo, Service Level Agreement, interoperacyjność, odporność na kryzysy
Biznes i relacje	Sprzedaż B2G/B2B, konsorcja, eksport, finansowanie	Największa luka dla komercjalizacji i udziału w programach międzynarodowych

Program rozwoju kadr powinien być powiązany z programami przemysłowymi. Szkolenia bez projektów nie zlikwidują luki doświadczenia. Projekty bez mechanizmu uczenia się organizacji nie stworzą trwałych kompetencji. Najwyższą wartość mają staże przy integratorach, programy wymiany z ESA (w ramach programu POLSA obecnie 30 miejsc na staże w ESA) i przemysłem europejskim, krajowe demonstratory wymagające odpowiedzialności za podsystem oraz finansowanie funkcji project management, quality assurance i systems engineering.

Priorytet kompetencyjny 2026–2035

Utworzyć krajową ścieżkę doświadczenia projektowego: junior – subsystem engineer – systems engineer – mission/project manager.

Wymagać w projektach publicznych planu transferu wiedzy i utrzymania kompetencji w kraju.

Finansować nie tylko prace B+R, ale też testy, kwalifikację, dokumentację i zarządzanie jakością.

Konieczne jest także rozróżnienie kadr naukowych, inżynierskich i operacyjnych. Polska ma silne zaplecze akademickie i inżynierskie, lecz sektor potrzebuje więcej osób potrafiących prowadzić programy w reżimie kosztu, harmonogramu, jakości i odpowiedzialności kontraktowej. To kompetencje rzadko powstające na uczelni (vide wartość projektów ESA raportowanych w bazie POL-on, Rysunek nr 12); powstają w projektach z realnym klientem i konsekwencjami opóźnienia.

Warto wprowadzić warunek „uczenia przez projekt” w zamówieniach publicznych: konsorcjum powinno opisywać, jakie kompetencje pozostaną w kraju po zakończeniu zadania, kto je przejmie oraz jak będą wykorzystane w następnym projekcie. Tylko wtedy projekty nie będą jednorazowym zakupem wiedzy z zewnątrz.

5. Polska Strategia Kosmiczna 2017

Polska Strategia Kosmiczna z 2017 r. [6] wskazała kierunki: rozwój innowacyjnych technologii, współpracę nauki i przemysłu, umiędzynarodowienie, wykorzystanie danych satelitarnych przez administrację oraz autonomię w zakresie obserwacji Ziemi. Cele te pozostają aktualne [9]. Zmienił się jednak kontekst: kosmos stał się elementem bezpieczeństwa, rynek downstream przyspieszył, AI zwiększyła wartość danych, a Europa silniej akcentuje autonomię strategiczną (Tabela nr 9).

Tabela nr 9. Cele PSK 2017 wraz z ich oceną diagnostyczną i propozycją aktualizacji

Cel PSK 2017	Ocena diagnostyczna	Aktualizacja 2026
3% obrotów europejskiego rynku	Wskaźnik ambicji, lecz trudny do monitorowania bez krajowej metodologii pomiaru	Zastąpić lub uzupełnić miernikami: przychody kosmiczne, eksport, udział w programach, liczba produktów operacyjnych
Administracja korzysta z danych polskich firm	Kierunek słuszny, realizacja częściowa i nierówna	Wprowadzić umowy ramowe i katalog usług danych dla administracji. Budowa ram formalnych i finansowych stymulujących możliwości i zakres wykorzystania usług przez administrację
Dostęp do infrastruktury satelitarnej	Wzmacniany przez planowane satelity i segment naziemny	Powiązanie satelity z usługami, bezpieczeństwem i utrzymaniem
Wejście w upstream	Kompetencje są widoczne w software, mechanizmach, robotyce, komponentach, małych satelitach	Premiować integrację podsystemów i rozwiązania o wysokim TRL
Wejście w downstream	Najbardziej perspektywiczne dzięki polskim zasobom IT i geoinformacji	Budować popyt publiczny i certyfikowane usługi dla sektorów regulowanych, pozwalające na skalowanie usług na rynki europejskie i globalne

Aktualizacja strategii powinna odejść od prostego podziału na upstream i downstream jako oddzielne światy. W praktyce przewaga powstanie tam, gdzie krajowe technologie upstream zasilą usługę downstream utrzymywaną przez krajowy segment naziemny. Przykładem jest obserwacja Ziemi. Sama platforma satelitarna nie wystarczy – wartość powstaje dopiero w strumieniu danych, walidacji, integracji z bazami administracji, automatycznym wykrywaniu zmian i procedurach decyzyjnych.

Najważniejszym elementem PSK 2017 wymagającym aktualizacji nie jest wizja, lecz zbyt słaby aparat wykonawczy i pomiarowy. Cel 3% europejskiego rynku jest komunikacyjnie atrakcyjny, ale bez jednolitej metodologii pomiaru trudno ocenić postęp. Kolejna strategia powinna zatem przekształcić cele jakościowe we wskaźniki, które można raportować corocznie: liczba usług publicznych, przychody z eksportu, liczba produktów kwalifikowanych, udział polskich firm w rolach integracyjnych i czas dostępu administracji do danych.

Analiza kierunków rozwojowych

Analiza danych z programów ESA, POL-on, CORDIS oraz zamówień krajowych wskazuje, że polski sektor kosmiczny rozwija się przede wszystkim w logice projektów krótkookresowych, demonstracyjnych i komponentowych, natomiast słabiej wykorzystuje potencjał długoterminowych programów badawczych misji długookresowych (np. Artemis, Moonlight) i misji orbitalnych. Powoduje to lukę pomiędzy fazą tworzenia technologii a fazą jej operacyjnej eksploatacji w warunkach kosmicznych, co ogranicza akumulację doświadczenia systemowego i utrudnia przejście od roli dostawcy komponentów do roli integratora podsystemów i usług.

W przedstawionych projektach finansowanych z polskiej składki do ESA widoczny jest znaczny udział Earth Observations w całkowitych wydatkach. Analiza projektów przypisanych do tego obszaru wskazuje na koncentrację na: przetwarzaniu SAR (9 projektów), tak w przestrzeni dostarczenia produktów dla klientów (SATIM, AGH), jak również na budowie komponentów satelitów (Harmony Mission – Earth Explorer), wykorzystaniu sztucznej inteligencji w przetwarzaniu danych obrazowych (20), w tym przetwarzaniu na pokładzie satelitów (KP Labs) oraz w usługach chmurowych (CloudFerro), odnaleziono również projekty (5) związane z przetwarzaniem danych EO (ROMEO) lub ich wykorzystaniem w rolnictwie (EO Canola). Warto także wskazać, że w zamówieniach POLSA także dominuje sektor Earth Observations, z głównymi obszarami: susza rolnicza (IGIK), miejskie wyspy ciepła (OPEGIEKA), wody i obszary podmokłe (SmallGIS) czy w końcu monitoring zmian pokrycia terenu (GISPRO). Powiązaniem obszarem jest PNT – szkielet systemów gospodarki opartej na lokalizacji, nawigacji i czasie; w projektach finansowanych z polskiej składki do ESA dominują projekty z zakresu budowy odbiorników GNSS do zastosowań kosmicznych (CBK PAN, GMV Polska), projekty dotyczące budowy własnych czipów śledzących sygnały GNSS (ChipCraft), monitorowania jakości i zakłóceń sygnału GNSS (GUGIK, Instytut Łączności) czy wykorzystania w pozycjonowaniu (UPWr). Stąd oczywistym obszarem specjalizacji powinny być serwisy monitoringu i bezpieczeństwa, tak w zakresie zjawisk naturalnych, jak i antropogenicznych, w tym zakłóceń i odporności na nie infrastruktury PNT. Szczególnie w kontekście obserwacji Ziemi istotna perspektywa, która nie jest w pełni zaadresowana w strategii, to brak zdefiniowania elementów napędowych budujących popyt administracji publicznej na usługi oparte na technologiach i usługi obserwacji. Istniejące programy, takie jak Horizon Europe, KPO, Polska Cyfrowa czy Fundusze Europejskie na Rozwój Cyfrowy, realizowały głównie zapotrzebowania punktowe (demonstratory, wdrożenia pilotażowe) lub produktowe, ale pozbawione realnej polityki wykorzystania w procesach administracyjnych (NSIS CLOUD – KPO, Space4Envi – POPC). Nowa strategia powinna zaznaczać kierunki budowania ram formalnych i finansowych stymulujących możliwości i zakres wykorzystania usług w rozszerzonym katalogu zadań administracji.

Jednocześnie misje załogowe i eksperymenty orbitalne, takie jak misja IGNIS, powinny być traktowane nie jako incydentalne przedsięwzięcia prestiżowe, lecz jako element ciągłego systemu walidacji technologii w mikrograwitacji, rozwoju eksperymentów biologicznych, materiałowych i środowiskowych oraz budowy kompetencji integracyjnych między nauką, przemysłem i administracją. Brak powtarzalności takich działań ogranicza zdolność sektora do przechodzenia od wyników badań do trwałych zdolności operacyjnych. Jednocześnie rosnące znaczenie biotechnologii kosmicznych oraz inżynierii systemów środowiskowych wskazuje na potencjał wykorzystania środowiska orbitalnego jako unikalnego laboratorium dla badań nad procesami biologicznymi, systemami zamkniętych obiegów materii oraz technologiami podtrzymywania życia, które mają bezpośrednie przełożenie na sektory zdrowia, środowiska i bezpieczeństwa

na Ziemi. W podobnym kierunku rozwijają się programy eksploracyjne, w tym Artemis Program, które przesuwają akcent z pojedynczych misji na autonomię systemów, robotykę i integrację danych w warunkach ekstremalnych.

W tym kontekście dynamiczny rozwój globalnego programu powrotu na Księżyc (Artemis, Moon Base), jak również zaznaczony w rozdziale pierwszym globalny wyścig w eksploracji kosmosu [2] skłaniają do redefinicji priorytetów technologicznych. Zrównoważona, stała obecność człowieka na Srebrnym Globie zależy bezpośrednio od zdolności do wykorzystania zasobów in-situ (ISRU) oraz budowy autonomicznej infrastruktury powierzchniowej.

Zgodnie z oficjalnymi analizami agencji kosmicznych (raportami ISECG [14]) realizacja koncepcji bazy księżycowej blokowana jest przez szereg poważnych luk technologicznych. Wśród najważniejszych wymienia się: brak systemów precyzyjnego mapowania zasobów na poziomie metrowym (prospecting), problemy z mechanicznym przygotowaniem surowca (feedstock preparation) w warunkach próżni oraz brak odporności mechanizmów na wysoce ścierny pył księżycowy (dust tolerance) w ekstremalnych temperaturach stale zacienionych regionów (PSR). Projektowanie rozwiązań eliminujących te wąskie gardła stanowi bezpośrednią szansę dla polskich podmiotów inżynieryjnych.

W konsekwencji kluczowym wyzwaniem nie jest rozszerzanie katalogu obszarów technologicznych, lecz stworzenie mechanizmu ciągłości pomiędzy projektami B+R, eksperymentami orbitalnymi i wdrożeniami operacyjnymi. Oznacza to przejście od modelu projektowego do modelu, w którym kosmos pełni funkcję stałej infrastruktury badawczo-testowej, generującej powtarzalne dane, doświadczenie integracyjne i zdolności systemowe, bez których trudno o trwałe przejście Polski do roli integratora w europejskim łańcuchu wartości.

Kolejna aktualizacja dotyczy bezpieczeństwa. W 2017 r. bezpieczeństwo było ważne, lecz nie dominowało tak silnie jak obecnie. Po agresji Rosji przeciwko Ukrainie i wzroście zakłóceń GNSS dane satelitarne stały się narzędziem odporności państwa. Kolejna strategia powinna traktować kosmos jako infrastrukturę krytyczną.

Zgodność strategii z europejskimi kierunkami rozwoju sektora

Europejskie dokumenty strategiczne [2, 10] wskazują cztery wspólne osie: maksymalizację korzyści gospodarczych i społecznych, autonomię dostępu do danych i usług, bezpieczeństwo oraz konkurencyjność przemysłu. Strategia kosmiczna dla Europy podkreśla, że dane i usługi kosmiczne są narzędziem polityk publicznych, a nie tylko domeną przemysłu kosmicznego. ESA 2040 i rekomendacje ESPI 2040 wzmacniają tę logikę, dodając nacisk na odporność, eksplorację, zrównoważenie i talenty.

Tabela nr 10. Dokumenty strategiczne na poziomie europejskim

Rama europejska	Sens strategiczny	Polska odpowiedź
Strategia kosmiczna UE	Copernicus, Galileo/EGNOS, wykorzystanie danych w politykach publicznych, konkurencyjność	Budować rynek usług publicznych opartych na Copernicus/Galileo i krajowych danych
Bezpieczeństwo kosmiczne UE	Ochrona infrastruktury, odporność, dual-use, świadomość sytuacyjna	Rozwijać krajowe zdolności SSA/SST, cyberbezpieczeństwo danych i usługi dla obronności

Rama europejska	Sens strategiczny	Polska odpowiedź
ESA 2040	Klimat, eksploracja, autonomia, konkurencyjność, inspiracja i talenty	Wybierać programy ESA zgodne z krajowymi specjalizacjami, a nie rozpraszać składki
ESPI 2040	Autonomia polityczna Europy, wzrost inwestycji, nowe zastosowania dual-use, talenty STEM	Połączyć program kosmiczny z przemysłem obronnym, ICT, energetyką, środowiskiem i edukacją

Polska strategia powinna być kompatybilna z europejską, ale nie powinna być prostą listą europejskich priorytetów. Rolą strategii krajowej jest wybór tych obszarów, w których Polska może przejść od uczestnictwa do współkształtowania. Najbardziej logiczne pola to: obserwacje Ziemi, usługi PNT, segment naziemny i chmura danych, mechanizmy i robotyka, medycyna kosmiczna, software kosmiczny, zastosowania dual-use oraz edukacja techniczna powiązana z programami demonstracyjnymi.

W praktyce wybór ten powinien kierować polskim stanowiskiem na rady ministerialne ESA i programy UE. Jeżeli Polska zwiększa składkę do programów opcjonalnych, powinna równocześnie mieć krajowy plan absorpcji: przygotowane konsorcja, listę technologii do rozwinięcia, potrzeby użytkowników publicznych i ścieżkę komercjalizacji. Bez tego środki wrócą do sektora w sposób przypadkowy.

Zgodność z Europą nie oznacza rezygnacji z autonomii krajowej. Oznacza wykorzystanie europejskich programów jako dźwigni, przy jednoczesnym budowaniu zdolności, które są potrzebne polskiej administracji, gospodarce i bezpieczeństwu [6]. To powinno być główne kryterium selekcji działań.

W polskim kontekście oznacza to konieczność traktowania udziału w programach ESA i UE nie wyłącznie jako mechanizmu pozyskiwania kontraktów przemysłowych, lecz jako narzędzia budowy doświadczenia systemowego poprzez udział w misjach, eksperymentach orbitalnych oraz programach demonstracyjnych. Obecnie udział Polski w tego typu działaniach ma charakter punktowy i projektowy, co ogranicza możliwość kumulacji kompetencji i danych (np. Tabela nr 2). Wzmocnienie pozycji Polski wymaga zatem zwiększenia udziału w programach eksploracyjnych i eksperymentalnych ESA oraz ich powiązania z krajowym systemem B+R w taki sposób, aby wyniki misji przekładały się na rozwój technologii, usług i zdolności integracyjnych w kraju. W tym ujęciu udział w europejskich programach eksploracyjnych staje się nie tylko kwestią obecności w konsorcjach, lecz elementem świadomej strategii budowy zdolności operacyjnych i przemysłowych.

Zasada wyboru programów ESA

Każde zaangażowanie programowe powinno mieć krajową hipotezę efektu: jakie firmy zyskają kompetencje, jaki podsystem zostanie w Polsce, jaki produkt może być eksportowany i jaki użytkownik publiczny skorzysta z rezultatu. Bez takiej hipotezy składka do programów opcjonalnych może zwiększać aktywność, ale niekoniecznie zdolność strategiczną.

6. Przewagi konkurencyjne: od listy kompetencji do portfela specjalizacji

Lektura raportów PSPA [11] i ARP [5] wskazuje na obszary: nanosatelity i CubeSaty, robotyka i mechatronika, systemy nawigacji i komunikacji, oprogramowanie kosmiczne, systemy optyczne, kapitał ludzki, elastyczność oraz mechanizmy. Strategia powinna wskazywać, które z tych przewag mają być rozwijane jako produkty, które jako usługi, a które jako kompetencje wspierające inne sektory.

Tabela nr 11. Przewagi konkurencyjne polskiego sektora kosmicznego

Typ specjalizacji	Przykład	Rynek docelowy	Miernik dojrzałości
Produkty i podsystemy	Mechanizmy, elementy platform, elektronika, sensory, software pokładowy	Kontrakty ESA, eksport B2B, udział w misjach międzynarodowych	Liczba kwalifikowanych produktów i powtarzalnych dostaw
Usługi danych	EO, GNSS, monitoring, analityka AI, platformy danych	Administracja, obrona, rolnictwo, środowisko, infrastruktura, eksport	Umowy operacyjne, umowy o gwarantowanym poziomie świadczenia usług, liczba użytkowników, przychody
Zdolności systemowe	Integracja podsystemów, segment naziemny, zarządzanie misją	Program krajowy, programy ESA/EU, projekty dual-use	TRL, odpowiedzialność za interfejsy, testy i operacje
Kompetencje pochodne	Robotyka, automatyka, materiały, jakość, niezawodność	Przemysł 4.0, medycyna, energetyka, górnictwo, bezpieczeństwo	Spin-offy, wdrożenia poza sektorem, patenty

Najbardziej obiecujące są specjalizacje, które łączą niszę technologiczną z powtarzalnym popytem. Mechanizm kosmiczny, który pozostaje jednorazowym projektem, buduje doświadczenie, ale nie tworzy skali. Ten sam mechanizm jako kwalifikowany produkt dla wielu misji buduje pozycję w łańcuchu wartości. Analogicznie algorytm EO jako projekt pilotażowy ma ograniczony efekt; jako usługa monitoringu dla wielu instytucji staje się rynkiem.

Rekomendowany portfel specjalizacji

Specjalizacje bazowe: software kosmiczny, mechanizmy, robotyka, systemy danych, segment naziemny.

Specjalizacje popytowe: EO dla bezpieczeństwa klimatycznego i infrastruktury, GNSS/PNT dla transportu i odporności, usługi dual-use.

Specjalizacje przyszłości: serwisowanie na orbicie, optyka i radar, AI dla danych satelitarnych, standardy zrównoważonej przestrzeni kosmicznej, medycyna kosmiczna.

Portfel powinien być zarządzany aktywnie. Specjalizacje bazowe wymagają finansowania testów i kwalifikacji. Specjalizacje popytowe wymagają zamówień i dostępu do użytkownika. Specjalizacje przyszłości wymagają udziału w programach międzynarodowych, ponieważ krajowy rynek jest zbyt mały, aby samodzielnie sfinansować pełne ryzyko. Mieszanie tych trzech typów instrumentów prowadzi do niskiej skuteczności.

Istotnym uzupełnieniem portfela specjalizacji powinno być także wprowadzenie mechanizmu jego ciągłej odnowy poprzez udział w programach eksperymentalnych i misjach orbitalnych, które pełnią funkcję środowiska walidacji technologii oraz generowania danych o wysokim poziomie unikalności. Dotyczy to w szczególności eksperymentów realizowanych w środowisku mikrogravitacji oraz programów załogowych i autonomicznych, takich jak misja IGNIS oraz międzynarodowe programy eksploracyjne (Artemis), które umożliwiają podnoszenie poziomu TRL, rozwój kompetencji integracyjnych oraz weryfikację technologii w warunkach operacyjnych.

Bezpieczeństwo i odporność dla zastosowań na Ziemi 2035

Polska specjalizacja w obszarze dual-use do ochrony zasobów i infrastruktury Europy powinna być opisana jako cztery powiązane, ale odrębne filary:

1. obserwacje spektralne (wyposażone w optykę Scanway) lub sensory hiperspektralne (KP Labs), pozwalające na monitorowanie właściwości fizykochemicznych (np. uwodnienie, nawożenie, kondycja);
2. obserwacje radarowe SAR, obejmujące zdolności radarowej obserwacji Ziemi, rozwijane m.in. przez ICEYE Polska i program EYECORE, które pozwalają pozyskiwać zobrazowania niezależnie od zachmurzenia i pory dnia, a więc są szczególnie ważne dla monitoringu granic, powodzi, infrastruktury krytycznej, energetyki, transportu i zasobów naturalnych;
3. PNT obejmuje odporne usługi pozycjonowania, nawigacji i czasu, oparte na GNSS oraz rozwiązaniach przyszłości, takich jak LEO-PNT, z udziałem kompetencji Chipcraft produkcji własnych półprzewodnikowych chipów, i silnego zaplecza naukowego WAT, UPWr, UWM, Instytutu Łączności PIB – jest to fundament dla bezpieczeństwa transportu, synchronizacji sieci, usług krytycznych i odporności na zakłócenia;
4. budowa własnych, niezawodnych platform satelitarnych w różnych skalach, od nano do małych satelitów (Creotech, SatRev).

Przetwarzanie danych domyka ten łańcuch wartości poprzez kompetencje CloudFerro w przechowywaniu, udostępnianiu i analizie wielkoskalowych zbiorów danych satelitarnych w chmurze, w tym z wykorzystaniem AI. Razem tworzy to specjalizację „od sensora do decyzji”: od pozyskania danych (SAR, spektralne, hiperspektralne) przez wiarygodne PNT po szybkie przetwarzanie i dostarczenie administracji, służbom i gospodarce informacji gotowej do działania.

Działanie:

- składka ESA na Earth Observations oraz Navigation, dopasowana do realizacji programu budowy usług dla administracji;
- Program Strategiczny NCBR – odporność dzięki infrastrukturze satelitarnej oraz suwerennym zasobom transferu, przetwarzania i udostępniania danych w: 1) obszarze rolnictwa, 2) zagrożeniach naturalnych i antropogenicznych, 3) ochrony infrastruktury, w tym infrastruktury PNT.

Wymagania:

- włączenie konstelacji Camila, danych Copernicus, danych Galileo oraz Celeste, wykorzystanie infrastruktury NSIS Cloud.

Cel:

- rozwój kompetencji integracyjnych sektora;
- budowa produktów eksportowych.

Space resources wraz z systemami podtrzymywania życia 2035

Strategicznym celem jest rozwój zamkniętych, odpornych i samowystarczalnych systemów ekologiczno-technologicznych umożliwiających długoterminową obecność człowieka poza orbitą Ziemi. Realizacja powinna przebiegać zgodnie z priorytetami ESA w zakresie zrównoważonej eksploracji (sustainable exploration), autonomii operacyjnej, gospodarki obiegu zamkniętego w kosmosie (circular space economy) oraz rozwojem technologii In-Situ Resource Utilization. Specjalizacja ta odpowiada bezpośrednio kierunkom rozwoju ESA związanym z budową trwałej obecności człowieka na Księżycu i w przestrzeni cis-lunarnej, rozwojem technologii In-Situ Resource Utilization oraz redukcją zależności logistycznej od Ziemi. Specjalizacja powinna obejmować:

1. technologie satelitarne i teledetekcję (Prospecting): polski sektor mikro- i nanosatelitarny reprezentowany m.in. przez projekty (TerraEye, Scanway) wykazuje zaawansowane kompetencje w budowie zminiaturyzowanych ładunków optycznych. Sensory te, w połączeniu z algorytmami przetwarzania danych, mogą zostać bezpośrednio zaadaptowane do misji orbitalnego poszukiwania i mapowania złóż lodu wodnego oraz minerałów na Księżycu, wpisując się w unijną strategię odpornościową oraz program ESA Moonlight;
2. mechanizmy kosmiczne i robotykę (Eksploracja): podmioty takie jak Astronika, Centrum Badań Kosmicznych PAN (CBK PAN) oraz PIAP Space posiadają udokumentowane sukcesy w budowie penetratorów gruntu, systemów wiertniczych i manipulatorów dla misji międzyplanetarnych. Kompetencje te są kluczem do stworzenia bazy autonomicznych łazików i robotów, stacji przetwarzania, które obsługiwałyby technologie (trzeci filar) pozyskiwania, przetwarzania i wytwarzania w oparciu o filozofię In-Situ Resource Utilization;
3. In-Situ Resource Utilization – pozyskiwanie, przetwarzanie i wytwarzania surowców przestrzeni kosmicznej: Polska dysponuje dziesięcioleciem doświadczeń w ziemskim przemyśle wydobywczym i ciężkim (KGHM, górnictwo podziemne i odkrywkowe) w skrajnie trudnych warunkach środowiskowych i przetwórstwie minerałów – główne technologie ISRU i infrastruktury księżycowej;
4. integrację zasobów wodnych z systemami środowiskowymi i produkcyjnymi, obejmującą zarówno wydobywanie lodu wodnego w rejonach polarnych Księżyca, jak i przetwarzanie wody na tlen i wodór w procesach elektrolizy wspierających systemy życia i napędu (np. projekt LUWEX zrealizowany przez Politechnikę Wrocławską i Scanway S.A.). Równolegle rozwijane są technologie bio(hydro)metalurgiczne umożliwiające pozyskiwanie metali z regolitu księżycowego oraz materiałów asteroidowych przy wykorzystaniu procesów biologicznych, co stanowi niskoenergetyczne uzupełnienie klasycznych metod ISRU i wpisuje się w europejski kierunek autonomii zasobowej.

Działanie:

- opracowanie i uruchomienie programu mapowania kompetencji, który pozwoli polskiej nauce i przemysłowi na identyfikację obszarów wymagających wsparcia (realizacja poprzez dedykowane staże, wyjazdy studyjne itp.);
- składka na Terrae Novae (E3P) w celu transformacji kompetencji w zakresie pozyskiwania i przetwarzania surowców w warunkach ziemskich na zastosowanie pozaziemskie;
- budowa polskiej infrastruktury do testowania technologii biohydrometalurgicznych oraz ISRU poprzez wsparcie centrów badawczych posiadających kompetencje symulacji warunków na Księżycu czy Marsie (podłoże, atmosfera, zapylenie, temperatura itp.) w dużej skali, co pozwoli na testowanie realnych procesów wydobywczych i przetwórczych (testowanie rozwiązań „przemysłowych”, a nie tylko naukowych).

Wymagania:

- wykorzystanie dziesięcioleci wiedzy i doświadczenia w przemyśle górnictwa i przetwórstwa pochodzących z firm wydobywczych (KGHiM, PGG) i centrów badawczych (CUPRUM, GIG).

Cel:

- przeniesienie/transformacja dziesięcioleci wiedzy i doświadczenia tradycyjnych technologii pozyskiwania i przetwarzania zasobów w trudnych warunkach środowiskowych do nowego, innowacyjnego obszaru ISRU.

Misje załogowe a Polska medycyna kosmiczna 2035

Polska medycyna kosmiczna 2035 powinna zostać opisana jako specjalizacja łącząca nauki biomedyczne, rehabilitację okołolotową, farmakologię, psychologię i fizjologię człowieka w warunkach ekstremalnych. Jej podstawą nie jest wyłącznie udział w pojedynczych eksperymentach orbitalnych, lecz budowa trwałej zdolności badawczo-klinicznej: od badań podstawowych nad mechanizmami molekularnymi i komórkowymi odpowiedzi organizmu na mikrogravitację, promieniowanie, izolację, przeciążenia i zaburzenia rytmu dobowego po badania translacyjne przekładające tę wiedzę na procedury medyczne, rehabilitacyjne i terapeutyczne. Taka specjalizacja wpisuje się w priorytety programów eksploracyjnych ESA, w tym E3P/E4P, agendę Europejskiego Centrum Astronautów oraz cele polskiej polityki kosmicznej, ponieważ wzmacnia zdolność Europy do długotrwałych misji załogowych, a jednocześnie tworzy rozwiązania możliwe do zastosowania na Ziemi: w medycynie ekstremalnej, rehabilitacji, opiece nad osobami starszymi, telemedycynie, farmakologii i monitorowaniu zdrowia w środowiskach wysokiego ryzyka.

Specjalizacja powinna rozwijać się w trzech filarach:

1. badania człowieka w warunkach ekstremalnych – obejmują fizjologię, neuropsychologię, immunologię, mikrobiom, metabolizm, sen, zdrowie psychiczne oraz odporność organizmu na długotrwałą izolację i stres środowiskowy;
2. rehabilitacja okołolotowa – obejmuje przygotowanie astronautów przed misją, monitorowanie zmian w trakcie lotu oraz protokoły powrotu do sprawności po misji, w tym układ mięśniowo-szkieletowy, równowagę, funkcje poznawcze i adaptację układu krążenia;
3. biomedycyna i farmakologia kosmiczna – obejmują stabilność leków, biodostępność substancji czynnych, technologie diagnostyczne, systemy monitoringu zdrowia oraz eksperymenty biologiczne prowadzone na ISS lub przyszłych platformach orbitalnych.

Razem tworzy to specjalizację „od eksperymentu do procedury medycznej”: od badań w mikrograwitacji przez walidację kliniczną po standardy opieki zdrowotnej dla astronautów i zastosowania naziemne.

W perspektywie 2035 r. Polska powinna dążyć do pozycji rozpoznawalnego europejskiego ośrodka medycyny kosmicznej, dysponującego infrastrukturą badań symulacyjnych uznawaną przez ESA jako zaplecze eksperymentów premisyjnych, własnym wkładem w standardy opieki medycznej i rehabilitacji astronautów, co najmniej kilkoma eksperymentami biomedycznymi zrealizowanymi na ISS lub kolejnej stacji orbitalnej oraz szkołą naukową kształcąca kadry dla europejskiego sektora kosmicznego. Kluczowe jest, aby misje takie jak IGNIS nie były traktowane jako jednorazowy sukces prestiżowy, lecz jako początek stałego programu eksperymentów biomedycznych, budującego kompetencje, dane, procedury i partnerstwa z ESA, EAC, uczelniami medycznymi, instytutami badawczymi oraz przemysłem life science.

Działania:

- zwiększenie udziału finansowego Polski w Programie Eksploracji Kosmosu (E4P/ELIPS) jako kluczowym nośniku badań z zakresu medycyny i nauk o życiu w przestrzeni kosmicznej;
- przeznaczenie wyodrębnionej puli krajowego finansowania na projekty z zakresu medycyny kosmicznej w ramach programów NCN, NCBR/FENG oraz Funduszy Norweskich – z priorytetem dla projektów translacyjnych (dual-use) i przygotowania kadr naukowych;
- uwzględnienie medycyny i biologii kosmicznej jako samodzielnej kategorii tematycznej w krajowym planie działań;
- program MNSiW – utworzenie Centrum Medycyny Kosmicznej i Badań Ekstremalnych – jednostki interdyscyplinarnej skupiającej kompetencje medycyny, farmakologii, biofizyki i inżynierii biomedycznej, wyposażonej w laboratoria symulacji mikrograwitacji (dry immersion, clinostat, Random Positioning Machine), komorę hipobaryczną oraz platformy do hodowli komórkowych w warunkach mikro- i hipergrawitacji. Wraz z konsorcjum ośrodków akademickich i klinicznych zdolnych do prowadzenia badań HDBR (head-down bed rest), analogów misji izolacyjnych oraz pilotażowych eksperymentów kwalifikowanych do realizacji na ISS lub przyszłych stacjach orbitalnych;
- integrację infrastruktury z europejską siecią laboratoriów ESA/ESAC oraz ośrodkiem EAC w Kolonii w celu zapewnienia dostępu do unikatowych platform badawczych i możliwości realizacji wspólnych projektów.

Wymagania:

- uwzględnienie osiągnięć misji IGNIS w zakresie eksperymentów, treningu i procedur w programie Centrum Medycyny Kosmicznej i Badań Ekstremalnych;
- Centrum powinno dysponować personelem zdolnym do szkolenia Crew Medical Officer (CMO) na poziomie ACLS, ATLS i podstawowej chirurgii, zgodnie z wymaganiami NASA Level IV–V dla misji księżycowych i marsjańskich.

Cel:

- Polska posiada ośrodek medycyny kosmicznej, dysponujący infrastrukturą badań symulacyjnych uznawaną przez ESA jako zaplecze eksperymentów premisyjnych;
- Polska przygotowuje kadrę naukową i medyczną zdolną do udziału w misjach księżycowych (kosmicznych).

7. Bibliografia i źródła

- [1] OECD, *OECD Handbook on Measuring the Space Economy, 2nd Edition*. OECD Publishing, 2022. doi: 10.1787/8bfef437-en.
- [2] European Space Agency, „Report on the Space Economy 2025”, European Space Agency, marzec 2025.
- [3] European Union Agency for the Space Programme, *EUSPA EO and GNSS Market Report.2024 / Issue 2*. LU: Publications Office, 2024. doi: 10.2878/73092.
- [4] Stowarzyszenie Polskich Profesjonalistów Sektora Kosmicznego, „Stan polskiego sektora kosmicznego: Raport z badania cz. 3. Stan polskiego sektora kosmicznego”, Stowarzyszenie Polskich Profesjonalistów Sektora Kosmicznego (PSPA), Warszawa, październik 2025.
- [5] Agencja Rozwoju Przemysłu S.A. i Centrum Studiów Kosmicznych Akademii Leona Koźmińskiego, „Raport kosmiczny 2025”, Agencja Rozwoju Przemysłu S.A., 2025.
- [6] Rada Ministrów, „Polska Strategia Kosmiczna”, *Monit. Pol. Poz* 203, luty 2017.
- [7] K. Łukasik, J. Strzelecki, P. Śliwowski, I. Święcicki, *Ilu specjalistów IT brakuje w Polsce?*, Warszawa, Polski Instytut Ekonomiczny, 2022.
- [8] Polska Agencja Kosmiczna, „Polski sektor kosmiczny: Katalog podmiotów 2022”, Polska Agencja Kosmiczna (POLSA), 2022.
- [9] Polska Agencja Kosmiczna, „Ocena stanu rozwoju badań i użytkowania przestrzeni kosmicznej w Polsce za 2024”.
- [10] European Commission, „Strategia kosmiczna dla Europy”, Komisja Europejska, Bruksela, październik 2016. [Online]. Dostępne na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:52016DC0705>.
- [11] Stowarzyszenie Polskich Profesjonalistów Sektora Kosmicznego, „Stan polskiego sektora kosmicznego: Raport z badania cz. 4. Uwagi dla administracji”, Stowarzyszenie Polskich Profesjonalistów Sektora Kosmicznego (PSPA), Warszawa, październik 2025.
- [12] https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Funding_boost_unlocks_future_space_science_programme, odwiedzone 27.05.2026.
- [13] <https://www.cesaer.org/news/advancing-european-space-research-education-and-exploration-1791/>, odwiedzone 27.05.2026.
- [14] Del Bianco, M., Lanciano, O., Bertacin, R., Piccirillo, S., Paillet, A., Boutte, P., ... & On, M. (2021). In-Situ Resource Utilization gap assessment report. International Space Exploration Coordination Group: Berlin, Germany.

Założenia redakcyjne i zastrzeżenia

Raport jest wersją analityczną, a nie dokumentem prawnym. Liczby i szacunki należy aktualizować przed publikacją oficjalną, szczególnie w zakresie zatrudnienia, wartości rynku krajowego, struktury przychodów firm i portfela kontraktów. W tabelach zastosowano skróty opisowe, aby utrzymać czytelność dokumentu. Wszystkie priorytety powinny być w dalszej pracy rozwinięte w fiszki projektowe zawierające właściciela, budżet, harmonogram, wskaźniki i ryzyka.

Autorzy mają świadomość, że proste porównywanie poziomu nakładów między segmentami zdefiniowanymi przez OECD (upstream, downstream, pozakosmiczna działalność) może prowadzić do częściowo mylących wniosków, ponieważ kapitałochłonność tych dwóch obszarów jest znacząco inna, tj. upstream jest z natury bardziej kapitałochłonny. Rozwój infrastruktury i technologii kosmicznych wymaga wysokich kosztów wejścia oraz długiego cyklu rozwoju, podczas gdy downstream częściej opiera się na skalowalnych usługach, analizie danych i oprogramowaniu.

W efekcie mniejsze nakłady w downstream mogą generować więcej miejsc pracy lub szybszy efekt ekonomiczny, co nie oznacza automatycznie większego znaczenia strategicznego tego segmentu. Dlatego porównania upstream i downstream powinny uwzględniać nie tylko nominalną wartość inwestycji, ale również wartość dodaną, produktywność, poziom innowacyjności czy znaczenie dla suwerenności technologicznej. Czego w tym raporcie ze względu na brak danych nie zrobiono.

Wykorzystanie GenAI

Raport powstał na bazie analizy danych pochodzących z wielu źródeł, etykietowanie zostało przeprowadzone przez algorytmy sztucznej inteligencji. Tekst został rozwinięty przez LLM na bazie własnych notatek autorów.

Skróty

AI – sztuczna inteligencja; B+R – badania i rozwój; EO – obserwacja Ziemi; ESA – Europejska Agencja Kosmiczna; GNSS – globalne systemy nawigacji satelitarnej; PNT – pozycjonowanie, nawigacja i synchronizacja czasu; SSA/SST – świadomość sytuacyjna w przestrzeni kosmicznej / śledzenie obiektów; TRL – poziom gotowości technologicznej.



Wrocław
miasto spotkań

