

Stanowisko Komitetu Astronomii PAN: Najważniejsze przedsięwzięcia aparaturowe astronomii polskiej w latach 2008—2025

Spis treści:

Wstęp

1. **Pełne członkostwo w European Southern Observatory ESO**
2. ASTROGRID—PL
3. CTA – Cherenkov Telescope Array
4. ROBOTEL – zrobotyzowany teleskop do poszukiwania planet
5. SALT – Southern African Large Telescope
6. Inne przedsięwzięcia istotne dla polskiej astronomii
 - 6.1 Projekty astrobiologiczne
 - 6.2 Projekty astrofizyczne
 - 6.3 Projekty heliofizyczne
 - 6.4 Projekty kosmiczne
 - 6.5 Projekty radioastronomiczne
- 7. Zestawienie kosztów**
8. Wykaz skrótów

Opracował zespół:

Prof. dr hab. Marek J. Sarna – Dyrektor Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika PAN
Prof. dr hab. Kazimierz Szepliński – Przewodniczący Komitetu Astronomii PAN
Prof. dr hab. Edwin Wnuk – Prezes Polskiego Towarzystwa Astronomicznego

Warszawa, kwiecień 2008

WSTĘP

Dynamiczny rozwój astronomii/astrofizyki obserwacyjnej i teoretycznej wymaga dostępu polskich astronomów do szerokiej gamy instrumentów, w całym zakresie widma elektromagnetycznego, od fal radiowych po promieniowanie gamma. Wiąże się to z rewolucją wywołaną pojawieniem się nowej generacji wielkich teleskopów oraz rozwojem nowych technik w naziemnej astronomii obserwacyjnej. Zasadnicze znaczenie ma również rozwój technik kosmicznych/satelitarnych, które umożliwiają rejestrację tych zakresów promieniowania, które są pochłaniane w atmosferze ziemskiej.

Polscy astronomowie znajdują się w czołówce światowej: cytowalność naszych prac wynosi 95% średniej światowej (medycyna kliniczna 84%, farmakologia 63%, mikrobiologia 38% -- Nauka, 2/2005, str.13-28), zajmujemy 15 miejsce według liczby publikacji w świecie (medycyna kliniczna 26, farmakologia 22, mikrobiologia 28), dorobek naukowy aż 17 samodzielnych pracowników naukowych cytowany jest ponad 1000 razy (ankieta *Wprost*). Mamy ogromne doświadczenie obserwacyjne zdobyte w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat dzięki obserwacjom w praktycznie wszystkich największych obserwatoriach optycznych i radiowych świata. Uczestniczyliśmy/czymy również w ważnych misjach satelitarnych: INTEGRAL, HERSCHEL, PLANCK.

1. Pełne członkostwo w ESO

Z punktu widzenia astronomii polskiej, kluczowe jest przystąpienie do European Southern Observatory (ESO).

Uzasadnienie: European Southern Observatory jest instytucją oferującą największe możliwości w zakresie astronomii optycznej, gdyż dysponuje najnowocześniejszą w świecie bazą instrumentalną obejmującą szeroki zakres długości fal, typów instrumentów, największych teleskopów na świecie. Jednak dostęp do tych urządzeń jest praktycznie możliwy tylko dla astronomów pracujących w instytucjach krajów będących członkami ESO. Przystąpienie Polski do ESO za jednym pociągnięciem może całkowicie zmienić sytuację instrumentalną polskiej astronomii. Dostępne stanie się całe bogate instrumentarium ESO, włącznie z budowanym w ramach projektu ALMA zestawem kilkudziesięciu anten do obserwacji fal submilimetrowych, oraz projektowanym 42 metrowym teleskopem optycznym. W badaniach podstawowych, przełomowe odkrycia dokonywane są przez duże, międzynarodowe grupy badawcze, dysponujące dużym budżetem – przykład CERN.

O sensowności przystąpienia do ESO świadczy podejście kilku krajów, które w ostatniej dekadzie stały się członkami ESO: Portugalii, Grecji, Hiszpanii, Finlandii czy Czech. Do ESO przystąpiła także w roku 2002 taka „potęga astronomiczna” jak Wielka Brytania.

Nie ma wątpliwości, że jeśli możliwości dostępu polskich astronomów do nowoczesnej astronomicznej bazy instrumentalnej nie ulegną zmianie, wysoka pozycja naukowa Polski w astronomii światowej będzie podupadać i wkrótce prześcigną nas kraje, które wstąpiły do ESO w ostatniej dekadzie, bądź zrobią to wkrótce (Austria, Estonia).

Korzyści: Wstąpienie do ESO otworzy dostęp polskich astronomów do technik obserwacyjnych dotąd rzadko bądź wcale nie stosowanych w naszych badaniach. Umożliwi dostęp młodym badaczom do stanowisk typu staż po—doktorski i etatów

technicznych w ESO. Będzie się to również wiązało z możliwością rozwoju środowiskowych laboratoriów budujących nowoczesną aparaturę badawczą. Dzięki przynależności do ESO polscy astronomowie będą zasiadać we władzach tej organizacji i odgrywać aktywną rolę w kształtowaniu wizji rozwoju badań astronomicznych w Europie. Warto zauważyć, że oczywistymi korzyściami po przystąpieniu Polski do ESO będzie również refundacja kosztów podróży i pobytu podczas prowadzenia obserwacji.

Zainteresowani: Całe polskie środowisko astronomiczne. Świadczy o tym fakt, że zarówno Polskie Towarzystwo Astronomiczne jak i Komitet Astronomii PAN w swych uchwałach poparły przystąpienie Polski do ESO.

Ocena kosztów: Członkostwo w ESO wiązać się będzie z kosztami. Nowi członkowie wnoszą dwa rodzaje opłat: tzw wpisowe, oraz składkę roczną. Wpisowe wiąże się z częściową refundacją kosztów poniesionych przez dotychczasowych członków ESO, na budowę i rozwój instrumentarium. Składka roczna to opłata na utrzymanie i eksploatację działających urządzeń badawczych. Zasada obliczania tych opłat związana jest z wysokością PKB danego kraju. Pewne wstępne szacunki mówią, że opłata wpisowa będzie wynosić ok. 17—20 mln EUR, zaś składka roczna 2.5—3 mln EUR. Dotychczasowa praktyka przy przyjmowaniu nowych członków pokazuje, że kwota wpisowego może być rozłożona na raty, oraz częściowo (do 20% kwoty wpisowego) uznana w postaci urządzeń badawczych i myśli technicznej—oprogramowania, wnoszonych przez kraj ubiegający się o członkostwo w ESO. Warunki, na jakich przyjmowany jest nowy kraj, są ustalane w drodze negocjacji dwustronnych (ESO—Polska).

Konieczne działania: Wydaje się, że w trybie pilnym powinna zostać powołana międzyresortowa (MNiSzW, MSZ) Komisja Negocjacyjna ds. przystąpienia Polski do ESO.

Przed przystąpieniem do opisywania innych ważnych dla astronomii projektów, chcemy podkreślić, że priorytetem dla polskiej astronomii jest przystąpienie do ESO.

Cztery poniżej omawiane przedsięwzięcia aparaturowe są priorytetowe dla całego środowiska astronomicznego, bądź dużej jego części. **Uszeregowane są w kolejności alfabetycznej.**

2. ASTROGRID—PL

Projekt ten łączy wszystkie przedsięwzięcia aparaturowe. Do opracowywania danych uzyskiwanych z wysoko—zaawansowanej technologicznie aparatury badawczej, niezbędne są ogromne moce obliczeniowe, oraz nowoczesne oprogramowanie. Projekt ASTROGRID—PL będzie pełnił taką właśnie rolę dla całej polskiej astronomii.

Uzasadnienie: Celem niniejszego projektu jest stworzenie, pierwszej w Polsce, infrastruktury sieciowej (dalej – gridowej) dla dedykowanej sieci komputerowej integrującej funkcjonalnie i programowo instalacje „klastrowe” w polskich ośrodkach astronomicznych. Powstała sieć ASTROGRID-PL (zwana dalej siecią) umożliwi intensyfikację badań naukowych i współpracy pomiędzy polskimi ośrodkami astronomicznymi oraz stworzy podstawy do włączenia się w europejskie struktury gridowe i zacieśnienia kontaktów międzynarodowych. Podstawowym celem długofalowym inwestycji ASTROGRID-PL jest stworzenie warunków umożliwiających włączenie się polskiego środowiska astronomicznego do europejskich struktur gridowych (zwłaszcza do obecnie tworzonych gridów astronomicznych). Integracja infrastruktury komputerowej podniesie efektywność współpracy w ramach rozproszonych grup badawczych. Ponadto polskie ośrodki badawcze uzyskają dostęp do zasobów i specjalistycznych urządzeń udostępnianych w ramach gridów a niedostępnych w Polsce.

Korzyści: Projekt ASTROGRID-PL umożliwi zrealizowanie wielu ważnych celów bezpośrednich. Przyczyni się do stworzenia nowej jakości w pracy naukowej poprzez wdrożenie nowoczesnej technologii. Zainstalowane zostaną narzędzia ułatwiające pracę w ramach gridu, powstaną jednorodne bazy danych wyników obserwacji i symulacji numerycznych – wirtualne obserwatorium. Efektywniejsze i bardziej elastyczne wykorzystanie dostępnych mocy obliczeniowych zgromadzonych w ośrodkach biorących udział w projekcie. Przygotowanie użytkowników do uczestnictwa w europejskich projektach badawczych wykorzystujących gridy.

Zainteresowani: całe środowisko astronomiczne

Ocena kosztów: Koszty budowy gridu związane są z kosztami sprzętowymi (lokalnymi instalacjami klastrowymi) oraz kosztami obsługi gridu. W ramach kosztów obsługi znajdują się wydatki osobowe związane z obsługą informatyczną i sprzętowa projektu oraz koszty niezbędnego oprogramowania i utrzymania struktury gridowej. Koszty sprzętowe związane będą z budową lokalnych „klastrow” obliczeniowych wraz z ich niezbędnym oprzyrządowaniem. Projekt będzie realizowany w latach 2008-2015. Szacunkowy koszt to około 4,5 mln EUR. Dodatkowo eksploatacja i odbudowa sprzętowa instalacji gridowych w latach 2016 – 2020 około 2 mln EUR.

Konieczne działania: Przygotowanie wniosku (w trakcie) w ramach europejskich funduszy strukturalnych 2.3 i powołanie polskiego Konsorcjum ASTROGRID—PL.

3. **CTA – Cherenkov Telescope Array .**

Uzasadnienie: Astronomia promieniowania gamma najwyższych energii jest dziedziną badań astronomicznych eksplorującą Wszechświat w niedostępnym wcześniej najwyższym zakresie widma elektromagnetycznego. Polskie zespoły biorą obecnie udział w pracach dwóch wiodących na świecie projektów obserwacyjnych z tego zakresu, H.E.S.S. i MAGIC, i w ich ramach rozpoczęły prace przygotowawcze do budowy nowego otwartego dla całego środowiska astronomicznego obserwatorium gamma CTA. Ta dziedzina badań daje szansę na odkrycia jakościowo poszerzające lub zmieniające naszą wiedzę zarówno w obszarze astronomii, jak i w szeregu zagadnieniach fizyki fundamentalnej. Z tego względu CTA został wprowadzony wśród najważniejszych projektów naukowych w Europie do głównych planów ApPEC i

ASPERA, został też zgłoszony przez Polskę (wspólnie z Niemcami i Francją) do ESFRI, gdzie dotąd zajmował pozycję ``emerging project''. Obecny projekt będzie kontynuacją obecnie działających projektów obserwacyjnych astronomii gamma H.E.S.S. i MAGIC. Projekt CTA daje szansę na zajęcie przez Polski zespół znaczącej pozycji w nowatorskim dla światowej astronomii projekcie.

Zainteresowani: Duża część polskiego środowiska astronomicznego i część fizyków. Obecnie w realizację tego projektu zaangażowane są grupy badawcze z trzech instytutów PAN: CAMK PAN, IFJ PAN i CBK PAN, oraz czterech uniwersytetów: UJ, UŁ, UW oraz UMK, łącznie około 30 pracowników naukowych i naukowo-technicznych.

Ocena kosztów: Ocena kosztów została dokonana w perspektywie 10 lat. Trzeba podkreślić, że jest to górna optymistyczna ocena polskiego zaangażowania, uwarunkowana możliwościami budżetu państwa przeznaczanego na badania. Obejmuje ona realizację fazy projektowej CTA w latach 2008-12 ok. <1 mln EUR; udział w budowie obserwatorium CTA w latach 2012-15 ok. 20 mln EUR; utrzymanie i rozwój infrastruktury w latach 2016-25 ok. 6 mln EUR. Większość tych środków będzie wydana na prace prowadzone w Polsce.

Konieczne działania: Uważamy, że projekt powinien znaleźć się na liście priorytetów Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Potrzebne zdecydowane poparcie projektu przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. W fazie prac projektowych możliwość finansowania w ramach projektów międzynarodowych współfinansowanych.

4. **ROBOTEL – zrobotyzowany teleskop do poszukiwania planet.**

Uzasadnienie: Teleskop o średnicy 2—2.5m, umiejscowiony na półkuli południowej. Celami kluczowymi projektu są: (i) poszukiwanie planet w układach gwiazd podwójnych i wielokrotnych, (ii) precyzyjne wyznaczenie podstawowych parametrów fizycznych i odległości, (iii) poszukiwanie planet ziemskich wokół gwiazd pojedynczych. Zrobotyzowane teleskopy średniej wielkości to obecnie najnowsze światowe podejście przy rozwiązywaniu dobrze zdefiniowanych naukowych problemów w astrofizyce. Funkcjonują one niezależnie od ogromnych wielonarodowych teleskopów oraz międzynarodowych obserwatoriów. Jedyny podobny projekt zostanie wkrótce uruchomiony na półkuli północnej przez grupę amerykańską. Jest on jednak ukierunkowany na poszukiwanie planet tylko wokół gwiazd pojedynczych. Proponowany projekt stałby się jednym z dwóch najważniejszych spektroskopowych projektów poszukiwania planet, a szczególnie obejmowałby gwiazdy podwójne i wielokrotne, czyli obszar zaniedbany przez innych badaczy/grupy.

Korzyści: Teleskop wyposażony w spektrograf wysokiej rozdzielczości w dużej części wykonywany byłby w Polsce. Spektrograf, osprzęt (hardware i oprogramowanie) i części mechaniczne (kopuła) byłyby wykonywane w Polsce. Umożliwiłoby to rozwój polskich ośrodków konstrukcji HI—TECH, a co za tym idzie rozwój kadry naukowo—technicznej oraz laboratorium budowy instrumentów astronomicznych (optyka, mechanika, pneumatyka). Laboratorium takie pozwoli wykonywać instrumenty astronomiczne na zlecenie np. dla nowych projektów obserwacyjnych realizowanych w ramach ESO.

Zainteresowani: Duże grupy badawcze w CAMK PAN, Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza -- konsorcjum. Około 30 osób.

Ocena kosztów: Koszty budowy teleskopu z oprzyrządowaniem sporządzone w oparciu o wycenę australijsko—amerykańskiej firmy EOS Technologies to ok. 10 mln EUR. Z tego ok. 4.5 mln EUR byłoby wydane w Polsce na budowę spektrografu, kopuły i opracowanie oprogramowania. W związku z tym, że realizacja projektu trwałaby 2.5—3 lat finansowanie powinno być rozłożone na raty. Koszty eksploatacji, gdyby teleskop został umieszczony w Chile to około 0.3 mln EUR rocznie.

Konieczne działania: Uważamy, że projekt powinien być zrealizowany w ramach kluczowych projektów dla gospodarki (rozwój ośrodków wysokiej technologii) koordynowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. **Potrzebne zdecydowane poparcie projektu przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.**

5. **SALT – Southern African Large Telescope.**

Kontynuacji wymaga finansowanie projektu teleskopu SALT, gdyż wynika to z Umowy o współpracy naukowo—technicznej między rządami Polski i Republiki Południowej Afryki.

Uzasadnienie: Mimo dynamicznego rozwoju badań astrofizycznych w takich obszarach promieniowania jak podczerwień, ultrafiolet, zakres rentgenowski i gamma (obserwatoria satelitarne), podstawowym zakresem obserwacji dla olbrzymiej większości obiektów astronomicznych pozostaje ciągle zakres optyczny. Analiza promieniowania w zakresie spektroskopii optycznej jest źródłem podstawowych danych dla astronomii. Aby obserwować słabe obiekty potrzeba budować teleskopy o coraz większych średnicach. W astronomii światowej obserwuje się tendencję do budowy dużych 10m teleskopów naziemnych (Keck, VLT, Subaru, Magellan). Jednym z takich przyrządów jest teleskop SALT o średnicy zwierciadła 11m. Polska włączyła się do jego budowy w roku 1999. Obecnie teleskop jest w fazie testowania oprzyrządowania, i dostarcza pierwsze wyniki naukowe. Polskie środowisko astronomiczne będzie dysponować ok. 30 nocami obserwacyjnymi rocznie.

Korzyści: Dostęp do danych spektroskopowych najwyższej jakości. W przyszłości możliwość włączenia się polskich instytutów i przedsiębiorstw w konstrukcję unikatowych instrumentów i przyrządów.

Zainteresowani: Całe środowisko astronomiczne, szacunkowo 120 osób.

Ocena kosztów: Teleskop SALT wraz z podstawowym oprzyrządowaniem (kamera monitorująca, spektrograf średniej i dużej rozdzielczości) kosztował 35 mln USD. Wkład strony polskiej zamknął się w kwocie 3.5 mln USD, przy czym ok. 0.6 mln USD to wkład polskich uczelni i instytutów PAN. Roczny koszt eksploatacji to ok. 1.7 mln USD, przy naszym wkładzie 0.17 mln USD. Przewiduje się utrzymanie naszego wkładu w eksploatacji teleskopu na poziomie 0.2 mln USD rocznie do roku 2014 (Memorandum of Understanding) tj. 1.5 mln USD. Obecnie trwają prace nad budową spektrografu typu Echelle i podczerwonego których koszty, w latach 2008-11, zamkną się kwota 8 mln USD. W przyszłości (2011—20) planowana jest druga generacja instrumentów: spektrograf wielo—obiektowy, system adaptywnej optyki, nowe sensory luster na łączną kwotę 20 mln USD. Jeśli Polska chce utrzymać swój stan posiadania

tj 10% czasu obserwacyjnego, powinna wnieść 10% wszystkich kosztów poniesionych przez konsorcjum. W latach 2008—20 będzie to 4 mln USD. W przypadku budowy własnej aparatury będą to koszty o około 7 mln USD wyższe.

Konieczne działania: Wypełnianie zobowiązań wynikających z Memorandum of Understanding (umowa międzyrządowa Polska—RPA) tj. wpłaty na eksploatację i budowę nowej aparatury.

Aktywne środowisko naukowe podejmuje wiele inicjatyw. Tak dzieje się w polskim środowisku astronomicznym. Przytoczone poniżej inicjatywy są w różnym stopniu zaawansowania: wstępne ustalenia, początki współpracy, plany. Ich realizacja będzie zależeć od możliwości budżetu państwa, sponsorów oraz od determinacji grup, które pragną je zrealizować. Są to projekty o różnym stopniu ryzyka, zarówno naukowego jak i finansowego. Poniższe zestawienie nie jest żadnym rankingiem!

6. Inne przedsięwzięcia istotne dla polskiej astronomii (w kolejności alfabetycznej).

6.1 Projekty astrobiologiczne.

Uzasadnienie, korzyści, koszty: Centrum Zaawansowanych Badan w Zakresie Astrobiologii i Dziedzin Pokrewnych – CASA* statusu Associate Member of NAI (NASA Astrobiology Institute), który wymaga porozumienia pomiędzy rządami Polski i Stanów Zjednoczonych. Mając status Stowarzyszonego członka NAI polscy astronomowie i astro—biolodzy działający w CASA* będą mieli pełny dostęp do danych z misji kosmicznych oraz infrastruktury badawczej będącej na wyposażeniu NAI. Centrum pełni funkcję koordynowania i promowania interdyscyplinarnych badań naukowych, które integrują astronomów polskich z przedstawicielami innych dziedzin nauki. Ponadto otwarte będą dla nich oraz dla doktorantów i studentów programy wymiany naukowej oraz staże zagraniczne. Koszty związane z tą inicjatywą są ustalane na podstawie umowy międzyrządowej.

Zainteresowani: Obecnie członkami Ogólnopolskiego Centrum CASA* są CAMK, CBK, UMK i USz oraz Instytut Paleobiologii PAN w Warszawie – kilkanaście osób.

Konieczne działania: Aktywność zainteresowanych grup badawczych.

6.2 Projekty astrofizyczne.

Uzasadnienie, korzyści, koszty: Jest kilka propozycji tego typu:

- ☛ Obserwatorium fal grawitacyjnych VIRGO, to interferometryczny detektor fal grawitacyjnych znajdujący się w Pizie. Prowadzony jest przez konsorcjum francusko-włoskie. Obecnie grupa polskich naukowców prowadzi negocjacje w sprawie włączenia polskiej grupy do tego konsorcjum. Celem tej współpracy jest od-

krycie fal grawitacyjnych oraz interpretacja sygnałów wykrytych w zakresie fal grawitacyjnych w kontekście astrofizycznym. Konsorcjum VIRGO podpisało umowę o wymianie danych z LIGO, tak więc udział w tym eksperymencie będzie oznaczał pełen dostęp do danych z obu eksperymentów. Detektor VIRGO rozpoczyna obecnie fazę ulepszeń, które mają na celu zwiększenie jego czułości o czynnik 10. Polska mogłaby mieć wkład w tę fazę rozwoju eksperymentu. Koszty tego przedsięwzięcia będą ustalone po zakończeniu rozmów z konsorcjum VIRGO.

- ☛ Rozmyte linie międzygwiazdowe. Molekuły prebiotyczne powstają w ośrodku międzygwiazdowym. Molekuły organiczne są nośnikami niezidentyfikowanych rozmytych linii międzygwiazdowych, których ponad 300 daje się zaobserwować w widzialnym zakresie widma. Dotychczasowa współpraca z Międzynarodowym Centrum Badań Astrofizycznych i Medyczo-Ekologicznych – właścicielem Obserwatorium na Terskole (północny Kaukaz) doprowadziła do ustalenia i opublikowania wielu istotnych faktów obserwacyjnych. Obserwatorium jest wyposażone w spektrograf typu echelle. Wyposażenie go w kamery CCD o dużej powierzchni sensora pozwoli na pewniejszą identyfikację tych linii oraz porównywanie z widmami laboratoryjnie uzyskiwanych molekuł. Koszty obejmują dwie kamery CCD – razem ok. 160,000 EUR i porównywalne z nimi koszty aparatury laboratoryjnej.
- ☛ 1.2m teleskop do obserwacji fotometrycznych w Polsce. Zakup teleskopu klasy 1.2m w pełni automatycznego i zrobotyzowanego do prowadzenia głównie obserwacji fotometrycznych w jednym z dwu górskich obserwatoriów w Polsce: Suhorze lub Lubomirze. Teleskop zostałby zainstalowany w miejsce mniejszego (60cm lub 50cm) teleskopu co zwiększyłoby zasięg o 1-2 wielkości gwiazdowych. Podstawowe programy badawcze to: (1) badanie gwiazd pulsujących w ramach Teleskopu Globalnego (WET) (2) długoterminowe monitorowanie zmienności optycznej kwazarów i blazarów (3) dokładne wyznaczanie parametrów fizycznych ciasnych układów podwójnych. Teleskop ten umożliwiłby wieloletnie obserwacje kwazarów, o dużej zmienności optycznej oraz kontynuację zaangażowania polskich astronomów w prace WET. Koszt inwestycji to zakup teleskopu (ok. 1mln EUR) i zainstalowanie go w istniejącym budynku oraz automatycznie obracanej kopuły. Dodatkowo, celowe byłoby wyposażenie teleskopu w dobrą kamerę CCD i ewentualnie spektrograf. Koszt inwestycji powinien zamknąć się kwotą ok. 1.2 mln EUR. Koszt utrzymania teleskopu to ok. 50-100 tyś. zł rocznie.

Zainteresowani: VIRGO: to CAMK PAN, Instytut Matematyczny PAN, UB, UW, w wypadku molekuł prebiotycznych: UMK, Instytut Chemii Fizycznej PAN i zespół CASA* (w sumie kilkanaście osób), 1.2m teleskop: AP, AŚ, UJ, UMK, UW, UO.

Konieczne działania: Aktywność zainteresowanych grup badawczych. Konieczne wsparcie MNiSzW dla zaprezentowanych powyżej projektów.

6.3 Projekty heliofizyczne.

Uzasadnienie, korzyści, koszty: W kwietniu 2006 roku dwanaście państw europejskich (z wyłączeniem Polski) podpisało Memorandum powołujące europejskie konsorcjum EAST – European Association for Solar Telescopes. W marcu 2008 roku podjęte zostały rozmowy między EAST a przedstawicielem Polski w celu włączenia naszego kraju do konsorcjum. Teleskop EAST o średnicy około 4 metrów będzie posiadał unikatowe instrumentarium umożliwiające prowadzenie spektro—

polarymetrycznych obserwacji pola magnetycznego na Słońcu. Analiza tego pola jest niezbędna do zrozumienia mechanizmów odpowiedzialnych za aktywność Słońca a w dalszej perspektywie, do pełniejszego zrozumienia relacji Ziemia – Słońce. Relacje te określają szeroko rozumiany wpływ promieniowania i pola magnetycznego Słońca na życie na Ziemi, „efekt cieplarniany” oraz na geofizykę naszej planety. Koszty inwestycji, na obecnym etapie, są trudne do oszacowania, a w tym i udział Polski.

Zainteresowani: heliofizycy wrocławscy

Konieczne działania: Aktywność zainteresowanych grup badawczych.

6.4 Projekty kosmiczne.

Uzasadnienie: Misja ESA *Solar Orbiter* i inne misje satelitarne. Rozwój technik kosmicznych w rejestracji promieniowania nie docierającego do powierzchni Ziemi jest nie do przecenienia. Polscy naukowcy i konstruktorzy pracowali przy wielu misjach kosmicznych: *Wenus—Express*, *INTEGRAL*, *HERSCHEL* i inne. Jedną z polskich specjalności jest budowa przyrządów dla orbitalnych teleskopów rentgenowskich. Najbardziej zaawansowany z planowanych urządzeń tego typu jest *Solar Orbiter - STIX*, następca *SOHO*, który będzie służył do obserwacji wysokich warstw atmosfery Słońca. Obserwacje będą prowadzone po raz pierwszy z odległości mniejszych niż 30 mln km (poniżej orbity Merkurego) i będą miały przełomowe znaczenie dla heliofizyki. Misja międzyplanetarna *Solar Orbiter* należy do grupy podstawowych projektów European Space Agency (ESA). W skład konsorcjum budującego satelitę i spektrometr rentgenowski *STIX* wchodzi obok Polski: Czechy, Francja, Niemcy, Szwajcaria, USA i Wielka Brytania.

Innym bardzo ważnym satelitą rentgenowskim będzie *XEUS*, który będzie obserwował słabe obiekty astronomiczne, zarówno gwiazdy jak galaktyki i kwazary. Polska już uczestniczy w konsorcjum *XEUS* w *Astrophysics Working Group*. W roku 2007 projekt został wybrany przez ESA do realizacji.

W dotychczasowych misjach kosmicznych Polska uczestniczyła w budowie poszczególnych przyrządów bądź ich części. Jeśli chcemy w przyszłości móc budować i być koordynatorem misji kosmicznych, w ramach ESA, za pieniądze ESA, warunkiem niezbędnym jest zbudowanie własnego satelity. Istnieją opracowane i sprawdzone technologie budowy małych, niezbyt drogich satelitów naukowych: *MOST*, *BRITE*. Sądzimy, że pora jest odpowiednia aby również Polska wysłała swojego pierwszego sztucznego satelitę. **W roku 2007 uczyniła to 50 milionowa Nigeria.**

Korzyści: Bezpośredni dostęp do super—dokładnych danych naukowych oraz rozwój technologii przy budowie spektrografu monitorującego *STIX*, satelity *XEUS*, czy własnego satelity naukowego. Zaowocuje to zarówno rozwojem naukowej kadry badawczej jak i zespołów konstruujących aparaturę naukową.

Zainteresowani: Grupy badawcze z *CAMK PAN*, *CBK PAN*, *UWr*, *UMK*, *UJ*, *UAM* i *UMCS*. Łącznie w latach 2008—20, przewiduje się zaangażowanie w przedsięwzięcie około 70 polskich astronomów i fizyków plazmy.

Ocena kosztów: Całkowity koszt spektrografu *STIX* to około 12 mln EUR (2008-15). Polski udział ma wynieść około 2 mln EUR. Część z tej kwoty (~1 mln EUR) zostanie pokryte ze źródeł ESA, poprzez projekt *PECS*. Projekt *STIX* uzyskał poparcie *KA PAN* i *KBKiS PAN*. Koszt uczestnictwa w programie *XEUS* to ok. 5 mln EUR (2008—18),

zaś budowa satelity podobnego do MOST wynosiłaby razem z wystrzeleniem 10 mln EUR

Konieczne działania: Wyasygnowanie kwot na STIX i XEUS w ramach projektów badawczych realizowanych ze środków MNiSzW (w drodze konkursu).

Specjalna decyzja MNiSzW w sprawie budowy i wystrzelenia pierwszego polskiego satelity naukowego.

6.5 Projekty radioastronomiczne.

Przystąpienie do ESO pozwoli prowadzić badania w zakresie optycznym, IR i sub—milimetrowym. Badania w innych przedziałach widma (np radio, wysokie energie) można realizować jedynie poza ESO. Jedyną techniką obserwacyjną rozwijaną w kraju na poziomie światowym jest radioastronomia. Dlatego projekty radioastronomiczne realizowane w kraju w ramach szerokiej współpracy międzynarodowej powinny mieć wysoki priorytet.

Uzasadnienie, korzyści, koszty: Tutaj możemy wymienić trzy inicjatywy: (i) budowa dużego radioteleskopu parabolicznego; (ii) LOFAR – Low Frequency Array; (iii) SKA.

- (i) radioteleskop paraboliczny powinien być zlokalizowany w miejscu, które zapewni jego niezakłócone funkcjonowanie przez dziesiątki lat. Zadanie może być zrealizowane przez UMK w ramach EVN (European VLBI Network) i Krajowego Centrum Radioastronomii (UMK, UJ, UZ, CBK PAN). Zasadniczym celem jest postawienie w Polsce nowoczesnego radioteleskopu o klasie światowej, który zapewnić może prowadzenie własnych badań na najwyższym poziomie i jednocześnie zagwarantuje mocną pozycję naszego kraju w sieci europejskiej VLBI. Koszt inwestycji ok. 100-150 milionów zł, ze środków europejskich na rozwój infrastruktury, termin realizacji - do roku 2015.
- (ii) LOFAR jest europejskim projektem radioastronomicznym, którego celem jest zbudowanie sieci interferometrycznej setek anten rozmieszczonych w wielu krajach. Aktualnie sieć pokrywa Niemcy i Holandię i obejmuje po jednej stacji w W Brytanii i Francji. Przystąpienie do projektu planują Włochy i Szwecja. Polska rozważa zbudowanie trzech stacji LOFAR i włączenia ich do europejskiej sieci tych stacji. LOFAR będzie pracował w zakresie bardzo niskich częstotliwości: $10 < f < 250$ MHz, jest to bardzo słabo zbadany zakres widma radiowego. Chęć uczestnictwa w projekcie LOFAR, zgłosiło kilka ośrodków krajowych (UJ, UMK, UZ, USz, CBK PAN), propozycja obejmuje krajowe inwestycje w trzech miejscach (Toruń, Kraków, Zielona Góra) budowy stacji pomiarowych. Koszty stacji to ok. 1 milion Euro, łączny koszt polskiego udziału to 3 mln EUR na inwestycje oraz coroczna wpłata na utrzymanie LOFAR około 0.3 miliona EUR.
- (iii) SKA - Square Kilometre Array, to po ALMA największa międzynarodowa inwestycja dla przyszłości. Nie zapadły jeszcze decyzje o jej lokalizacji. Równolegle rozważa się RPA i Australię, ze wskazaniem na Australię. Jak dotąd SKA jest pochodną technik interferometrii w szczególności jednostki zaangażowane w VLBI są motorem przedsięwzięcia. Toruń jest realizatorem SKADS - SKA Design Study (VI PR), jest też w konsorcjum europejskim.

Zainteresowani: Grupy badawcze z UJ, UMK, UZ, UWr, CBK PAN, łącznie kilkadziesiąt osób.

Konieczne działania: Aktywność zainteresowanych grup badawczych. Konieczne jest wsparcie MNiSzW dla złożonych już propozycji.

7. Zestawienie kosztów:

W zestawieniu kosztów uwzględniamy jedynie pozycje od 1—5, ponieważ inne przytoczone w powyższym tekście oceny, są bardzo przybliżone.

Grupa 1:			
ESO	Wpisowe/raty	2009-10	20 mln EUR
	Składki w latach	2009-20	36 mln EUR
RAZEM		2008-20	56 mln EUR
Grupa 2:			
ASTROGRID-PL	Koszty budowy	2008-15	4.5 mln EUR
	Eksploatacja	2016-20	2 mln EUR
CTA	Koszty budowy	2012-15	20 mln EUR
	Eksploatacja	2016-25	6 mln EUR
ROBOTEL	Koszty budowy	2009-11	10 mln EUR
	Eksploatacja	2012-21	3 mln EUR
SALT	Eksploatacja	2008-20	3 mln EUR
	Budowa apar.	2008-20	5 mln EUR
RAZEM		2008-25	53.5 mln EUR

Średnia w **Grupie 1** wpisowe do ESO w dwóch lub trzech ratach w latach 2009-10 a reszta w latach 2008-20 (13 lat) 2.76 mln EUR/rocznie
Średnia w **Grupie 2** w latach 2008-25 (18 lat) 2.97 mln EUR/rocznie

8. Wykaz skrótów:

ALMA – **A**tacama **L**arge **M**illimeter **A**rray
AP – **A**kademia **P**edagogiczna w Krakowie
ApPEC – **A**stroparticle **P**hysics **E**uropean **C**oordination
ASPERA – **A**stro**P**articie **E**RAnet
AŚ – **A**kademia **Ś**więtokrzyska w Kielcach
BRITE – kanadyjski nano—satelita naukowy
CAMK PAN – **C**entrum **A**stronomiczne im. **M.** **K**opernika PAN
CBK PAN – **C**entrum **B**adań **K**osmicznych PAN
CTA -- **C**herenkov **T**elescope **A**rray – projektowany teleskop w zakresie gamma
EAST – **E**uropean **A**ssociation for **S**olar **T**elescopes
ESFRI – **E**uropean **S**trategy **F**orum on **R**esearch **I**nfrastructures
ESO – **E**uropean **S**outhern **O**bservatory
ESA – **E**uropean **S**pace **A**gency

EVN – **E**uropean **V**LBI **N**etwork
H.E.S.S. – **H**igh **E**nergy **S**tereoscopic **S**ystem – działający teleskop w zakresie gamma
HERSCHEL -- satelita do obserwacji w zakresie podczerwonym i sub—milimetrycznym
IFJ PAN – **I**nstitut **F**izyki **J**ądrowej im. H. Niewodniczańskiego PAN
INTEGRAL – **I**NTernational **G**amma-**R**ay **A**strophysics **L**aboratory – satelita do obserwacji w zakresie rentgenowskim działający od 2002 roku
KA PAN – **K**omitet **A**stronomii PAN
KBKiS PAN – **K**omitet **B**adań **K**osmicznych i **S**atelitarnych PAN
LIGO – **L**aser **I**nterferometr **G**ravitational-**W**ave **O**bservatory
LOFAR – **L**OW **F**requency **A**Rray
MAGIC – **M**ajor **A**tmospheric **G**amma—**R**ay **I**maging **C**herenkov – działający teleskop w zakresie gamma
MNiSzW – **M**inisterstwo **N**auki i **S**zkolnictwa **W**yższego
MOST – mały astronomiczny satelita naukowy
MSZ – **M**inisterstwo **S**praw **Z**agranicznych
NAI -- **N**ASA **A**strobiology **I**nstitute
PLANCK – satelita do obserwacji mikrofalowego promieniowania tła
PTA – **P**olskie **T**owarzystwo **A**stronomiczne
SKA – **S**quare **K**ilometre **A**rray
SOHO – **S**OLar and **H**eliospheric **O**bservatory – satelita rentgenowski Słońca
STIX – **S**pectrometer **T**elescope **I**maging **X**—rays – projektowany satelita rentgenowski do obserwacji Słońca
UAM – **U**niwersytet im. **A**dama **M**ickiewicza
UB – **U**niwersytet **B**iałostocki
UŁ – **U**niwersytet **Ł**ódzki
UJ – **U**niwersytet **J**agielloński
UMK -- **U**niwersytet **M**ikołaja **K**opernika
UO – **U**niwersytet **O**polski
USz – **U**niwersytet **S**zczeciński
UW – **U**niwersytet **W**arszawski
UWr – **U**niwersytet **W**rocławski
UZ – **U**niwersytet **Z**ielonogórski
VLBI – **V**ery **L**arge **B**ase **I**nterferometer
VLT – **V**ery **L**arge **T**elescope – cztery 8-mio metrowe teleskopy ESO
WET – **W**hole **E**arth **T**elescope
XEUS – **T**he **X**—**R**ay **E**volving **U**niverse **S**pectroscopy **M**ission – projektowany satelita rentgenowski