

## OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

Dostawa i instalacja Automatycznych Zestawów Teleskopowych (AZT) wraz z usługą wdrożenia do użytkowania.

Część I – VLA Ameryka Północna (Stany Zjednoczone)

### 1. Wstęp

Przedmiot zamówienia obejmuje zadanie dostarczenia, montażu i uruchomienia Automatycznego Zestawu Teleskopowego (AZT) do celów obserwacji optycznej sztucznych obiektów kosmicznych na orbitach okołozemskich do celów SST ang. „Space Surveillance and Tracking”. **AZT jest rozumiany, jako zestaw niezależnych teleskopów na kilku montażach zdolnych do obserwacji nieba o łącznym polu widzenia 170 stopni kwadratowych.** AZT ma być zlokalizowany w Ameryce Północnej. Wskazaną lokalizację należy rozumieć jako obszar o średnicy 500 km z punktem środkowym stanowiącym lokalizację sensora PST-2. Preferowana lokalizacja to ta, gdzie znajduje się sensor PST-2. Wykonawca powinien zwrócić się do podmiotu zarządzającego terenem / infrastrukturą / farmą teleskopów, na której zlokalizowany jest w/w sensor z zapytaniem o możliwość wykorzystania lokalizacji.

AZT mają za zadanie wykonywania obserwacji w trybie przeglądu ang. „survey” przy jednoczesnej możliwości wykorzystania trybu śledzenia ang. „tracking”. AZT powinien umożliwiać obserwacje wszystkich typów obiektów satelitarnych poruszających się na orbitach: GEO, MEO, HEO, HLEO, oraz LEO. AZT w trybie „survey” powinien umożliwiać obserwacje obiektów o rozmiarach minimum: 35 cm na orbicie GEO (cross section), 8 cm na orbicie LEO (cross section).

AZT powinien posiadać wysoką autonomizację systemu umożliwiającą pracę zdalną, w trybie robotycznym, bez bezpośredniego udziału obserwatora. Zestaw powinien składać się z elementów optycznych (teleskopów), montażu, kamer (czujniki sCMOS), niezbędnego oprogramowania i sprzętu IT do sterowania, monitorowania działania, przetwarzania i przesyłania danych obserwacyjnych.

Zamawiający zakłada możliwość realizacji zadania „tracking” również przy wykorzystaniu techniki „Synthetic Tracking”, tj. wyznaczania parametrów fizycznych ruchu orbitalnego sztucznego obiektu kosmicznego na podstawie nakładania na siebie surowych zobrażeń wykonanych z częstotliwością co najmniej 10 klatek na sekundę (10fps).

Dostawa i montaż przedmiotowego AZT stanowi element działania realizowanego przez Zamawiającego, którego celem jest modernizacja sieci sensorów do celów SST w ramach Konsorcjum EUSST i grantu 2-3SST2018-20 i do realizacji zadań statutowych Zamawiającego. Przedmiot zamówienia Wykonawca zrealizuje zgodnie z ustaleniami i parametrami podanymi poniżej, zawartymi w niniejszym OPZ.

### 2. Kwestie formalno-prawne

W ramach przedmiotu zamówienia Wykonawca zapewni:

- doradztwo polegające na opracowaniu analizy w zakresie możliwych lokalizacji AZT.

Analiza powinna zawierać co najmniej optymalizację finansową, logistyczną i operacyjną przedsięwzięcia, w tym zapewnienia bezpieczeństwa fizycznego AZT oraz bezpieczeństwa przesyłanych danych;

- wsparcie w rozmowach/negocjacjach związanych z uzyskaniem dostępu (dzierżawa) przez Zamawiającego do wybranej lokalizacji;
- doradztwo w zakresie podpisania umowy pomiędzy Zamawiającym, a właścicielem terenu, na którym zainstalowany zostanie AZT;
- doradztwo w zakresie kwestii prawnych, zezwoleń, odpowiedzialności oraz innych zobowiązań, które przyjmuje na siebie Zamawiający wraz z eksploatacją AZT we wskazanej lokalizacji;
- ubezpieczenia AZT w okresie do odbioru końcowego w docelowej lokalizacji, z uwzględnieniem komponentów stanowiących własność Zamawiającego oraz doradztwo w zakresie wyboru ubezpieczyciela AZT w okresie następującym po oddaniu do użytkowania;
- sporządzenie kosztorysu eksploatacji AZT, ze wskazaniem ryzyka powstania kosztów dodatkowych oraz ich zakresu i prawdopodobieństwa.

### 3. Etapy realizacji umowy

#### 3.1 Projekt techniczny AZT - do 3 miesięcy od daty podpisania umowy

Wykonawca przedstawi Zamawiającemu do akceptacji projekt techniczny AZT, w którym zawrze m.in.:

- schemat blokowy i funkcjonalny AZT;
- schematy podłączenia do instalacji elektrycznej, instalacji przesyłania informacji cyfrowych;
- wykaz głównych podzespołów i komponentów AZT w raz z ich opisem technicznym;
- wykazy części zamiennych wchodzących w skład AZT w tym ich nazw własnych, symboli i oznaczeń oraz producenta;

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego protokół odbioru projektu technicznego.

#### 3.2 Kompletowanie komponentów - do 10 miesięcy od daty podpisania umowy

Wykonawca zobowiązany jest do skompletowania komponentów przedmiotu Umowy, zgodnie z projektem technicznym.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego protokół odbioru skompletowanych komponentów.

#### 3.3 Transport - do 11 miesięcy od daty podpisania umowy

Wykonawca zapewni pakowanie, transport do miejsca docelowego oraz ubezpieczenie wszystkich komponentów AZT.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół dostawy komponentów AZT do docelowej lokalizacji.

### **3.4 Instalacja i integracja - do 14 miesięcy od daty podpisania umowy**

Wykonawca wykona AZT zgodnie z projektem technicznym i dokumentacją techniczną. Przeprowadzi ich instalację i integrację w miejscu docelowym użytkowania. Wykonawca dostarczy oraz zintegruje oprogramowanie procesujące surowe dane, do postaci plików w formacie Tracking Data Message (TDM) w wersji co najmniej v.2.0 zgodnym ze standardem CCSDS, umożliwiające automatyczne wysyłanie przetworzonych danych do centrum operacyjnego Zamawiającego. Wykonawca dostarczy do centrum operacyjnego Zamawiającego hardware oraz oprogramowanie do zdalnego monitorowania i zadaniowania obserwacji. Oprogramowanie zostanie zainstalowane oraz skonfigurowane.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół dostawy, instalacji i integracji AZT.

### **3.5 Uruchomienie/walidacja - do 15 miesięcy od daty podpisania umowy, nie później niż do 31.05.2023 r.**

Wykonawca jest zobowiązany do uruchomienia AZT oraz jego walidacji. Wykonawca zaproponuje i przedstawi do akceptacji Zamawiającego program szkolenia w zakresie bezpiecznego i optymalnego użytkowania AZT dla 6 osób. Każda z przeszkolonych osób powinna uzyskać certyfikat nadający uprawnienia do szkolenia kolejnych operatorów.

AZT powinien wykonać kampanię testową obserwując satelity na orbitach LEO, MEO, GEO, HEO zgodnie z otrzymaną od Zamawiającego listą obiektów wraz z priorytetami obserwacji. Ocenie będzie podlegała skuteczność wykonania zaplanowanych obserwacji. W szczególności wymagane jest wykonanie udanych obserwacji obiektów o rozmiarach opisanych w niniejszym OPZ, a więc 35 cm na orbicie GEO oraz 8 cm na orbicie LEO.

W ramach realizacji zadania Wykonawca przedstawi operat szacunkowy długoterminowej eksploatacji na termin obejmujący min. 5 lat.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół uruchomienia, walidacji i odbioru AZT.

### **3.6 Wdrożenie do operacyjnego wykorzystania – (test run)**

Wykonawca, przez okres 6 miesięcy od dnia zakończenia etapu uruchomienia/walidacji, zabezpieczy działanie operacyjne AZT. W niniejszym etapie przewiduje się realizację przez Wykonawcę następujących zadań:

- szkolenie 6 osób (operatorów) zgodnie z programem szkoleń zaakceptowanym przez Zamawiającego;
- wykonanie trzech testów jakościowych i ilościowych (dostarczenie raportów działania w terminach do końca 1, 3 i 6 miesiąca działania AZT);
- przeprowadzenie dwóch kampanii kalibracyjnych (w 1 i 5 miesiącu działania AZT) polegających na dostarczeniu obserwacji satelitów nawigacyjnych GNSS (Flota GALILEO):
  - obserwacja co najmniej 3 (trzech) obiektów,
  - co najmniej po 50 (pięćdziesiąt) pomiarów na obiekt,
  - łączna ilość punktów pomiarowych minimum 200 (dwustu);
- wyznaczenie, na podstawie danych dostarczonych w ramach kampanii kalibracyjnych:
  - time-bias,
  - błędu średniokwadratowego RMS (ang. Root Mean Square);

- utrzymanie stanu gotowości AZT wraz z całym sprzętem i oprogramowaniem z nim związanym, w tym przeprowadzanie procesu aktualizacji oprogramowania;
- zapewnienie bezpieczeństwa infrastruktury AZT i danych obserwacyjnych;
- po upływie okresu gwarancji świadczenie usługi napraw wszelkich usterek sprzętu oraz oprogramowania;
- monitorowanie i diagnostyka całości systemu;
- przetwarzanie obserwacji SST oraz dostawa danych do centrum operacyjnego Zamawiającego w postaci plików w uzgodnionym formacie, np. TDM w wersji v.2.0 zgodnym ze standardem CCSDS, zgodnie z otrzymaną od Zamawiającego listą obiektów wraz z priorytetami obserwacji w tym w odpowiedzi na specjalne zamówienia (Tasking Requests);
- bieżące/robotyczne informowanie przedstawiciela Zamawiającego o realizowanych działaniach na AZT.

W okresie wdrożenia do użytkowania AZT Wykonawca przeprowadzi szkolenia dla personelu POLSA umożliwiające przejęcie działań operacyjnych. Potwierdzeniem realizacji działania będzie podpisany przez Zamawiającego Protokołów wdrożenia do użytkowania AZT oraz protokół/ły przeprowadzenia szkolenia/eń

## 4. Specyfikacja techniczna AZT

### 4.1 Lokalizacja

AZT ma być zlokalizowany w Ameryce Północnej. Wskazaną lokalizację należy rozumieć jako obszar o średnicy 500 km z punktem środkowym stanowiącym lokalizację sensora PST-2. Preferowana lokalizacja to ta, gdzie znajduje się wyżej sensor PST-2. Wykonawca powinien zwrócić się do podmiotu zarządzającego terenem / infrastrukturą / farmą teleskopów, na której zlokalizowany jest w/w sensor z zapytaniem o możliwość wykorzystania lokalizacji.

### 4.2 Przyrządy optyczne i montaż

AZT powinien charakteryzować się łącznym polem widzenia 170 stopni kwadratowych. Rozmieszczenie poszczególnych teleskopów na montażach względem siebie powinno umożliwiać wybór obserwowanych obszarów sfery niebieskiej o zmiennej konfiguracji np.: w postaci kwadratu, prostokąta różnie skierowanego względem deklinacji i rektascensji lub innego kształtu.

W skład AZT wchodzi typy teleskopów o następujących parametrach:

- **Typ I: teleskopy przeglądowe o parametrach:** apertura: minimum 28 cm, światłością w zakresie: od  $f/0.9$  do  $f/1.5$ , wyposażone w zdalnie sterowany fokuser, pokrywę tubusa podgrzewanie optyki,
- **Typ II: teleskop przeglądowo-śledzący o parametrach:** apertura: minimum 40 cm, światłością:  $f/1.0$  -  $f/2.5$ , wyposażone w zdalnie sterowany fokuser, pokrywę tubusa i podgrzewanie optyki,
- **Typ III: teleskop śledzący o parametrach:** apertura: minimum 0.7 m, światłością w zakresie: od  $f/1.0$  -  $f/4.5$ ,  $image\ circle=70mm$ , dwa ogniska Nasmytha, automatyczne rotatory pola, zdalnie sterowany fokuser, pokrywa tubusa, podgrzewanie optyki, szukacz 200mm  $f/2.0$ ;

**przy założeniu, że w AZT powinny się znajdować co najmniej dwa teleskopy Typu I oraz przynajmniej po jednym Typu II i Typu III.**

Teleskopy powinny być umieszczone na kilku montażach, maksymalnie po dwie tuby optyczne na jednym montażu, które muszą posiadać następujące własności:

- napędy bezpośrednie (direct-drive) z enkoderami w obydwu osiach (azymut, elewacja) umożliwiające sterowanie teleskopem i jego naprowadzanie na obserwowane obiekty,
- możliwość pracy w trybie azymutalnym dla ograniczenia miejsca zajmowanego przez teleskop i umożliwienia instalacji większej liczby montażu w tym samym miejscu,
- odpowiedni udźwig w stosunku do masy teleskopu dla ograniczenia zużycia sprzętu i zapewnienia odpowiedniej precyzji działania,
- precyzja celowania lepsza niż 10 arcsec,
- precyzja śledzenia za obiektem – nie gorsza niż 1 arcsec / 10 min.,
- maksymalna prędkość ruchu co najmniej:
  - 20°/s – teleskop Typu III;
  - 50°/s - teleskopy typu I oraz typu II;
- możliwość obserwacji obszaru nieba ze śledzeniem gwiazdowym oraz nie gwiazdowym,
- możliwość śledzenia sztucznych satelitów Ziemi na podstawie podanej efemerydy lub parametrów orbitalnych,
- dla teleskopów przeglądowych (typu I) i przeglądowo-śledzących (typu II) montażu powinny mieć następujące parametry:
  - montaż azymutalny direct-drive z maksymalną prędkością ruchu nie mniejszą niż 50°/s w obu osiach z wyposażeniem:
    - słup,
    - oprogramowanie umożliwiające śledzenie po dowolnej trajektorii,

W zależności od zaproponowanej konfiguracji AZT Wykonawca proponuje odpowiednią liczbę montażu oraz rozkład teleskopów na poszczególnych montażach oraz wyposażenie dodatkowe np. słup, na którym montaż zostanie zamontowany.

### 4.3 Kamery

AZT powinien być wyposażony w szybkie kamery typu sCMOS BSI 16-bit (ang. scientific CMOS) o parametrach:

- rozmiar piksela nie większy niż 10µm,
- możliwość wykonywania co najmniej 10 zdjęć na sekundę (fps),
- możliwość rejestracji momentu początku zdjęcia z dokładnością nie gorszą niż 1 milisekunda,
- prąd ciemny poniżej 0.15 e/pix/s (elektrony/piksel/sekundę),
- migawka elektroniczna,
- prawidłowe dopasowanie rozmiaru matrycy i rozmiaru piksela do danego systemu optycznego, gwarantujące uzyskanie optymalnej skali obrazu bez strat na optyce i matrycy,
- możliwość łączenia pikseli przynajmniej 2x2 (tzw. binning),
- minimalna wydajność kwantowa 60%,
- system umożliwiający chłodzenie kamery co najmniej o 40°C poniżej temperatury otoczenia.
- interfejs zapewniający transfer danych z kamer co najmniej 10 Gbit/s,

- moduł GNSS (GPS lub GALILEO) do rejestracji czasu niezależnie od komputera PC.

Dla teleskopów przeglądowych (typu I) i przeglądowo-śledzących (typu II) kamery powinny mieć następujące minimalne parametry:

- matryca o rozmiarach minimum 40x40mm i szumie odczytu poniżej 2 e/pix,

Dla teleskopu śledzącego (typu III) kamera powinna mieć następujące parametry:

- matryca o rozmiarach minimum 60x60mm i szumem odczytu poniżej 1 e/pix.

#### 4.4 Pawilony - kopuły

Wszystkie elementy AZT muszą być umieszczone w odpowiednich pawilonach obserwacyjnych – kopułach. W zależności od zaproponowanej konfiguracji AZT Wykonawca proponuje odpowiednie pawilony obserwacyjne, ich usytuowanie, uzbrojenie oraz ochronę przed niekorzystnymi zjawiskami meteorologicznymi.

Wykonawca przedstawi projekt ustawienia teleskopów w kopułach zapewniający całkowitą bezkolizyjność w przypadku dowolnych ruchów poszczególnych teleskopów.

Pawilony obserwacyjne muszą być zintegrowane ze stacją meteorologiczną lub podłączone do systemów obserwacyjnych meteorologicznych, w celu podjęcia odpowiedniej reakcji w przypadku niekorzystnych warunków meteorologicznych (śnieg, ulewa, wyładowania atmosferyczne, huragan) automatycznie bez ingerencji operatora i na jego żądanie.

Wykonawca wyposaży pawilon obserwacyjny w autonomiczny system zasilania awaryjnego umożliwiający bezpieczne zamknięcie pawilonów obserwacyjnych i wyłączenie sprzętu w przypadku awarii zasilania podstawowego. Zasilacze awaryjne powinny charakteryzować wydajność zdolną obsłużyć wszystkie komponenty AZT jednocześnie przez co najmniej 3 minuty.

Lokalizacja kopuł powinna spełniać warunki bezpieczeństwa fizycznego, tj. zamknięty teren z ograniczonym dostępem osób. Pawilon musi być wyposażony w system monitoringu video 24/7 z dostępem zdalnym do obrazu w trybie live oraz do danych archiwalnych z minimum 72h wstecz. System powinien być złożony z kamer nocnych bez oświetlaczy podczerwonych (promienników podczerwieni).

#### 4.5 Wyposażenie dodatkowe

AZT musi być wyposażona co najmniej w następujące elementy:

- astronomiczna stacja pogodowa z czujnikiem zachmurzenia, opadów i wiatru,
- kamera typu rybie oko (tzw. allsky) do optycznej oceny i przeglądu warunków pogodowych,
- lokalny serwer czasu NTP wykorzystujący odbiornik GNSS (GPS lub GALILEO),
- klimatyzacja sprzętu komputerowego w kopule,
- podgrzewacze/odraszacze optyki (jeśli nie są wyposażeniem standardowym teleskopów),
- router i modem z możliwością przełączenia na łączność awaryjną,
- przełączniki i inne elementy gigabitowej sieci lokalnej; wymagane są połączenia kablowe zamiast WiFi,
- system zdalnego sterowania zasilaniem każdego urządzenia,

#### 4.6 Systemy komputerowe

AZT powinien być wyposażony w sprzęt komputerowy wraz z oprogramowaniem zapewniającym:

- sterowanie i obsługę AZT w trybie zdalnym oraz stacjonarnym,
- kontrolę bieżącą stanu AZT,
- automatyzację zadaniowania i odczytu statusów elementów infrastruktury obiektu,
- przygotowanie planu obserwacyjnego,
- wykonanie obliczeń astrometrycznych i fotometrycznych,
- wykonanie obserwacji,
- wstępną obróbkę i redukcję obserwacji,
- zapisanie wyników obserwacji do lokalnej bazy oraz transfer danych obserwacyjnych do centrum operacyjnego Zamawiającego,
- realizację zadania „tracking” przy wykorzystaniu techniki „Synthetic Tracking”, tj. wyznaczania parametrów fizycznych ruchu orbitalnego sztucznego obiektu kosmicznego na podstawie nakładania na siebie surowych zobrazowań w odstępach czasu mniejszych niż 10 klatek na sekundę (10fps),
- obsługę wszystkich komponentów jednocześnie, w tym: kopuły, montażów, kamer, fokuserów, stacji pogodowej, oprogramowania do analizy i procesowania danych, lokalnego serwera czasu z odbiornikiem GNSS, kamery allsky, monitoringu video,
- wymianę danych poprzez sieć Internet, pomiędzy AZT a centrum operacyjnym Zamawiającego, w czasie rzeczywistym w celu zadaniowania, monitorowania, konserwacji oraz przesyłania wyników przetwarzanych na miejscu,
- gromadzenie i przechowywanie danych co najmniej z okresu 5 miesięcy.

Sprzęt komputerowy powinien być wyposażony:

- system KVM IP do każdego zainstalowanego komputera (o ile nie jest na wyposażeniu standardowym komputerów).
- obudowę w standardzie rack.

## OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

Dostawa i instalacja Automatycznych Zestawów Teleskopowych (AZT) wraz z usługą wdrożenia do użytkowania.

Część II – VLA Ameryka Południowa (Argentyna)

### 1. Wstęp

Przedmiot zamówienia obejmuje zadanie dostarczenia, montażu i uruchomienia Automatycznego Zestawu Teleskopowego (AZT) do celów obserwacji optycznej sztucznych obiektów kosmicznych na orbitach okołoziemskich do celów SST ang. „Space Surveillance and Tracking”. **AZT jest rozumiany, jako zestaw niezależnych teleskopów na kilku montażach zdolnych do obserwacji nieba o łącznym polu widzenia 170 stopni kwadratowych.** AZT ma być zlokalizowany w Ameryce Południowej. Wskazaną lokalizację należy rozumieć jako obszar o średnicy 500 km z punktem środkowym stanowiącym lokalizację sensora Solaris-4. Preferowana lokalizacja to ta, gdzie znajduje się sensor Solaris-4. Wykonawca powinien zwrócić się do podmiotu zarządzającego terenem / infrastrukturą / farmą teleskopów, na której zlokalizowany jest w/w sensor z zapytaniem o możliwość wykorzystania lokalizacji.

AZT mają za zadanie wykonywania obserwacji w trybie przeglądu ang. „survey” przy jednoczesnej możliwości wykorzystania trybu śledzenia ang. „tracking”. AZT powinien umożliwiać obserwacje wszystkich typów obiektów satelitarnych poruszających się na orbitach: GEO, MEO, HEO, HLEO, oraz LEO. AZT w trybie „survey” powinien umożliwiać obserwacje obiektów o rozmiarach minimum: 35 cm na orbicie GEO (cross section), 8 cm na orbicie LEO (cross section).

AZT powinien posiadać wysoką autonomizację systemu umożliwiającą pracę zdalną, w trybie robotycznym, bez bezpośredniego udziału obserwatora. Zestaw powinien składać się z elementów optycznych (teleskopów), montażu, kamer (czujniki sCMOS), niezbędnego oprogramowania i sprzętu IT do sterowania, monitorowania działania, przetwarzania i przesyłania danych obserwacyjnych.

Zamawiający zakłada możliwość realizacji zadania „tracking” również przy wykorzystaniu techniki „Synthetic Tracking”, tj. wyznaczania parametrów fizycznych ruchu orbitalnego sztucznego obiektu kosmicznego na podstawie nakładania na siebie surowych zobrażeń wykonanych z częstotliwością co najmniej 10 klatek na sekundę (10fps).

Dostawa i montaż przedmiotowego AZT stanowi element działania realizowanego przez Zamawiającego, którego celem jest modernizacja sieci sensorów do celów SST w ramach Konsorcjum EUSST i grantu 2-3SST2018-20 i do realizacji zadań statutowych Zamawiającego. Przedmiot zamówienia Wykonawca zrealizuje zgodnie z ustaleniami i parametrami podanymi poniżej, zawartymi w niniejszym OPZ.

### 2. Kwestie formalno-prawne

W ramach przedmiotu zamówienia Wykonawca zapewni:

- doradztwo polegające na opracowaniu analizy w zakresie możliwych lokalizacji AZT.



Analiza powinna zawierać co najmniej optymalizację finansową, logistyczną i operacyjną przedsięwzięcia, w tym zapewnienia bezpieczeństwa fizycznego AZT oraz bezpieczeństwa przesyłanych danych;

- wsparcie w rozmowach/negocjacjach związanych z uzyskaniem dostępu (dzierżawa) przez Zamawiającego do wybranej lokalizacji;
- doradztwo w zakresie podpisania umowy pomiędzy Zamawiającym, a właścicielem terenu, na którym zainstalowany zostanie AZT;
- doradztwo w zakresie kwestii prawnych, zezwoleń, odpowiedzialności oraz innych zobowiązań, które przyjmuje na siebie Zamawiający wraz z eksploatacją AZT we wskazanej lokalizacji;
- ubezpieczenia AZT w okresie do odbioru końcowego w docelowej lokalizacji, z uwzględnieniem komponentów stanowiących własność Zamawiającego oraz doradztwo w zakresie wyboru ubezpieczyciela AZT w okresie następującym po oddaniu do użytkowania;
- sporządzenie kosztorysu eksploatacji AZT, ze wskazaniem ryzyka powstania kosztów dodatkowych oraz ich zakresu i prawdopodobieństwa.

### 3. Etapy realizacji umowy

#### 3.1 Projekt techniczny AZT - do 3 miesięcy od daty podpisania umowy

Wykonawca przedstawi Zamawiającemu do akceptacji projekt techniczny AZT, w którym zawrze m.in.:

- schemat blokowy i funkcjonalny AZT;
- schematy podłączenia do instalacji elektrycznej, instalacji przesyłania informacji cyfrowych;
- wykaz głównych podzespołów i komponentów AZT w raz z ich opisem technicznym;
- wykazy części zamiennych wchodzących w skład AZT w tym ich nazw własnych, symboli i oznaczeń oraz producenta;

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego protokół odbioru projektu technicznego.

#### 3.2 Kompletowanie komponentów - do 10 miesięcy od daty podpisania umowy

Wykonawca zobowiązany jest do skompletowania komponentów przedmiotu Umowy, zgodnie z projektem technicznym.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego protokół odbioru skompletowanych komponentów.

#### 3.3 Transport - do 11 miesięcy od daty podpisania umowy

Wykonawca zapewni pakowanie, transport do miejsca docelowego oraz ubezpieczenie wszystkich komponentów AZT.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół dostawy komponentów AZT do docelowej lokalizacji.

### **3.4 Instalacja i integracja - do 14 miesięcy od daty podpisania umowy**

Wykonawca wykona AZT zgodnie z projektem technicznym i dokumentacją techniczną. Przeprowadzi ich instalację i integrację w miejscu docelowym użytkowania. Wykonawca dostarczy oraz zintegruje oprogramowanie procesujące surowe dane, do postaci plików w formacie Tracking Data Message (TDM) w wersji co najmniej v.2.0 zgodnym ze standardem CCSDS, umożliwiające automatyczne wysyłanie przetworzonych danych do centrum operacyjnego Zamawiającego. Wykonawca dostarczy do centrum operacyjnego Zamawiającego hardware oraz oprogramowanie do zdalnego monitorowania i zadaniowania obserwacji. Oprogramowanie zostanie zainstalowane oraz skonfigurowane.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół dostawy, instalacji i integracji AZT.

### **3.5 Uruchomienie/walidacja - do 15 miesięcy od daty podpisania umowy, nie później niż do 31.05.2023 r.**

Wykonawca jest zobowiązany do uruchomienia AZT oraz jego walidacji. Wykonawca zaproponuje i przedstawi do akceptacji Zamawiającego program szkolenia w zakresie bezpiecznego i optymalnego użytkowania AZT dla 6 osób. Każda z przeszkolonych osób powinna uzyskać certyfikat nadający uprawnienia do szkolenia kolejnych operatorów.

AZT powinien wykonać kampanię testową obserwując satelity na orbitach LEO, MEO, GEO, HEO zgodnie z otrzymaną od Zamawiającego listą obiektów wraz z priorytetami obserwacji. Ocenie będzie podlegała skuteczność wykonania zaplanowanych obserwacji. W szczególności wymagane jest wykonanie udanych obserwacji obiektów o rozmiarach opisanych w niniejszym OPZ, a więc 35 cm na orbicie GEO oraz 8 cm na orbicie LEO.

W ramach realizacji zadania Wykonawca przedstawi operat szacunkowy długoterminowej eksploatacji na termin obejmujący min. 5 lat.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół uruchomienia, walidacji i odbioru AZT.

### **3.6 Wdrożenie do operacyjnego wykorzystania – (test run)**

Wykonawca, przez okres 6 miesięcy od dnia zakończenia etapu uruchomienia/walidacji, zabezpieczy działanie operacyjne AZT. W niniejszym etapie przewiduje się realizację przez Wykonawcę następujących zadań:

- szkolenie 6 osób (operatorów) zgodnie z programem szkoleń zaakceptowanym przez Zamawiającego;
- wykonanie trzech testów jakościowych i ilościowych (dostarczenie raportów działania w terminach do końca 1, 3 i 6 miesiąca działania AZT);
- przeprowadzenie dwóch kampanii kalibracyjnych (w 1 i 5 miesiącu działania AZT) polegających na dostarczeniu obserwacji satelitów nawigacyjnych GNSS (Flota GALILEO):
  - obserwacja co najmniej 3 (trzech) obiektów,
  - co najmniej po 50 (pięćdziesiąt) pomiarów na obiekt,
  - łączna ilość punktów pomiarowych minimum 200 (dwustu);
- wyznaczenie, na podstawie danych dostarczonych w ramach kampanii kalibracyjnych:
  - time-bias,
  - błędu średniokwadratowego RMS (ang. Root Mean Square);

- utrzymanie stanu gotowości AZT wraz z całym sprzętem i oprogramowaniem z nim związanym, w tym przeprowadzanie procesu aktualizacji oprogramowania;
- zapewnienie bezpieczeństwa infrastruktury AZT i danych obserwacyjnych;
- po upływie okresu gwarancji świadczenie usługi napraw wszelkich usterek sprzętu oraz oprogramowania;
- monitorowanie i diagnostyka całości systemu;
- przetwarzanie obserwacji SST oraz dostawa danych do centrum operacyjnego Zamawiającego w postaci plików w uzgodnionym formacie, np. TDM w wersji v.2.0 zgodnym ze standardem CCSDS, zgodnie z otrzymaną od Zamawiającego listą obiektów wraz z priorytetami obserwacji w tym w odpowiedzi na specjalne zamówienia (Tasking Requests);
- bieżące/robotyczne informowanie przedstawiciela Zamawiającego o realizowanych działaniach na AZT.

W okresie wdrożenia do użytkowania AZT Wykonawca przeprowadzi szkolenia dla personelu POLSA umożliwiające przejęcie działań operacyjnych. Potwierdzeniem realizacji działania będzie podpisany przez Zamawiającego Protokołów wdrożenia do użytkowania AZT oraz protokół/ły przeprowadzenia szkolenia/eń

## 4. Specyfikacja techniczna AZT

### 4.1 Lokalizacja

AZT ma być zlokalizowany w Ameryce Południowej. Wskazaną lokalizację należy rozumieć jako obszar o średnicy 500 km z punktem środkowym stanowiącym lokalizację sensora Solaris-4. Preferowana lokalizacja to ta, gdzie znajduje się wyżej sensor Solaris-4. Wykonawca powinien zwrócić się do podmiotu zarządzającego terenem / infrastrukturą / farmą teleskopów, na której zlokalizowany jest w/w sensor z zapytaniem o możliwość wykorzystania lokalizacji.

### 4.2 Przyrządy optyczne i montaż

AZT powinien charakteryzować się łącznym polem widzenia 170 stopni kwadratowych. Rozmieszczenie poszczególnych teleskopów na montażach względem siebie powinno umożliwiać wybór obserwowanych obszarów sfery niebieskiej o zmiennej konfiguracji np.: w postaci kwadratu, prostokąta różnie skierowanego względem deklinacji i rektascensji lub innego kształtu.

W skład AZT wchodzi typy teleskopów o następujących parametrach:

- **Typ I: teleskopy przeglądowe o parametrach:** apertura: minimum 28 cm, światłością w zakresie: od  $f/0.9$  do  $f/1.5$ , wyposażone w zdalnie sterowany fokuser, pokrywę tubusa podgrzewanie optyki,
- **Typ II: teleskop przeglądowo-śledzący o parametrach:** apertura: minimum 40 cm, światłością:  $f/1.0$  -  $f/2.5$ , wyposażone w zdalnie sterowany fokuser, pokrywę tubusa i podgrzewanie optyki,
- **Typ III: teleskop śledzący o parametrach:** apertura: minimum 0.7 m, światłością w zakresie: od  $f/1.0$  -  $f/4.5$ , image circle=70mm, dwa ogniska Nasmytha, automatyczne rotatory pola, zdalnie sterowany fokuser, pokrywa tubusa, podgrzewanie optyki, szukacz 200mm  $f/2.0$ ;

**przy założeniu, że w AZT powinny się znajdować co najmniej dwa teleskopy Typu I oraz przynajmniej po jednym Typu II i Typu III.**

Teleskopy powinny być umieszczone na kilku montażach, maksymalnie po dwie tuby optyczne na jednym montażu, które muszą posiadać następujące własności:

- napędy bezpośrednie (direct-drive) z enkoderami w obydwu osiach (azymut, elewacja) umożliwiające sterowanie teleskopem i jego naprowadzanie na obserwowane obiekty,
- możliwość pracy w trybie azymutalnym dla ograniczenia miejsca zajmowanego przez teleskop i umożliwienia instalacji większej liczby montażu w tym samym miejscu,
- odpowiedni udźwig w stosunku do masy teleskopu dla ograniczenia zużycia sprzętu i zapewnienia odpowiedniej precyzji działania,
- precyzja celowania lepsza niż 10 arcsec,
- precyzja śledzenia za obiektem – nie gorsza niż 1 arcsec / 10 min.,
- maksymalna prędkość ruchu co najmniej:
  - 20°/s – teleskop Typu III;
  - 50°/s - teleskopy typu I oraz typu II;
- możliwość obserwacji obszaru nieba ze śledzeniem gwiazdowym oraz nie gwiazdowym,
- możliwość śledzenia sztucznych satelitów Ziemi na podstawie podanej efemerydy lub parametrów orbitalnych,
- dla teleskopów przeglądowych (typu I) i przeglądowo-śledzących (typu II) montażu powinny mieć następujące parametry:
  - montaż azymutalny direct-drive z maksymalną prędkością ruchu nie mniejszą niż 50°/s w obu osiach z wyposażeniem:
    - słup,
    - oprogramowanie umożliwiające śledzenie po dowolnej trajektorii,

W zależności od zaproponowanej konfiguracji AZT Wykonawca proponuje odpowiednią liczbę montażu oraz rozkład teleskopów na poszczególnych montażach oraz wyposażenie dodatkowe np. słup, na którym montaż zostanie zamontowany.

### 4.3 Kamery

AZT powinien być wyposażony w szybkie kamery typu sCMOS BSI 16-bit (ang. scientific CMOS) o parametrach:

- rozmiar piksela nie większy niż 10µm,
- możliwość wykonywania co najmniej 10 zdjęć na sekundę (fps),
- możliwość rejestracji momentu początku zdjęcia z dokładnością nie gorszą niż 1 milisekunda,
- prąd ciemny poniżej 0.15 e/pix/s (elektrony/piksel/sekundę),
- migawka elektroniczna,
- prawidłowe dopasowanie rozmiaru matrycy i rozmiaru piksela do danego systemu optycznego, gwarantujące uzyskanie optymalnej skali obrazu bez strat na optyce i matrycy,
- możliwość łączenia pikseli przynajmniej 2x2 (tzw. binning),
- minimalna wydajność kwantowa 60%,
- system umożliwiający chłodzenie kamery co najmniej o 40°C poniżej temperatury otoczenia.
- interfejs zapewniający transfer danych z kamer co najmniej 10 Gbit/s,

- moduł GNSS (GPS lub GALILEO) do rejestracji czasu niezależnie od komputera PC.

Dla teleskopów przeglądowych (typu I) i przeglądowo-śledzących (typu II) kamery powinny mieć następujące minimalne parametry:

- matryca o rozmiarach minimum 40x40mm i szumie odczytu poniżej 2 e/pix,

Dla teleskopu śledzącego (typu III) kamera powinna mieć następujące parametry:

- matryca o rozmiarach minimum 60x60mm i szumem odczytu poniżej 1 e/pix.

#### 4.4 Pawilony - kopuły

Wszystkie elementy AZT muszą być umieszczone w odpowiednich pawilonach obserwacyjnych – kopułach. W zależności od zaproponowanej konfiguracji AZT Wykonawca proponuje odpowiednie pawilony obserwacyjne, ich usytuowanie, uzbrojenie oraz ochronę przed niekorzystnymi zjawiskami meteorologicznymi.

Wykonawca przedstawi projekt ustawienia teleskopów w kopułach zapewniający całkowitą bezkolizyjność w przypadku dowolnych ruchów poszczególnych teleskopów.

Pawilony obserwacyjne muszą być zintegrowane ze stacją meteorologiczną lub podłączone do systemów obserwacyjnych meteorologicznych, w celu podjęcia odpowiedniej reakcji w przypadku niekorzystnych warunków meteorologicznych (śnieg, ulewa, wyładowania atmosferyczne, huragan) automatycznie bez ingerencji operatora i na jego żądanie.

Wykonawca wyposaży pawilon obserwacyjny w autonomiczny system zasilania awaryjnego umożliwiający bezpieczne zamknięcie pawilonów obserwacyjnych i wyłączenie sprzętu w przypadku awarii zasilania podstawowego. Zasilacze awaryjne powinny charakteryzować wydajność zdolną obsłużyć wszystkie komponenty AZT jednocześnie przez co najmniej 3 minuty.

Lokalizacja kopuł powinna spełniać warunki bezpieczeństwa fizycznego, tj. zamknięty teren z ograniczonym dostępem osób. Pawilon musi być wyposażony w system monitoringu video 24/7 z dostępem zdalnym do obrazu w trybie live oraz do danych archiwalnych z minimum 72h wstecz. System powinien być złożony z kamer nocnych bez oświetlaczy podczerwonych (promienników podczerwieni).

#### 4.5 Wyposażenie dodatkowe

AZT musi być wyposażona co najmniej w następujące elementy:

- astronomiczna stacja pogodowa z czujnikiem zachmurzenia, opadów i wiatru,
- kamera typu rybie oko (tzw. allsky) do optycznej oceny i przeglądu warunków pogodowych,
- lokalny serwer czasu NTP wykorzystujący odbiornik GNSS (GPS lub GALILEO),
- klimatyzacja sprzętu komputerowego w kopule,
- podgrzewacze/odraszacze optyki (jeśli nie są wyposażeniem standardowym teleskopów),
- router i modem z możliwością przełączenia na łączność awaryjną,
- przełączniki i inne elementy gigabitowej sieci lokalnej; wymagane są połączenia kablowe zamiast WiFi,
- system zdalnego sterowania zasilaniem każdego urządzenia,

#### 4.6 Systemy komputerowe

AZT powinien być wyposażony w sprzęt komputerowy wraz z oprogramowaniem zapewniającym:

- sterowanie i obsługę AZT w trybie zdalnym oraz stacjonarnym,
- kontrolę bieżącą stanu AZT,
- automatyzację zadaniowania i odczytu statusów elementów infrastruktury obiektu,
- przygotowanie planu obserwacyjnego,
- wykonanie obliczeń astrometrycznych i fotometrycznych,
- wykonanie obserwacji,
- wstępną obróbkę i redukcję obserwacji,
- zapisanie wyników obserwacji do lokalnej bazy oraz transfer danych obserwacyjnych do centrum operacyjnego Zamawiającego,
- realizację zadania „tracking” przy wykorzystaniu techniki „Synthetic Tracking”, tj. wyznaczania parametrów fizycznych ruchu orbitalnego sztucznego obiektu kosmicznego na podstawie nakładania na siebie surowych zobrazowań w odstępach czasu mniejszych niż 10 klatek na sekundę (10fps),
- obsługę wszystkich komponentów jednocześnie, w tym: kopuły, montażów, kamer, fokuserów, stacji pogodowej, oprogramowania do analizy i procesowania danych, lokalnego serwera czasu z odbiornikiem GNSS, kamery allsky, monitoringu video,
- wymianę danych poprzez sieć Internet, pomiędzy AZT a centrum operacyjnym Zamawiającego, w czasie rzeczywistym w celu zadaniowania, monitorowania, konserwacji oraz przesyłania wyników przetwarzanych na miejscu,
- gromadzenie i przechowywanie danych co najmniej z okresu 5 miesięcy.

Sprzęt komputerowy powinien być wyposażony:

- system KVM IP do każdego zainstalowanego komputera (o ile nie jest na wyposażeniu standardowym komputerów).
- obudowę w standardzie rack.

## OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

Dostawa i instalacja Automatycznych Zestawów Teleskopowych (AZT) wraz z usługą wdrożenia do użytkowania.

Część III – VLA Azja (Japonia)

### 1. Wstęp

Przedmiot zamówienia obejmuje zadanie dostarczenia, montażu i uruchomienia Automatycznego Zestawu Teleskopowego (AZT) do celów obserwacji optycznej sztucznych obiektów kosmicznych na orbitach okołozemskich do celów SST ang. „Space Surveillance and Tracking”. **AZT jest rozumiany, jako zestaw niezależnych teleskopów na kilku montażach zdolnych do obserwacji nieba o łącznym polu widzenia 170 stopni kwadratowych.** AZT ma być zlokalizowany w Japonii. Wskazaną lokalizację należy rozumieć jako obszar o średnicy 500 km z punktem środkowym stanowiącym lokalizację sensora Anjin-San. Preferowana lokalizacja to ta, gdzie znajduje się sensor Anjin-San. Wykonawca powinien zwrócić się do podmiotu zarządzającego terenem / infrastrukturą / farmą teleskopów, na której zlokalizowany jest w/w sensor z zapytaniem o możliwość wykorzystania lokalizacji.

AZT mają za zadanie wykonywania obserwacji w trybie przeglądu ang. „survey” przy jednoczesnej możliwości wykorzystania trybu śledzenia ang. „tracking”. AZT powinien umożliwiać obserwacje wszystkich typów obiektów satelitarnych poruszających się na orbitach: GEO, MEO, HEO, HLEO, oraz LEO. AZT w trybie „survey” powinien umożliwiać obserwacje obiektów o rozmiarach minimum: 35 cm na orbicie GEO (cross section), 8 cm na orbicie LEO (cross section).

AZT powinien posiadać wysoką autonomizację systemu umożliwiającą pracę zdalną, w trybie robotycznym, bez bezpośredniego udziału obserwatora. Zestaw powinien składać się z elementów optycznych (teleskopów), montażu, kamer (czujniki sCMOS), niezbędnego oprogramowania i sprzętu IT do sterowania, monitorowania działania, przetwarzania i przesyłania danych obserwacyjnych.

Zamawiający zakłada możliwość realizacji zadania „tracking” również przy wykorzystaniu techniki „Synthetic Tracking”, tj. wyznaczania parametrów fizycznych ruchu orbitalnego sztucznego obiektu kosmicznego na podstawie nakładania na siebie surowych zobrażeń wykonanych z częstotliwością co najmniej 10 klatek na sekundę (10fps).

Dostawa i montaż przedmiotowego AZT stanowi element działania realizowanego przez Zamawiającego, którego celem jest modernizacja sieci sensorów do celów SST w ramach Konsorcjum EUSST i grantu 2-3SST2018-20 i do realizacji zadań statutowych Zamawiającego. Przedmiot zamówienia Wykonawca zrealizuje zgodnie z ustaleniami i parametrami podanymi poniżej, zawartymi w niniejszym OPZ.

### 2. Kwestie formalno-prawne

W ramach przedmiotu zamówienia Wykonawca zapewni:

- doradztwo polegające na opracowaniu analizy w zakresie możliwych lokalizacji AZT.

Analiza powinna zawierać co najmniej optymalizację finansową, logistyczną i operacyjną przedsięwzięcia, w tym zapewnienia bezpieczeństwa fizycznego AZT oraz bezpieczeństwa przesyłanych danych;

- wsparcie w rozmowach/negocjacjach związanych z uzyskaniem dostępu (dzierżawa) przez Zamawiającego do wybranej lokalizacji;
- doradztwo w zakresie podpisania umowy pomiędzy Zamawiającym, a właścicielem terenu, na którym zainstalowany zostanie AZT;
- doradztwo w zakresie kwestii prawnych, zezwoleń, odpowiedzialności oraz innych zobowiązań, które przyjmuje na siebie Zamawiający wraz z eksploatacją AZT we wskazanej lokalizacji;
- ubezpieczenia AZT w okresie do odbioru końcowego w docelowej lokalizacji, z uwzględnieniem komponentów stanowiących własność Zamawiającego oraz doradztwo w zakresie wyboru ubezpieczyciela AZT w okresie następującym po oddaniu do użytkowania;
- sporządzenie kosztorysu eksploatacji AZT, ze wskazaniem ryzyka powstania kosztów dodatkowych oraz ich zakresu i prawdopodobieństwa.

### 3. Etapy realizacji umowy

#### 3.1 Projekt techniczny AZT - do 3 miesięcy od daty podpisania umowy

Wykonawca przedstawi Zamawiającemu do akceptacji projekt techniczny AZT, w którym zawrze m.in.:

- schemat blokowy i funkcjonalny AZT;
- schematy podłączenia do instalacji elektrycznej, instalacji przesyłania informacji cyfrowych;
- wykaz głównych podzespołów i komponentów AZT w raz z ich opisem technicznym;
- wykazy części zamiennych wchodzących w skład AZT w tym ich nazw własnych, symboli i oznaczeń oraz producenta;

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego protokół odbioru projektu technicznego.

#### 3.2 Kompletowanie komponentów - do 10 miesięcy od daty podpisania umowy

Wykonawca zobowiązany jest do skompletowania komponentów przedmiotu Umowy, zgodnie z projektem technicznym.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego protokół odbioru skompletowanych komponentów.

#### 3.3 Transport - do 11 miesięcy od daty podpisania umowy

Wykonawca zapewni pakowanie, transport do miejsca docelowego oraz ubezpieczenie wszystkich komponentów AZT.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół dostawy komponentów AZT do docelowej lokalizacji.



### **3.4 Instalacja i integracja - do 14 miesięcy od daty podpisania umowy**

Wykonawca wykona AZT zgodnie z projektem technicznym i dokumentacją techniczną. Przeprowadzi ich instalację i integrację w miejscu docelowym użytkowania. Wykonawca dostarczy oraz zintegruje oprogramowanie procesujące surowe dane, do postaci plików w formacie Tracking Data Message (TDM) w wersji co najmniej v.2.0 zgodnym ze standardem CCSDS, umożliwiające automatyczne wysyłanie przetworzonych danych do centrum operacyjnego Zamawiającego. Wykonawca dostarczy do centrum operacyjnego Zamawiającego hardware oraz oprogramowanie do zdalnego monitorowania i zadaniowania obserwacji. Oprogramowanie zostanie zainstalowane oraz skonfigurowane.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół dostawy, instalacji i integracji AZT.

### **3.5 Uruchomienie/walidacja - do 15 miesięcy od daty podpisania umowy, nie później niż do 31.05.2023 r.**

Wykonawca jest zobowiązany do uruchomienia AZT oraz jego walidacji. Wykonawca zaproponuje i przedstawi do akceptacji Zamawiającego program szkolenia w zakresie bezpiecznego i optymalnego użytkowania AZT dla 6 osób. Każda z przeszkolonych osób powinna uzyskać certyfikat nadający uprawnienia do szkolenia kolejnych operatorów.

AZT powinien wykonać kampanię testową obserwując satelity na orbitach LEO, MEO, GEO, HEO zgodnie z otrzymaną od Zamawiającego listą obiektów wraz z priorytetami obserwacji. Ocenie będzie podlegała skuteczność wykonania zaplanowanych obserwacji. W szczególności wymagane jest wykonanie udanych obserwacji obiektów o rozmiarach opisanych w niniejszym OPZ, a więc 35 cm na orbicie GEO oraz 8 cm na orbicie LEO.

W ramach realizacji zadania Wykonawca przedstawi operat szacunkowy długoterminowej eksploatacji na termin obejmujący min. 5 lat.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół uruchomienia, walidacji i odbioru AZT.

### **3.6 Wdrożenie do operacyjnego wykorzystania – (test run)**

Wykonawca, przez okres 6 miesięcy od dnia zakończenia etapu uruchomienia/walidacji, zabezpieczy działanie operacyjne AZT. W niniejszym etapie przewiduje się realizację przez Wykonawcę następujących zadań:

- szkolenie 6 osób (operatorów) zgodnie z programem szkoleń zaakceptowanym przez Zamawiającego;
- wykonanie trzech testów jakościowych i ilościowych (dostarczenie raportów działania w terminach do końca 1, 3 i 6 miesiąca działania AZT);
- przeprowadzenie dwóch kampanii kalibracyjnych (w 1 i 5 miesiącu działania AZT) polegających na dostarczeniu obserwacji satelitów nawigacyjnych GNSS (Flota GALILEO):
  - obserwacja co najmniej 3 (trzech) obiektów,
  - co najmniej po 50 (pięćdziesiąt) pomiarów na obiekt,
  - łączna ilość punktów pomiarowych minimum 200 (dwustu);
- wyznaczenie, na podstawie danych dostarczonych w ramach kampanii kalibracyjnych:
  - time-bias,
  - błędu średniokwadratowego RMS (ang. Root Mean Square);

- utrzymanie stanu gotowości AZT wraz z całym sprzętem i oprogramowaniem z nim związanym, w tym przeprowadzanie procesu aktualizacji oprogramowania;
- zapewnienie bezpieczeństwa infrastruktury AZT i danych obserwacyjnych;
- po upływie okresu gwarancji świadczenie usługi napraw wszelkich usterek sprzętu oraz oprogramowania;
- monitorowanie i diagnostyka całości systemu;
- przetwarzanie obserwacji SST oraz dostawa danych do centrum operacyjnego Zamawiającego w postaci plików w uzgodnionym formacie, np. TDM w wersji v.2.0 zgodnym ze standardem CCSDS, zgodnie z otrzymaną od Zamawiającego listą obiektów wraz z priorytetami obserwacji w tym w odpowiedzi na specjalne zamówienia (Tasking Requests);
- bieżące/robotyczne informowanie przedstawiciela Zamawiającego o realizowanych działaniach na AZT.

W okresie wdrożenia do użytkowania AZT Wykonawca przeprowadzi szkolenia dla personelu POLSA umożliwiające przejęcie działań operacyjnych. Potwierdzeniem realizacji działania będzie podpisany przez Zamawiającego Protokołów wdrożenia do użytkowania AZT oraz protokół/ły przeprowadzenia szkolenia/eń

## 4. Specyfikacja techniczna AZT

### 4.1 Lokalizacja

AZT ma być zlokalizowany w Japonii. Wskazaną lokalizację należy rozumieć jako obszar o średnicy 500 km z punktem środkowym stanowiącym lokalizację sensora Anjin-San. Preferowana lokalizacja to ta, gdzie znajduje się wyżej sensor Anjin-San. Wykonawca powinien zwrócić się do podmiotu zarządzającego terenem / infrastrukturą / farmą teleskopów, na której zlokalizowany jest w/w sensor z zapytaniem o możliwość wykorzystania lokalizacji.

### 4.2 Przyrządy optyczne i montaż

AZT powinien charakteryzować się łącznym polem widzenia 170 stopni kwadratowych. Rozmieszczenie poszczególnych teleskopów na montażach względem siebie powinno umożliwiać wybór obserwowanych obszarów sfery niebieskiej o zmiennej konfiguracji np.: w postaci kwadratu, prostokąta różnie skierowanego względem deklinacji i rektascensji lub innego kształtu.

W skład AZT wchodzi typy teleskopów o następujących parametrach:

- **Typ I: teleskopy przeglądowe o parametrach:** apertura: minimum 28 cm, światłością w zakresie: od  $f/0.9$  do  $f/1.5$ , wyposażone w zdalnie sterowany fokuser, pokrywę tubusa podgrzewanie optyki,
- **Typ II: teleskop przeglądowo-śledzący o parametrach:** apertura: minimum 40 cm, światłością:  $f/1.0$  -  $f/2.5$ , wyposażone w zdalnie sterowany fokuser, pokrywę tubusa i podgrzewanie optyki,
- **Typ III: teleskop śledzący o parametrach:** apertura: minimum 0.7 m, światłością w zakresie: od  $f/1.0$  -  $f/4.5$ , image circle=70mm, dwa ogniska Nasmytha, automatyczne rotatory pola, zdalnie sterowany fokuser, pokrywa tubusa, podgrzewanie optyki, szukacz 200mm  $f/2.0$ ;

**przy założeniu, że w AZT powinny się znajdować co najmniej dwa teleskopy Typu I oraz przynajmniej po jednym Typu II i Typu III.**

Teleskopy powinny być umieszczone na kilku montażach, maksymalnie po dwie tuby optyczne na jednym montażu, które muszą posiadać następujące własności:

- napędy bezpośrednie (direct-drive) z enkoderami w obydwu osiach (azymut, elewacja) umożliwiające sterowanie teleskopem i jego naprowadzanie na obserwowane obiekty,
- możliwość pracy w trybie azymutalnym dla ograniczenia miejsca zajmowanego przez teleskop i umożliwienia instalacji większej liczby montażu w tym samym miejscu,
- odpowiedni udźwig w stosunku do masy teleskopu dla ograniczenia zużycia sprzętu i zapewnienia odpowiedniej precyzji działania,
- precyzja celowania lepsza niż 10 arcsec,
- precyzja śledzenia za obiektem – nie gorsza niż 1 arcsec / 10 min.,
- maksymalna prędkość ruchu co najmniej:
  - 20°/s – teleskop Typu III;
  - 50°/s - teleskopy typu I oraz typu II;
- możliwość obserwacji obszaru nieba ze śledzeniem gwiazdowym oraz nie gwiazdowym,
- możliwość śledzenia sztucznych satelitów Ziemi na podstawie podanej efemerydy lub parametrów orbitalnych,
- dla teleskopów przeglądowych (typu I) i przeglądowo-śledzących (typu II) montażu powinny mieć następujące parametry:
  - montaż azymutalny direct-drive z maksymalną prędkością ruchu nie mniejszą niż 50°/s w obu osiach z wyposażeniem:
    - słup,
    - oprogramowanie umożliwiające śledzenie po dowolnej trajektorii,

W zależności od zaproponowanej konfiguracji AZT Wykonawca proponuje odpowiednią liczbę montażu oraz rozkład teleskopów na poszczególnych montażach oraz wyposażenie dodatkowe np. słup, na którym montaż zostanie zamontowany.

### 4.3 Kamery

AZT powinien być wyposażony w szybkie kamery typu sCMOS BSI 16-bit (ang. scientific CMOS) o parametrach:

- rozmiar piksela nie większy niż 10µm,
- możliwość wykonywania co najmniej 10 zdjęć na sekundę (fps),
- możliwość rejestracji momentu początku zdjęcia z dokładnością nie gorszą niż 1 milisekunda,
- prąd ciemny poniżej 0.15 e/pix/s (elektrony/piksel/sekundę),
- migawka elektroniczna,
- prawidłowe dopasowanie rozmiaru matrycy i rozmiaru piksela do danego systemu optycznego, gwarantujące uzyskanie optymalnej skali obrazu bez strat na optyce i matrycy,
- możliwość łączenia pikseli przynajmniej 2x2 (tzw. binning),
- minimalna wydajność kwantowa 60%,
- system umożliwiający chłodzenie kamery co najmniej o 40°C poniżej temperatury otoczenia.
- interfejs zapewniający transfer danych z kamer co najmniej 10 Gbit/s,

- moduł GNSS (GPS lub GALILEO) do rejestracji czasu niezależnie od komputera PC.

Dla teleskopów przeglądowych (typu I) i przeglądowo-śledzących (typu II) kamery powinny mieć następujące minimalne parametry:

- matryca o rozmiarach minimum 40x40mm i szumie odczytu poniżej 2 e/pix,

Dla teleskopu śledzącego (typu III) kamera powinna mieć następujące parametry:

- matryca o rozmiarach minimum 60x60mm i szumem odczytu poniżej 1 e/pix.

#### 4.4 Pawilony - kopuły

Wszystkie elementy AZT muszą być umieszczone w odpowiednich pawilonach obserwacyjnych – kopułach. W zależności od zaproponowanej konfiguracji AZT Wykonawca proponuje odpowiednie pawilony obserwacyjne, ich usytuowanie, uzbrojenie oraz ochronę przed niekorzystnymi zjawiskami meteorologicznymi.

Wykonawca przedstawi projekt ustawienia teleskopów w kopułach zapewniający całkowitą bezkolizyjność w przypadku dowolnych ruchów poszczególnych teleskopów.

Pawilony obserwacyjne muszą być zintegrowane ze stacją meteorologiczną lub podłączone do systemów obserwacyjnych meteorologicznych, w celu podjęcia odpowiedniej reakcji w przypadku niekorzystnych warunków meteorologicznych (śnieg, ulewa, wyładowania atmosferyczne, huragan) automatycznie bez ingerencji operatora i na jego żądanie.

Wykonawca wyposaży pawilon obserwacyjny w autonomiczny system zasilania awaryjnego umożliwiający bezpieczne zamknięcie pawilonów obserwacyjnych i wyłączenie sprzętu w przypadku awarii zasilania podstawowego. Zasilacze awaryjne powinny charakteryzować wydajność zdolną obsłużyć wszystkie komponenty AZT jednocześnie przez co najmniej 3 minuty.

Lokalizacja kopuł powinna spełniać warunki bezpieczeństwa fizycznego, tj. zamknięty teren z ograniczonym dostępem osób. Pawilon musi być wyposażony w system monitoringu video 24/7 z dostępem zdalnym do obrazu w trybie live oraz do danych archiwalnych z minimum 72h wstecz. System powinien być złożony z kamer nocnych bez oświetlaczy podczerwonych (promienników podczerwieni).

#### 4.5 Wyposażenie dodatkowe

AZT musi być wyposażona co najmniej w następujące elementy:

- astronomiczna stacja pogodowa z czujnikiem zachmurzenia, opadów i wiatru,
- kamera typu rybie oko (tzw. allsky) do optycznej oceny i przeglądu warunków pogodowych,
- lokalny serwer czasu NTP wykorzystujący odbiornik GNSS (GPS lub GALILEO),
- klimatyzacja sprzętu komputerowego w kopule,
- podgrzewacze/odraszacze optyki (jeśli nie są wyposażeniem standardowym teleskopów),
- router i modem z możliwością przełączenia na łączność awaryjną,
- przełączniki i inne elementy gigabitowej sieci lokalnej; wymagane są połączenia kablowe zamiast WiFi,
- system zdalnego sterowania zasilaniem każdego urządzenia,

#### 4.6 Systemy komputerowe

AZT powinien być wyposażony w sprzęt komputerowy wraz z oprogramowaniem zapewniającym:

- sterowanie i obsługę AZT w trybie zdalnym oraz stacjonarnym,
- kontrolę bieżącą stanu AZT,
- automatyzację zadaniowania i odczytu statusów elementów infrastruktury obiektu,
- przygotowanie planu obserwacyjnego,
- wykonanie obliczeń astrometrycznych i fotometrycznych,
- wykonanie obserwacji,
- wstępną obróbkę i redukcję obserwacji,
- zapisanie wyników obserwacji do lokalnej bazy oraz transfer danych obserwacyjnych do centrum operacyjnego Zamawiającego,
- realizację zadania „tracking” przy wykorzystaniu techniki „Synthetic Tracking”, tj. wyznaczania parametrów fizycznych ruchu orbitalnego sztucznego obiektu kosmicznego na podstawie nakładania na siebie surowych zobrażeń w odstępach czasu mniejszych niż 10 klatek na sekundę (10fps),
- obsługę wszystkich komponentów jednocześnie, w tym: kopuły, montażów, kamer, fokuserów, stacji pogodowej, oprogramowania do analizy i procesowania danych, lokalnego serwera czasu z odbiornikiem GNSS, kamery allsky, monitoringu video,
- wymianę danych poprzez sieć Internet, pomiędzy AZT a centrum operacyjnym Zamawiającego, w czasie rzeczywistym w celu zadaniowania, monitorowania, konserwacji oraz przesyłania wyników przetwarzanych na miejscu,
- gromadzenie i przechowywanie danych co najmniej z okresu 5 miesięcy.

Sprzęt komputerowy powinien być wyposażony:

- system KVM IP do każdego zainstalowanego komputera (o ile nie jest na wyposażeniu standardowym komputerów).
- obudowę w standardzie rack.

## OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

Dostawa i instalacja Automatycznych Zestawów Teleskopowych (AZT) wraz z usługą wdrożenia do użytkowania.

Część IV – VLA Afryka Południowa (RPA)

### 1. Wstęp

Przedmiot zamówienia obejmuje zadanie dostarczenia, montażu i uruchomienia Automatycznego Zestawu Teleskopowego (AZT) do celów obserwacji optycznej sztucznych obiektów kosmicznych na orbitach okołoziemskich do celów SST ang. „Space Surveillance and Tracking”. **AZT jest rozumiany, jako zestaw niezależnych teleskopów na kilku montażach zdolnych do obserwacji nieba o łącznym polu widzenia 170 stopni kwadratowych.** AZT ma być zlokalizowany w Afryce Południowej. Wskazaną lokalizację należy rozumieć jako obszar o średnicy 500 km z punktem środkowym stanowiącym lokalizację sensora Solaris-2. Preferowana lokalizacja to ta, gdzie znajduje się sensor Solaris-2. Wykonawca powinien zwrócić się do podmiotu zarządzającego terenem / infrastrukturą / farmą teleskopów, na której zlokalizowany jest w/w sensor z zapytaniem o możliwość wykorzystania lokalizacji.

AZT mają za zadanie wykonywania obserwacji w trybie przeglądu ang. „survey” przy jednoczesnej możliwości wykorzystania trybu śledzenia ang. „tracking”. AZT powinien umożliwiać obserwacje wszystkich typów obiektów satelitarnych poruszających się na orbitach: GEO, MEO, HEO, HLEO, oraz LEO. AZT w trybie „survey” powinien umożliwiać obserwacje obiektów o rozmiarach minimum: 35 cm na orbicie GEO (cross section), 8 cm na orbicie LEO (cross section).

AZT powinien posiadać wysoką autonomizację systemu umożliwiającą pracę zdalną, w trybie robotycznym, bez bezpośredniego udziału obserwatora. Zestaw powinien składać się z elementów optycznych (teleskopów), montażu, kamer (czujniki sCMOS), niezbędnego oprogramowania i sprzętu IT do sterowania, monitorowania działania, przetwarzania i przesyłania danych obserwacyjnych.

Zamawiający zakłada możliwość realizacji zadania „tracking” również przy wykorzystaniu techniki „Synthetic Tracking”, tj. wyznaczania parametrów fizycznych ruchu orbitalnego sztucznego obiektu kosmicznego na podstawie nakładania na siebie surowych zobrażeń wykonanych z częstotliwością co najmniej 10 klatek na sekundę (10fps).

Dostawa i montaż przedmiotowego AZT stanowi element działania realizowanego przez Zamawiającego, którego celem jest modernizacja sieci sensorów do celów SST w ramach Konsorcjum EUSST i grantu 2-3SST2018-20 i do realizacji zadań statutowych Zamawiającego. Przedmiot zamówienia Wykonawca zrealizuje zgodnie z ustaleniami i parametrami podanymi poniżej, zawartymi w niniejszym OPZ.

### 2. Kwestie formalno-prawne

W ramach przedmiotu zamówienia Wykonawca zapewni:

- doradztwo polegające na opracowaniu analizy w zakresie możliwych lokalizacji AZT.

Analiza powinna zawierać co najmniej optymalizację finansową, logistyczną i operacyjną przedsięwzięcia, w tym zapewnienia bezpieczeństwa fizycznego AZT oraz bezpieczeństwa przesyłanych danych;

- wsparcie w rozmowach/negocjacjach związanych z uzyskaniem dostępu (dzierżawa) przez Zamawiającego do wybranej lokalizacji;
- doradztwo w zakresie podpisania umowy pomiędzy Zamawiającym, a właścicielem terenu, na którym zainstalowany zostanie AZT;
- doradztwo w zakresie kwestii prawnych, zezwoleń, odpowiedzialności oraz innych zobowiązań, które przyjmuje na siebie Zamawiający wraz z eksploatacją AZT we wskazanej lokalizacji;
- ubezpieczenia AZT w okresie do odbioru końcowego w docelowej lokalizacji, z uwzględnieniem komponentów stanowiących własność Zamawiającego oraz doradztwo w zakresie wyboru ubezpieczyciela AZT w okresie następującym po oddaniu do użytkowania;
- sporządzenie kosztorysu eksploatacji AZT, ze wskazaniem ryzyka powstania kosztów dodatkowych oraz ich zakresu i prawdopodobieństwa.

### 3. Etapy realizacji umowy

#### 3.1 Projekt techniczny AZT - do 3 miesięcy od daty podpisania umowy

Wykonawca przedstawi Zamawiającemu do akceptacji projekt techniczny AZT, w którym zawrze m.in.:

- schemat blokowy i funkcjonalny AZT;
- schematy podłączenia do instalacji elektrycznej, instalacji przesyłania informacji cyfrowych;
- wykaz głównych podzespołów i komponentów AZT w raz z ich opisem technicznym;
- wykazy części zamiennych wchodzących w skład AZT w tym ich nazw własnych, symboli i oznaczeń oraz producenta;

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego protokół odbioru projektu technicznego.

#### 3.2 Kompletowanie komponentów - do 10 miesięcy od daty podpisania umowy

Wykonawca zobowiązany jest do skompletowania komponentów przedmiotu Umowy, zgodnie z projektem technicznym.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego protokół odbioru skompletowanych komponentów.

#### 3.3 Transport - do 11 miesięcy od daty podpisania umowy

Wykonawca zapewni pakowanie, transport do miejsca docelowego oraz ubezpieczenie wszystkich komponentów AZT.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół dostawy komponentów AZT do docelowej lokalizacji.

### **3.4 Instalacja i integracja - do 14 miesięcy od daty podpisania umowy**

Wykonawca wykona AZT zgodnie z projektem technicznym i dokumentacją techniczną. Przeprowadzi ich instalację i integrację w miejscu docelowym użytkowania. Wykonawca dostarczy oraz zintegruje oprogramowanie procesujące surowe dane, do postaci plików w formacie Tracking Data Message (TDM) w wersji co najmniej v.2.0 zgodnym ze standardem CCSDS, umożliwiające automatyczne wysyłanie przetworzonych danych do centrum operacyjnego Zamawiającego. Wykonawca dostarczy do centrum operacyjnego Zamawiającego hardware oraz oprogramowanie do zdalnego monitorowania i zadaniowania obserwacji. Oprogramowanie zostanie zainstalowane oraz skonfigurowane.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół dostawy, instalacji i integracji AZT.

### **3.5 Uruchomienie/walidacja - do 15 miesięcy od daty podpisania umowy, nie później niż do 31.05.2023 r.**

Wykonawca jest zobowiązany do uruchomienia AZT oraz jego walidacji. Wykonawca zaproponuje i przedstawi do akceptacji Zamawiającego program szkolenia w zakresie bezpiecznego i optymalnego użytkowania AZT dla 6 osób. Każda z przeszkolonych osób powinna uzyskać certyfikat nadający uprawnienia do szkolenia kolejnych operatorów.

AZT powinien wykonać kampanię testową obserwując satelity na orbitach LEO, MEO, GEO, HEO zgodnie z otrzymaną od Zamawiającego listą obiektów wraz z priorytetami obserwacji. Ocenie będzie podlegała skuteczność wykonania zaplanowanych obserwacji. W szczególności wymagane jest wykonanie udanych obserwacji obiektów o rozmiarach opisanych w niniejszym OPZ, a więc 35 cm na orbicie GEO oraz 8 cm na orbicie LEO.

W ramach realizacji zadania Wykonawca przedstawi operat szacunkowy długoterminowej eksploatacji na termin obejmujący min. 5 lat.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół uruchomienia, walidacji i odbioru AZT.

### **3.6 Wdrożenie do operacyjnego wykorzystania – (test run)**

Wykonawca, przez okres 6 miesięcy od dnia zakończenia etapu uruchomienia/walidacji, zabezpieczy działanie operacyjne AZT. W niniejszym etapie przewiduje się realizację przez Wykonawcę następujących zadań:

- szkolenie 6 osób (operatorów) zgodnie z programem szkoleń zaakceptowanym przez Zamawiającego;
- wykonanie trzech testów jakościowych i ilościowych (dostarczenie raportów działania w terminach do końca 1, 3 i 6 miesiąca działania AZT);
- przeprowadzenie dwóch kampanii kalibracyjnych (w 1 i 5 miesiącu działania AZT) polegających na dostarczeniu obserwacji satelitów nawigacyjnych GNSS (Flota GALILEO):
  - obserwacja co najmniej 3 (trzech) obiektów,
  - co najmniej po 50 (pięćdziesiąt) pomiarów na obiekt,
  - łączna ilość punktów pomiarowych minimum 200 (dwustu);
- wyznaczenie, na podstawie danych dostarczonych w ramach kampanii kalibracyjnych:
  - time-bias,
  - błędu średniokwadratowego RMS (ang. Root Mean Square);



- utrzymanie stanu gotowości AZT wraz z całym sprzętem i oprogramowaniem z nim związanym, w tym przeprowadzanie procesu aktualizacji oprogramowania;
- zapewnienie bezpieczeństwa infrastruktury AZT i danych obserwacyjnych;
- po upływie okresu gwarancji świadczenie usługi napraw wszelkich usterek sprzętu oraz oprogramowania;
- monitorowanie i diagnostyka całości systemu;
- przetwarzanie obserwacji SST oraz dostawa danych do centrum operacyjnego Zamawiającego w postaci plików w uzgodnionym formacie, np. TDM w wersji v.2.0 zgodnym ze standardem CCSDS, zgodnie z otrzymaną od Zamawiającego listą obiektów wraz z priorytetami obserwacji w tym w odpowiedzi na specjalne zamówienia (Tasking Requests);
- bieżące/robotyczne informowanie przedstawiciela Zamawiającego o realizowanych działaniach na AZT.

W okresie wdrożenia do użytkowania AZT Wykonawca przeprowadzi szkolenia dla personelu POLSA umożliwiające przejęcie działań operacyjnych. Potwierdzeniem realizacji działania będzie podpisany przez Zamawiającego Protokołów wdrożenia do użytkowania AZT oraz protokół/ły przeprowadzenia szkolenia/eń

## 4. Specyfikacja techniczna AZT

### 4.1 Lokalizacja

AZT ma być zlokalizowany w Afryce Południowej. Wskazaną lokalizację należy rozumieć jako obszar o średnicy 500 km z punktem środkowym stanowiącym lokalizację sensora Solaris-2. Preferowana lokalizacja to ta, gdzie znajduje się wyżej sensor Solaris-2. Wykonawca powinien zwrócić się do podmiotu zarządzającego terenem / infrastrukturą / farmą teleskopów, na której zlokalizowany jest w/w sensor z zapytaniem o możliwość wykorzystania lokalizacji.

### 4.2 Przyrządy optyczne i montaż

AZT powinien charakteryzować się łącznym polem widzenia 170 stopni kwadratowych. Rozmieszczenie poszczególnych teleskopów na montażach względem siebie powinno umożliwiać wybór obserwowanych obszarów sfery niebieskiej o zmiennej konfiguracji np.: w postaci kwadratu, prostokąta różnie skierowanego względem deklinacji i rektascensji lub innego kształtu.

W skład AZT wchodzi typy teleskopów o następujących parametrach:

- **Typ I: teleskopy przeglądowe o parametrach:** apertura: minimum 28 cm, światłością w zakresie: od  $f/0.9$  do  $f/1.5$ , wyposażone w zdalnie sterowany fokuser, pokrywę tubusa podgrzewanie optyki,
- **Typ II: teleskop przeglądowo-śledzący o parametrach:** apertura: minimum 40 cm, światłością:  $f/1.0$  -  $f/2.5$ , wyposażone w zdalnie sterowany fokuser, pokrywę tubusa i podgrzewanie optyki,
- **Typ III: teleskop śledzący o parametrach:** apertura: minimum 0.7 m, światłością w zakresie: od  $f/1.0$  -  $f/4.5$ , image circle=70mm, dwa ogniska Nasmytha, automatyczne rotatory pola, zdalnie sterowany fokuser, pokrywa tubusa, podgrzewanie optyki, szukacz 200mm  $f/2.0$ ;

**przy założeniu, że w AZT powinny się znajdować co najmniej dwa teleskopy Typu I oraz przynajmniej po jednym Typu II i Typu III.**

Teleskopy powinny być umieszczone na kilku montażach, maksymalnie po dwie tuby optyczne na jednym montażu, które muszą posiadać następujące własności:

- napędy bezpośrednie (direct-drive) z enkoderami w obydwu osiach (azymut, elewacja) umożliwiające sterowanie teleskopem i jego naprowadzanie na obserwowane obiekty,
- możliwość pracy w trybie azymutalnym dla ograniczenia miejsca zajmowanego przez teleskop i umożliwienia instalacji większej liczby montażu w tym samym miejscu,
- odpowiedni udźwig w stosunku do masy teleskopu dla ograniczenia zużycia sprzętu i zapewnienia odpowiedniej precyzji działania,
- precyzja celowania lepsza niż 10 arcsec,
- precyzja śledzenia za obiektem – nie gorsza niż 1 arcsec / 10 min.,
- maksymalna prędkość ruchu co najmniej:
  - 20°/s – teleskop Typu III;
  - 50°/s - teleskopy typu I oraz typu II;
- możliwość obserwacji obszaru nieba ze śledzeniem gwiazdowym oraz nie gwiazdowym,
- możliwość śledzenia sztucznych satelitów Ziemi na podstawie podanej efemerydy lub parametrów orbitalnych,
- dla teleskopów przeglądowych (typu I) i przeglądowo-śledzących (typu II) montażu powinny mieć następujące parametry:
  - montaż azymutalny direct-drive z maksymalną prędkością ruchu nie mniejszą niż 50°/s w obu osiach z wyposażeniem:
    - słup,
    - oprogramowanie umożliwiające śledzenie po dowolnej trajektorii,

W zależności od zaproponowanej konfiguracji AZT Wykonawca proponuje odpowiednią liczbę montażu oraz rozkład teleskopów na poszczególnych montażach oraz wyposażenie dodatkowe np. słup, na którym montaż zostanie zamontowany.

### 4.3 Kamery

AZT powinien być wyposażony w szybkie kamery typu sCMOS BSI 16-bit (ang. scientific CMOS) o parametrach:

- rozmiar piksela nie większy niż 10µm,
- możliwość wykonywania co najmniej 10 zdjęć na sekundę (fps),
- możliwość rejestracji momentu początku zdjęcia z dokładnością nie gorszą niż 1 milisekunda,
- prąd ciemny poniżej 0.15 e/pix/s (elektrony/piksel/sekundę),
- migawka elektroniczna,
- prawidłowe dopasowanie rozmiaru matrycy i rozmiaru piksela do danego systemu optycznego, gwarantujące uzyskanie optymalnej skali obrazu bez strat na optyce i matrycy,
- możliwość łączenia pikseli przynajmniej 2x2 (tzw. binning),
- minimalna wydajność kwantowa 60%,
- system umożliwiający chłodzenie kamery co najmniej o 40°C poniżej temperatury otoczenia.
- interfejs zapewniający transfer danych z kamer co najmniej 10 Gbit/s,

- moduł GNSS (GPS lub GALILEO) do rejestracji czasu niezależnie od komputera PC.

Dla teleskopów przeglądowych (typu I) i przeglądowo-śledzących (typu II) kamery powinny mieć następujące minimalne parametry:

- matryca o rozmiarach minimum 40x40mm i szumie odczytu poniżej 2 e/pix,

Dla teleskopu śledzącego (typu III) kamera powinna mieć następujące parametry:

- matryca o rozmiarach minimum 60x60mm i szumem odczytu poniżej 1 e/pix.

#### 4.4 Pawilony - kopuły

Wszystkie elementy AZT muszą być umieszczone w odpowiednich pawilonach obserwacyjnych – kopułach. W zależności od zaproponowanej konfiguracji AZT Wykonawca proponuje odpowiednie pawilony obserwacyjne, ich usytuowanie, uzbrojenie oraz ochronę przed niekorzystnymi zjawiskami meteorologicznymi.

Wykonawca przedstawi projekt ustawienia teleskopów w kopułach zapewniający całkowitą bezkolizyjność w przypadku dowolnych ruchów poszczególnych teleskopów.

Pawilony obserwacyjne muszą być zintegrowane ze stacją meteorologiczną lub podłączone do systemów obserwacyjnych meteorologicznych, w celu podjęcia odpowiedniej reakcji w przypadku niekorzystnych warunków meteorologicznych (śnieg, ulewa, wyładowania atmosferyczne, huragan) automatycznie bez ingerencji operatora i na jego żądanie.

Wykonawca wyposaży pawilon obserwacyjny w autonomiczny system zasilania awaryjnego umożliwiający bezpieczne zamknięcie pawilonów obserwacyjnych i wyłączenie sprzętu w przypadku awarii zasilania podstawowego. Zasilacze awaryjne powinny charakteryzować wydajność zdolną obsłużyć wszystkie komponenty AZT jednocześnie przez co najmniej 3 minuty.

Lokalizacja kopuł powinna spełniać warunki bezpieczeństwa fizycznego, tj. zamknięty teren z ograniczonym dostępem osób. Pawilon musi być wyposażony w system monitoringu video 24/7 z dostępem zdalnym do obrazu w trybie live oraz do danych archiwalnych z minimum 72h wstecz. System powinien być złożony z kamer nocnych bez oświetlaczy podczerwonych (promienników podczerwieni).

#### 4.5 Wyposażenie dodatkowe

AZT musi być wyposażona co najmniej w następujące elementy:

- astronomiczna stacja pogodowa z czujnikiem zachmurzenia, opadów i wiatru,
- kamera typu rybie oko (tzw. allsky) do optycznej oceny i przeglądu warunków pogodowych,
- lokalny serwer czasu NTP wykorzystujący odbiornik GNSS (GPS lub GALILEO),
- klimatyzacja sprzętu komputerowego w kopule,
- podgrzewacze/odraszacze optyki (jeśli nie są wyposażeniem standardowym teleskopów),
- router i modem z możliwością przełączenia na łączność awaryjną,
- przełączniki i inne elementy gigabitowej sieci lokalnej; wymagane są połączenia kablowe zamiast WiFi,
- system zdalnego sterowania zasilaniem każdego urządzenia,

#### 4.6 Systemy komputerowe

AZT powinien być wyposażony w sprzęt komputerowy wraz z oprogramowaniem zapewniającym:

- sterowanie i obsługę AZT w trybie zdalnym oraz stacjonarnym,
- kontrolę bieżącą stanu AZT,
- automatyzację zadaniowania i odczytu statusów elementów infrastruktury obiektu,
- przygotowanie planu obserwacyjnego,
- wykonanie obliczeń astrometrycznych i fotometrycznych,
- wykonanie obserwacji,
- wstępną obróbkę i redukcję obserwacji,
- zapisanie wyników obserwacji do lokalnej bazy oraz transfer danych obserwacyjnych do centrum operacyjnego Zamawiającego,
- realizację zadania „tracking” przy wykorzystaniu techniki „Synthetic Tracking”, tj. wyznaczania parametrów fizycznych ruchu orbitalnego sztucznego obiektu kosmicznego na podstawie nakładania na siebie surowych zobrażeń w odstępach czasu mniejszych niż 10 klatek na sekundę (10fps),
- obsługę wszystkich komponentów jednocześnie, w tym: kopuły, montażów, kamer, fokuserów, stacji pogodowej, oprogramowania do analizy i procesowania danych, lokalnego serwera czasu z odbiornikiem GNSS, kamery allsky, monitoringu video,
- wymianę danych poprzez sieć Internet, pomiędzy AZT a centrum operacyjnym Zamawiającego, w czasie rzeczywistym w celu zadaniowania, monitorowania, konserwacji oraz przesyłania wyników przetwarzanych na miejscu,
- gromadzenie i przechowywanie danych co najmniej z okresu 5 miesięcy.

Sprzęt komputerowy powinien być wyposażony:

- system KVM IP do każdego zainstalowanego komputera (o ile nie jest na wyposażeniu standardowym komputerów).
- obudowę w standardzie rack.

## OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

Dostawa i instalacja Automatycznych Zestawów Teleskopowych (AZT) wraz z usługą wdrożenia do użytkowania.

Część V – VLA Oceania (Australia)

### 1. Wstęp

Przedmiot zamówienia obejmuje zadanie dostarczenia, montażu i uruchomienia Automatycznego Zestawu Teleskopowego (AZT) do celów obserwacji optycznej sztucznych obiektów kosmicznych na orbitach okołozemskich do celów SST ang. „Space Surveillance and Tracking”. **AZT jest rozumiany, jako zestaw niezależnych teleskopów na kilku montażach zdolnych do obserwacji nieba o łącznym polu widzenia 170 stopni kwadratowych.** AZT ma być zlokalizowany w Oceanii. Wskazaną lokalizację należy rozumieć jako obszar o średnicy 500 km z punktem środkowym stanowiącym lokalizację sensora Solaris-3. Preferowana lokalizacja to ta, gdzie znajduje się sensor Solaris-3. Wykonawca powinien zwrócić się do podmiotu zarządzającego terenem / infrastrukturą / farmą teleskopów, na której zlokalizowany jest w/w sensor z zapytaniem o możliwość wykorzystania lokalizacji.

AZT mają za zadanie wykonywania obserwacji w trybie przeglądu ang. „survey” przy jednoczesnej możliwości wykorzystania trybu śledzenia ang. „tracking”. AZT powinien umożliwiać obserwacje wszystkich typów obiektów satelitarnych poruszających się na orbitach: GEO, MEO, HEO, HLEO, oraz LEO. AZT w trybie „survey” powinien umożliwiać obserwacje obiektów o rozmiarach minimum: 35 cm na orbicie GEO (cross section), 8 cm na orbicie LEO (cross section).

AZT powinien posiadać wysoką autonomizację systemu umożliwiającą pracę zdalną, w trybie robotycznym, bez bezpośredniego udziału obserwatora. Zestaw powinien składać się z elementów optycznych (teleskopów), montażu, kamer (czujniki sCMOS), niezbędnego oprogramowania i sprzętu IT do sterowania, monitorowania działania, przetwarzania i przesyłania danych obserwacyjnych.

Zamawiający zakłada możliwość realizacji zadania „tracking” również przy wykorzystaniu techniki „Synthetic Tracking”, tj. wyznaczania parametrów fizycznych ruchu orbitalnego sztucznego obiektu kosmicznego na podstawie nakładania na siebie surowych zobrażeń wykonanych z częstotliwością co najmniej 10 klatek na sekundę (10fps).

Dostawa i montaż przedmiotowego AZT stanowi element działania realizowanego przez Zamawiającego, którego celem jest modernizacja sieci sensorów do celów SST w ramach Konsorcjum EUSST i grantu 2-3SST2018-20 i do realizacji zadań statutowych Zamawiającego. Przedmiot zamówienia Wykonawca zrealizuje zgodnie z ustaleniami i parametrami podanymi poniżej, zawartymi w niniejszym OPZ.

### 2. Kwestie formalno-prawne

W ramach przedmiotu zamówienia Wykonawca zapewni:

- doradztwo polegające na opracowaniu analizy w zakresie możliwych lokalizacji AZT.

Analiza powinna zawierać co najmniej optymalizację finansową, logistyczną i operacyjną przedsięwzięcia, w tym zapewnienia bezpieczeństwa fizycznego AZT oraz bezpieczeństwa przesyłanych danych;

- wsparcie w rozmowach/negocjacjach związanych z uzyskaniem dostępu (dzierżawa) przez Zamawiającego do wybranej lokalizacji;
- doradztwo w zakresie podpisania umowy pomiędzy Zamawiającym, a właścicielem terenu, na którym zainstalowany zostanie AZT;
- doradztwo w zakresie kwestii prawnych, zezwoleń, odpowiedzialności oraz innych zobowiązań, które przyjmuje na siebie Zamawiający wraz z eksploatacją AZT we wskazanej lokalizacji;
- ubezpieczenia AZT w okresie do odbioru końcowego w docelowej lokalizacji, z uwzględnieniem komponentów stanowiących własność Zamawiającego oraz doradztwo w zakresie wyboru ubezpieczyciela AZT w okresie następującym po oddaniu do użytkowania;
- sporządzenie kosztorysu eksploatacji AZT, ze wskazaniem ryzyka powstania kosztów dodatkowych oraz ich zakresu i prawdopodobieństwa.

### 3. Etapy realizacji umowy

#### 3.1 Projekt techniczny AZT - do 3 miesięcy od daty podpisania umowy

Wykonawca przedstawi Zamawiającemu do akceptacji projekt techniczny AZT, w którym zawrze m.in.:

- schemat blokowy i funkcjonalny AZT;
- schematy podłączenia do instalacji elektrycznej, instalacji przesyłania informacji cyfrowych;
- wykaz głównych podzespołów i komponentów AZT w raz z ich opisem technicznym;
- wykazy części zamiennych wchodzących w skład AZT w tym ich nazw własnych, symboli i oznaczeń oraz producenta;

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego protokół odbioru projektu technicznego.

#### 3.2 Kompletowanie komponentów - do 10 miesięcy od daty podpisania umowy

Wykonawca zobowiązany jest do skompletowania komponentów przedmiotu Umowy, zgodnie z projektem technicznym.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego protokół odbioru skompletowanych komponentów.

#### 3.3 Transport - do 11 miesięcy od daty podpisania umowy

Wykonawca zapewni pakowanie, transport do miejsca docelowego oraz ubezpieczenie wszystkich komponentów AZT.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół dostawy komponentów AZT do docelowej lokalizacji.

### **3.4 Instalacja i integracja - do 14 miesięcy od daty podpisania umowy**

Wykonawca wykona AZT zgodnie z projektem technicznym i dokumentacją techniczną. Przeprowadzi ich instalację i integrację w miejscu docelowym użytkowania. Wykonawca dostarczy oraz zintegruje oprogramowanie procesujące surowe dane, do postaci plików w formacie Tracking Data Message (TDM) w wersji co najmniej v.2.0 zgodnym ze standardem CCSDS, umożliwiające automatyczne wysyłanie przetworzonych danych do centrum operacyjnego Zamawiającego. Wykonawca dostarczy do centrum operacyjnego Zamawiającego hardware oraz oprogramowanie do zdalnego monitorowania i zadaniowania obserwacji. Oprogramowanie zostanie zainstalowane oraz skonfigurowane.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół dostawy, instalacji i integracji AZT.

### **3.5 Uruchomienie/walidacja - do 15 miesięcy od daty podpisania umowy, nie później niż do 31.05.2023 r.**

Wykonawca jest zobowiązany do uruchomienia AZT oraz jego walidacji. Wykonawca zaproponuje i przedstawi do akceptacji Zamawiającego program szkolenia w zakresie bezpiecznego i optymalnego użytkowania AZT dla 6 osób. Każda z przeszkolonych osób powinna uzyskać certyfikat nadający uprawnienia do szkolenia kolejnych operatorów.

AZT powinien wykonać kampanię testową obserwując satelity na orbitach LEO, MEO, GEO, HEO zgodnie z otrzymaną od Zamawiającego listą obiektów wraz z priorytetami obserwacji. Ocenie będzie podlegała skuteczność wykonania zaplanowanych obserwacji. W szczególności wymagane jest wykonanie udanych obserwacji obiektów o rozmiarach opisanych w niniejszym OPZ, a więc 35 cm na orbicie GEO oraz 8 cm na orbicie LEO.

W ramach realizacji zadania Wykonawca przedstawi operat szacunkowy długoterminowej eksploatacji na termin obejmujący min. 5 lat.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół uruchomienia, walidacji i odbioru AZT.

### **3.6 Wdrożenie do operacyjnego wykorzystania – (test run)**

Wykonawca, przez okres 6 miesięcy od dnia zakończenia etapu uruchomienia/walidacji, zabezpieczy działanie operacyjne AZT. W niniejszym etapie przewiduje się realizację przez Wykonawcę następujących zadań:

- szkolenie 6 osób (operatorów) zgodnie z programem szkoleń zaakceptowanym przez Zamawiającego;
- wykonanie trzech testów jakościowych i ilościowych (dostarczenie raportów działania w terminach do końca 1, 3 i 6 miesiąca działania AZT);
- przeprowadzenie dwóch kampanii kalibracyjnych (w 1 i 5 miesiącu działania AZT) polegających na dostarczeniu obserwacji satelitów nawigacyjnych GNSS (Flota GALILEO):
  - obserwacja co najmniej 3 (trzech) obiektów,
  - co najmniej po 50 (pięćdziesiąt) pomiarów na obiekt,
  - łączna ilość punktów pomiarowych minimum 200 (dwustu);
- wyznaczenie, na podstawie danych dostarczonych w ramach kampanii kalibracyjnych:
  - time-bias,
  - błędu średniokwadratowego RMS (ang. Root Mean Square);

- utrzymanie stanu gotowości AZT wraz z całym sprzętem i oprogramowaniem z nim związanym, w tym przeprowadzanie procesu aktualizacji oprogramowania;
- zapewnienie bezpieczeństwa infrastruktury AZT i danych obserwacyjnych;
- po upływie okresu gwarancji świadczenie usługi napraw wszelkich usterek sprzętu oraz oprogramowania;
- monitorowanie i diagnostyka całości systemu;
- przetwarzanie obserwacji SST oraz dostawa danych do centrum operacyjnego Zamawiającego w postaci plików w uzgodnionym formacie, np. TDM w wersji v.2.0 zgodnym ze standardem CCSDS, zgodnie z otrzymaną od Zamawiającego listą obiektów wraz z priorytetami obserwacji w tym w odpowiedzi na specjalne zamówienia (Tasking Requests);
- bieżące/robotyczne informowanie przedstawiciela Zamawiającego o realizowanych działaniach na AZT.

W okresie wdrożenia do użytkowania AZT Wykonawca przeprowadzi szkolenia dla personelu POLSA umożliwiające przejęcie działań operacyjnych. Potwierdzeniem realizacji działania będzie podpisany przez Zamawiającego Protokołów wdrożenia do użytkowania AZT oraz protokół/ły przeprowadzenia szkolenia/eń

## 4. Specyfikacja techniczna AZT

### 4.1 Lokalizacja

AZT ma być zlokalizowany w Oceanii. Wskazaną lokalizację należy rozumieć jako obszar o średnicy 500 km z punktem środkowym stanowiącym lokalizację sensora Solaris-3. Preferowana lokalizacja to ta, gdzie znajduje się wyżej sensor Solaris-3. Wykonawca powinien zwrócić się do podmiotu zarządzającego terenem / infrastrukturą / farmą teleskopów, na której zlokalizowany jest w/w sensor z zapytaniem o możliwość wykorzystania lokalizacji.

### 4.2 Przyrządy optyczne i montaż

AZT powinien charakteryzować się łącznym polem widzenia 170 stopni kwadratowych. Rozmieszczenie poszczególnych teleskopów na montażach względem siebie powinno umożliwiać wybór obserwowanych obszarów sfery niebieskiej o zmiennej konfiguracji np.: w postaci kwadratu, prostokąta różnie skierowanego względem deklinacji i rektascensji lub innego kształtu.

W skład AZT wchodzi typy teleskopów o następujących parametrach:

- **Typ I: teleskopy przeglądowe o parametrach:** apertura: minimum 28 cm, światłością w zakresie: od  $f/0.9$  do  $f/1.5$ , wyposażone w zdalnie sterowany fokuser, pokrywę tubusa podgrzewanie optyki,
- **Typ II: teleskop przeglądowo-śledzący o parametrach:** apertura: minimum 40 cm, światłością:  $f/1.0$  -  $f/2.5$ , wyposażone w zdalnie sterowany fokuser, pokrywę tubusa i podgrzewanie optyki,
- **Typ III: teleskop śledzący o parametrach:** apertura: minimum 0.7 m, światłością w zakresie: od  $f/1.0$  -  $f/4.5$ , image circle=70mm, dwa ogniska Nasmytha, automatyczne rotatory pola, zdalnie sterowany fokuser, pokrywa tubusa, podgrzewanie optyki, szukacz 200mm  $f/2.0$ ;



**przy założeniu, że w AZT powinny się znajdować co najmniej dwa teleskopy Typu I oraz przynajmniej po jednym Typu II i Typu III.**

Teleskopy powinny być umieszczone na kilku montażach, maksymalnie po dwie tuby optyczne na jednym montażu, które muszą posiadać następujące własności:

- napędy bezpośrednie (direct-drive) z enkoderami w obydwu osiach (azymut, elewacja) umożliwiające sterowanie teleskopem i jego naprowadzanie na obserwowane obiekty,
- możliwość pracy w trybie azymutalnym dla ograniczenia miejsca zajmowanego przez teleskop i umożliwienia instalacji większej liczby montażu w tym samym miejscu,
- odpowiedni udźwig w stosunku do masy teleskopu dla ograniczenia zużycia sprzętu i zapewnienia odpowiedniej precyzji działania,
- precyzja celowania lepsza niż 10 arcsec,
- precyzja śledzenia za obiektem – nie gorsza niż 1 arcsec / 10 min.,
- maksymalna prędkość ruchu co najmniej:
  - 20°/s – teleskop Typu III;
  - 50°/s - teleskopy typu I oraz typu II;
- możliwość obserwacji obszaru nieba ze śledzeniem gwiazdowym oraz nie gwiazdowym,
- możliwość śledzenia sztucznych satelitów Ziemi na podstawie podanej efemerydy lub parametrów orbitalnych,
- dla teleskopów przeglądowych (typu I) i przeglądowo-śledzących (typu II) montażu powinny mieć następujące parametry:
  - montaż azymutalny direct-drive z maksymalną prędkością ruchu nie mniejszą niż 50°/s w obu osiach z wyposażeniem:
    - słup,
    - oprogramowanie umożliwiające śledzenie po dowolnej trajektorii,

W zależności od zaproponowanej konfiguracji AZT Wykonawca proponuje odpowiednią liczbę montażu oraz rozkład teleskopów na poszczególnych montażach oraz wyposażenie dodatkowe np. słup, na którym montaż zostanie zamontowany.

### 4.3 Kamery

AZT powinien być wyposażony w szybkie kamery typu sCMOS BSI 16-bit (ang. scientific CMOS) o parametrach:

- rozmiar piksela nie większy niż 10µm,
- możliwość wykonywania co najmniej 10 zdjęć na sekundę (fps),
- możliwość rejestracji momentu początku zdjęcia z dokładnością nie gorszą niż 1 milisekunda,
- prąd ciemny poniżej 0.15 e/pix/s (elektrony/piksel/sekundę),
- migawka elektroniczna,
- prawidłowe dopasowanie rozmiaru matrycy i rozmiaru piksela do danego systemu optycznego, gwarantujące uzyskanie optymalnej skali obrazu bez strat na optyce i matrycy,
- możliwość łączenia pikseli przynajmniej 2x2 (tzw. binning),
- minimalna wydajność kwantowa 60%,
- system umożliwiający chłodzenie kamery co najmniej o 40°C poniżej temperatury otoczenia.
- interfejs zapewniający transfer danych z kamer co najmniej 10 Gbit/s,

- moduł GNSS (GPS lub GALILEO) do rejestracji czasu niezależnie od komputera PC.

Dla teleskopów przeglądowych (typu I) i przeglądowo-śledzących (typu II) kamery powinny mieć następujące minimalne parametry:

- matryca o rozmiarach minimum 40x40mm i szumie odczytu poniżej 2 e/pix,

Dla teleskopu śledzącego (typu III) kamera powinna mieć następujące parametry:

- matryca o rozmiarach minimum 60x60mm i szumem odczytu poniżej 1 e/pix.

#### 4.4 Pawilony - kopuły

Wszystkie elementy AZT muszą być umieszczone w odpowiednich pawilonach obserwacyjnych – kopułach. W zależności od zaproponowanej konfiguracji AZT Wykonawca proponuje odpowiednie pawilony obserwacyjne, ich usytuowanie, uzbrojenie oraz ochronę przed niekorzystnymi zjawiskami meteorologicznymi.

Wykonawca przedstawi projekt ustawienia teleskopów w kopułach zapewniający całkowitą bezkolizyjność w przypadku dowolnych ruchów poszczególnych teleskopów.

Pawilony obserwacyjne muszą być zintegrowane ze stacją meteorologiczną lub podłączone do systemów obserwacyjnych meteorologicznych, w celu podjęcia odpowiedniej reakcji w przypadku niekorzystnych warunków meteorologicznych (śnieg, ulewa, wyładowania atmosferyczne, huragan) automatycznie bez ingerencji operatora i na jego żądanie.

Wykonawca wyposaży pawilon obserwacyjny w autonomiczny system zasilania awaryjnego umożliwiający bezpieczne zamknięcie pawilonów obserwacyjnych i wyłączenie sprzętu w przypadku awarii zasilania podstawowego. Zasilacze awaryjne powinny charakteryzować wydajność zdolną obsłużyć wszystkie komponenty AZT jednocześnie przez co najmniej 3 minuty.

Lokalizacja kopuł powinna spełniać warunki bezpieczeństwa fizycznego, tj. zamknięty teren z ograniczonym dostępem osób. Pawilon musi być wyposażony w system monitoringu video 24/7 z dostępem zdalnym do obrazu w trybie live oraz do danych archiwalnych z minimum 72h wstecz. System powinien być złożony z kamer nocnych bez oświetlaczy podczerwonych (promienników podczerwieni).

#### 4.5 Wyposażenie dodatkowe

AZT musi być wyposażona co najmniej w następujące elementy:

- astronomiczna stacja pogodowa z czujnikiem zachmurzenia, opadów i wiatru,
- kamera typu rybie oko (tzw. allsky) do optycznej oceny i przeglądu warunków pogodowych,
- lokalny serwer czasu NTP wykorzystujący odbiornik GNSS (GPS lub GALILEO),
- klimatyzacja sprzętu komputerowego w kopule,
- podgrzewacze/odraszacze optyki (jeśli nie są wyposażeniem standardowym teleskopów),
- router i modem z możliwością przełączenia na łączność awaryjną,
- przełączniki i inne elementy gigabitowej sieci lokalnej; wymagane są połączenia kablowe zamiast WiFi,
- system zdalnego sterowania zasilaniem każdego urządzenia,

#### 4.6 Systemy komputerowe

AZT powinien być wyposażony w sprzęt komputerowy wraz z oprogramowaniem zapewniającym:

- sterowanie i obsługę AZT w trybie zdalnym oraz stacjonarnym,
- kontrolę bieżącą stanu AZT,
- automatyzację zadaniowania i odczytu statusów elementów infrastruktury obiektu,
- przygotowanie planu obserwacyjnego,
- wykonanie obliczeń astrometrycznych i fotometrycznych,
- wykonanie obserwacji,
- wstępną obróbkę i redukcję obserwacji,
- zapisanie wyników obserwacji do lokalnej bazy oraz transfer danych obserwacyjnych do centrum operacyjnego Zamawiającego,
- realizację zadania „tracking” przy wykorzystaniu techniki „Synthetic Tracking”, tj. wyznaczania parametrów fizycznych ruchu orbitalnego sztucznego obiektu kosmicznego na podstawie nakładania na siebie surowych zobrazowań w odstępach czasu mniejszych niż 10 klatek na sekundę (10fps),
- obsługę wszystkich komponentów jednocześnie, w tym: kopuły, montażów, kamer, fokuserów, stacji pogodowej, oprogramowania do analizy i procesowania danych, lokalnego serwera czasu z odbiornikiem GNSS, kamery allsky, monitoringu video,
- wymianę danych poprzez sieć Internet, pomiędzy AZT a centrum operacyjnym Zamawiającego, w czasie rzeczywistym w celu zadaniowania, monitorowania, konserwacji oraz przesyłania wyników przetwarzanych na miejscu,
- gromadzenie i przechowywanie danych co najmniej z okresu 5 miesięcy.

Sprzęt komputerowy powinien być wyposażony:

- system KVM IP do każdego zainstalowanego komputera (o ile nie jest na wyposażeniu standardowym komputerów).
- obudowę w standardzie rack.

## OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

Dostawa i instalacja Automatycznych Zestawów Teleskopowych (AZT) wraz z usługą wdrożenia do użytkowania.

Część VI – VLA Stany Zjednoczone (Ocean Spokojny)

### 1. Wstęp

Przedmiot zamówienia obejmuje zadanie dostarczenia, montażu i uruchomienia Automatycznego Zestawu Teleskopowego (AZT) do celów obserwacji optycznej sztucznych obiektów kosmicznych na orbitach okołozemskich do celów SST ang. „Space Surveillance and Tracking”. **AZT jest rozumiany, jako zestaw niezależnych teleskopów na kilku montażach zdolnych do obserwacji nieba o łącznym polu widzenia 170 stopni kwadratowych.** AZT ma być zlokalizowany w Stanach Zjednoczonych na (Ocean Spokojny). Wskazaną lokalizację należy rozumieć jako obszar o średnicy 500 km z punktem środkowym stanowiącym lokalizację sensora Solaris-5. Preferowana lokalizacja to ta, gdzie znajduje się sensor Solaris-5. Wykonawca powinien zwrócić się do podmiotu zarządzającego terenem / infrastrukturą / farmą teleskopów, na której zlokalizowany jest w/w sensor z zapytaniem o możliwość wykorzystania lokalizacji.

AZT mają za zadanie wykonywania obserwacji w trybie przeglądu ang. „survey” przy jednoczesnej możliwości wykorzystania trybu śledzenia ang. „tracking”. AZT powinien umożliwiać obserwacje wszystkich typów obiektów satelitarnych poruszających się na orbitach: GEO, MEO, HEO, HLEO, oraz LEO. AZT w trybie „survey” powinien umożliwiać obserwacje obiektów o rozmiarach minimum: 35 cm na orbicie GEO (cross section), 8 cm na orbicie LEO (cross section).

AZT powinien posiadać wysoką autonomizację systemu umożliwiającą pracę zdalną, w trybie robotycznym, bez bezpośredniego udziału obserwatora. Zestaw powinien składać się z elementów optycznych (teleskopów), montażu, kamer (czujniki sCMOS), niezbędnego oprogramowania i sprzętu IT do sterowania, monitorowania działania, przetwarzania i przesyłania danych obserwacyjnych.

Zamawiający zakłada możliwość realizacji zadania „tracking” również przy wykorzystaniu techniki „Synthetic Tracking”, tj. wyznaczania parametrów fizycznych ruchu orbitalnego sztucznego obiektu kosmicznego na podstawie nakładania na siebie surowych zobrażeń wykonanych z częstotliwością co najmniej 10 klatek na sekundę (10fps).

Dostawa i montaż przedmiotowego AZT stanowi element działania realizowanego przez Zamawiającego, którego celem jest modernizacja sieci sensorów do celów SST w ramach Konsorcjum EUSST i grantu 2-3SST2018-20 i do realizacji zadań statutowych Zamawiającego. Przedmiot zamówienia Wykonawca zrealizuje zgodnie z ustaleniami i parametrami podanymi poniżej, zawartymi w niniejszym OPZ.

### 2. Kwestie formalno-prawne

W ramach przedmiotu zamówienia Wykonawca zapewni:

- doradztwo polegające na opracowaniu analizy w zakresie możliwych lokalizacji AZT.

Analiza powinna zawierać co najmniej optymalizację finansową, logistyczną i operacyjną przedsięwzięcia, w tym zapewnienia bezpieczeństwa fizycznego AZT oraz bezpieczeństwa przesyłanych danych;

- wsparcie w rozmowach/negocjacjach związanych z uzyskaniem dostępu (dzierżawa) przez Zamawiającego do wybranej lokalizacji;
- doradztwo w zakresie podpisania umowy pomiędzy Zamawiającym, a właścicielem terenu, na którym zainstalowany zostanie AZT;
- doradztwo w zakresie kwestii prawnych, zezwoleń, odpowiedzialności oraz innych zobowiązań, które przyjmuje na siebie Zamawiający wraz z eksploatacją AZT we wskazanej lokalizacji;
- ubezpieczenia AZT w okresie do odbioru końcowego w docelowej lokalizacji, z uwzględnieniem komponentów stanowiących własność Zamawiającego oraz doradztwo w zakresie wyboru ubezpieczyciela AZT w okresie następującym po oddaniu do użytkowania;
- sporządzenie kosztorysu eksploatacji AZT, ze wskazaniem ryzyka powstania kosztów dodatkowych oraz ich zakresu i prawdopodobieństwa.

### 3. Etapy realizacji umowy

#### 3.1 Projekt techniczny AZT - do 3 miesięcy od daty podpisania umowy

Wykonawca przedstawi Zamawiającemu do akceptacji projekt techniczny AZT, w którym zawrze m.in.:

- schemat blokowy i funkcjonalny AZT;
- schematy podłączenia do instalacji elektrycznej, instalacji przesyłania informacji cyfrowych;
- wykaz głównych podzespołów i komponentów AZT w raz z ich opisem technicznym;
- wykazy części zamiennych wchodzących w skład AZT w tym ich nazw własnych, symboli i oznaczeń oraz producenta;

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego protokół odbioru projektu technicznego.

#### 3.2 Kompletowanie komponentów - do 10 miesięcy od daty podpisania umowy

Wykonawca zobowiązany jest do skompletowania komponentów przedmiotu Umowy, zgodnie z projektem technicznym.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego protokół odbioru skompletowanych komponentów.

#### 3.3 Transport - do 11 miesięcy od daty podpisania umowy

Wykonawca zapewni pakowanie, transport do miejsca docelowego oraz ubezpieczenie wszystkich komponentów AZT.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół dostawy komponentów AZT do docelowej lokalizacji.

#### **3.4 Instalacja i integracja - do 14 miesięcy od daty podpisania umowy**

Wykonawca wykona AZT zgodnie z projektem technicznym i dokumentacją techniczną. Przeprowadzi ich instalację i integrację w miejscu docelowym użytkowania. Wykonawca dostarczy oraz zintegruje oprogramowanie procesujące surowe dane, do postaci plików w formacie Tracking Data Message (TDM) w wersji co najmniej v.2.0 zgodnym ze standardem CCSDS, umożliwiające automatyczne wysyłanie przetworzonych danych do centrum operacyjnego Zamawiającego. Wykonawca dostarczy do centrum operacyjnego Zamawiającego hardware oraz oprogramowanie do zdalnego monitorowania i zadaniowania obserwacji. Oprogramowanie zostanie zainstalowane oraz skonfigurowane.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół dostawy, instalacji i integracji AZT.

#### **3.5 Uruchomienie/walidacja - do 15 miesięcy od daty podpisania umowy, nie później niż do 31.05.2023 r.**

Wykonawca jest zobowiązany do uruchomienia AZT oraz jego walidacji. Wykonawca zaproponuje i przedstawi do akceptacji Zamawiającego program szkolenia w zakresie bezpiecznego i optymalnego użytkowania AZT dla 6 osób. Każda z przeszkolonych osób powinna uzyskać certyfikat nadający uprawnienia do szkolenia kolejnych operatorów.

AZT powinien wykonać kampanię testową obserwując satelity na orbitach LEO, MEO, GEO, HEO zgodnie z otrzymaną od Zamawiającego listą obiektów wraz z priorytetami obserwacji. Ocenie będzie podlegała skuteczność wykonania zaplanowanych obserwacji. W szczególności wymagane jest wykonanie udanych obserwacji obiektów o rozmiarach opisanych w niniejszym OPZ, a więc 35 cm na orbicie GEO oraz 8 cm na orbicie LEO.

W ramach realizacji zadania Wykonawca przedstawi operat szacunkowy długoterminowej eksploatacji na termin obejmujący min. 5 lat.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół uruchomienia, walidacji i odbioru AZT.

#### **3.6 Wdrożenie do operacyjnego wykorzystania – (test run)**

Wykonawca, przez okres 6 miesięcy od dnia zakończenia etapu uruchomienia/walidacji, zabezpieczy działanie operacyjne AZT. W niniejszym etapie przewiduje się realizację przez Wykonawcę następujących zadań:

- szkolenie 6 osób (operatorów) zgodnie z programem szkoleń zaakceptowanym przez Zamawiającego;
- wykonanie trzech testów jakościowych i ilościowych (dostarczenie raportów działania w terminach do końca 1, 3 i 6 miesiąca działania AZT);
- przeprowadzenie dwóch kampanii kalibracyjnych (w 1 i 5 miesiącu działania AZT) polegających na dostarczeniu obserwacji satelitów nawigacyjnych GNSS (Flota GALILEO):
  - obserwacja co najmniej 3 (trzech) obiektów,
  - co najmniej po 50 (pięćdziesiąt) pomiarów na obiekt,
  - łączna ilość punktów pomiarowych minimum 200 (dwustu);
- wyznaczenie, na podstawie danych dostarczonych w ramach kampanii kalibracyjnych:
  - time-bias,
  - błędu średniokwadratowego RMS (ang. Root Mean Square);

- utrzymanie stanu gotowości AZT wraz z całym sprzętem i oprogramowaniem z nim związanym, w tym przeprowadzanie procesu aktualizacji oprogramowania;
- zapewnienie bezpieczeństwa infrastruktury AZT i danych obserwacyjnych;
- po upływie okresu gwarancji świadczenie usługi napraw wszelkich usterek sprzętu oraz oprogramowania;
- monitorowanie i diagnostyka całości systemu;
- przetwarzanie obserwacji SST oraz dostawa danych do centrum operacyjnego Zamawiającego w postaci plików w uzgodnionym formacie, np. TDM w wersji v.2.0 zgodnym ze standardem CCSDS, zgodnie z otrzymaną od Zamawiającego listą obiektów wraz z priorytetami obserwacji w tym w odpowiedzi na specjalne zamówienia (Tasking Requests);
- bieżące/robocze informowanie przedstawiciela Zamawiającego o realizowanych działaniach na AZT.

W okresie wdrożenia do użytkowania AZT Wykonawca przeprowadzi szkolenia dla personelu POLSA umożliwiające przejęcie działań operacyjnych. Potwierdzeniem realizacji działania będzie podpisany przez Zamawiającego Protokołów wdrożenia do użytkowania AZT oraz protokół/ły przeprowadzenia szkolenia/eń

#### 4. Specyfikacja techniczna AZT

##### 4.1 Lokalizacja

AZT ma być zlokalizowany w Stanach Zjednoczonych (Ocean Spokojny). Wskazaną lokalizację należy rozumieć jako obszar o średnicy 500 km z punktem środkowym stanowiącym lokalizację sensora Solaris-5. Preferowana lokalizacja to ta, gdzie znajduje się wyżej sensor Solaris-5. Wykonawca powinien zwrócić się do podmiotu zarządzającego terenem / infrastrukturą / farmą teleskopów, na której zlokalizowany jest w/w sensor z zapytaniem o możliwość wykorzystania lokalizacji.

##### 4.2 Przyrządy optyczne i montaż

AZT powinien charakteryzować się łącznym polem widzenia 170 stopni kwadratowych. Rozmieszczenie poszczególnych teleskopów na montażach względem siebie powinno umożliwiać wybór obserwowanych obszarów sfery niebieskiej o zmiennej konfiguracji np.: w postaci kwadratu, prostokąta różnie skierowanego względem deklinacji i rektascensji lub innego kształtu.

W skład AZT wchodzi typy teleskopów o następujących parametrach:

- **Typ I: teleskopy przeglądowe o parametrach:** apertura: minimum 28 cm, światłosiła w zakresie: od  $f/0.9$  do  $f/1.5$ , wyposażone w zdalnie sterowany fokuser, pokrywę tubusa podgrzewanie optyki,
- **Typ II: teleskop przeglądowo-śledzący o parametrach:** apertura: minimum 40 cm, światłosiła:  $f/1.0$  -  $f/2.5$ , wyposażone w zdalnie sterowany fokuser, pokrywę tubusa i podgrzewanie optyki,
- **Typ III: teleskop śledzący o parametrach:** apertura: minimum 0.7 m, światłosiłą w zakresie: od  $f/1.0$  -  $f/4.5$ , image circle=70mm, dwa ogniska Nasmytha, automatyczne rotatory pola, zdalnie sterowany fokuser, pokrywa tubusa, podgrzewanie optyki, szukacz 200mm  $f/2.0$ ;

**przy założeniu, że w AZT powinny się znajdować co najmniej dwa teleskopy Typu I oraz przynajmniej po jednym Typu II i Typu III.**

Teleskopy powinny być umieszczone na kilku montażach, maksymalnie po dwie tuby optyczne na jednym montażu, które muszą posiadać następujące własności:

- napędy bezpośrednie (direct-drive) z enkoderami w obydwu osiach (azymut, elewacja) umożliwiające sterowanie teleskopem i jego naprowadzanie na obserwowane obiekty,
- możliwość pracy w trybie azymutalnym dla ograniczenia miejsca zajmowanego przez teleskop i umożliwienia instalacji większej liczby montażu w tym samym miejscu,
- odpowiedni udźwig w stosunku do masy teleskopu dla ograniczenia zużycia sprzętu i zapewnienia odpowiedniej precyzji działania,
- precyzja celowania lepsza niż 10 arcsec,
- precyzja śledzenia za obiektem – nie grosza niż 1 arcsec / 10 min.,
- maksymalna prędkość ruchu co najmniej:
  - 20°/s – teleskop Typu III;
  - 50°/s - teleskopy typu I oraz typu II;
- możliwość obserwacji obszaru nieba ze śledzeniem gwiazdowym oraz nie gwiazdowym,
- możliwość śledzenia sztucznych satelitów Ziemi na podstawie podanej efemerydy lub parametrów orbitalnych,
- dla teleskopów przeglądowych (typu I) i przeglądowo-śledzących (typu II) montażu powinny mieć następujące parametry:
  - montaż azymutalny direct-drive z maksymalną prędkością ruchu nie mniejszą niż 50°/s w obu osiach z wyposażeniem:
    - słup,
    - oprogramowanie umożliwiające śledzenie po dowolnej trajektorii,

W zależności od zaproponowanej konfiguracji AZT Wykonawca proponuje odpowiednią liczbę montażu oraz rozkład teleskopów na poszczególnych montażach oraz wyposażenie dodatkowe np. słup, na którym montaż zostanie zamontowany.

### 4.3 Kamery

AZT powinien być wyposażony w szybkie kamery typu sCMOS BSI 16-bit (ang. scientific CMOS) o parametrach:

- rozmiar piksela nie większy niż 10µm,
- możliwość wykonywania co najmniej 10 zdjęć na sekundę (fps),
- możliwość rejestracji momentu początku zdjęcia z dokładnością nie gorszą niż 1 milisekunda,
- prąd ciemny poniżej 0.15 e/pix/s (elektrony/piksel/sekundę),
- migawka elektroniczna,
- prawidłowe dopasowanie rozmiaru matrycy i rozmiaru piksela do danego systemu optycznego, gwarantujące uzyskanie optymalnej skali obrazu bez strat na optyce i matrycy,
- możliwość łączenia pikseli przynajmniej 2x2 (tzw. binning),
- minimalna wydajność kwantowa 60%,
- system umożliwiający chłodzenie kamery co najmniej o 40°C poniżej temperatury otoczenia.
- interfejs zapewniający transfer danych z kamer co najmniej 10 Gbit/s,



- moduł GNSS (GPS lub GALILEO) do rejestracji czasu niezależnie od komputera PC.

Dla teleskopów przeglądowych (typu I) i przeglądowo-śledzących (typu II) kamery powinny mieć następujące minimalne parametry:

- matryca o rozmiarach minimum 40x40mm i szumie odczytu poniżej 2 e/pix,

Dla teleskopu śledzącego (typu III) kamera powinna mieć następujące parametry:

- matryca o rozmiarach minimum 60x60mm i szumem odczytu poniżej 1 e/pix.

#### 4.4 Pawilony - kopuły

Wszystkie elementy AZT muszą być umieszczone w odpowiednich pawilonach obserwacyjnych – kopułach. W zależności od zaproponowanej konfiguracji AZT Wykonawca proponuje odpowiednie pawilony obserwacyjne, ich usytuowanie, uzbrojenie oraz ochronę przed niekorzystnymi zjawiskami meteorologicznymi.

Wykonawca przedstawi projekt ustawienia teleskopów w kopułach zapewniający całkowitą bezkolizyjność w przypadku dowolnych ruchów poszczególnych teleskopów.

Pawilony obserwacyjne muszą być zintegrowane ze stacją meteorologiczną lub podłączone do systemów obserwacyjnych meteorologicznych, w celu podjęcia odpowiedniej reakcji w przypadku niekorzystnych warunków meteorologicznych (śnieg, ulewa, wyładowania atmosferyczne, huragan) automatycznie bez ingerencji operatora i na jego żądanie.

Wykonawca wyposaży pawilon obserwacyjny w autonomiczny system zasilania awaryjnego umożliwiający bezpieczne zamknięcie pawilonów obserwacyjnych i wyłączenie sprzętu w przypadku awarii zasilania podstawowego. Zasilacze awaryjne powinny charakteryzować wydajność zdolną obsłużyć wszystkie komponenty AZT jednocześnie przez co najmniej 3 minuty.

Lokalizacja kopuł powinna spełniać warunki bezpieczeństwa fizycznego, tj. zamknięty teren z ograniczonym dostępem osób. Pawilon musi być wyposażony w system monitoringu video 24/7 z dostępem zdalnym do obrazu w trybie live oraz do danych archiwalnych z minimum 72h wstecz. System powinien być złożony z kamer nocnych bez oświetlaczy podczerwonych (promienników podczerwieni).

#### 4.5 Wyposażenie dodatkowe

AZT musi być wyposażona co najmniej w następujące elementy:

- astronomiczna stacja pogodowa z czujnikiem zachmurzenia, opadów i wiatru,
- kamera typu rybie oko (tzw. allsky) do optycznej oceny i przeglądu warunków pogodowych,
- lokalny serwer czasu NTP wykorzystujący odbiornik GNSS (GPS lub GALILEO),
- klimatyzacja sprzętu komputerowego w kopule,
- podgrzewacze/odraszacze optyki (jeśli nie są wyposażeniem standardowym teleskopów),
- router i modem z możliwością przełączenia na łączność awaryjną,
- przełączniki i inne elementy gigabitowej sieci lokalnej; wymagane są połączenia kablowe zamiast WiFi,
- system zdalnego sterowania zasilaniem każdego urządzenia,

#### 4.6 Systemy komputerowe

AZT powinien być wyposażony w sprzęt komputerowy wraz z oprogramowaniem zapewniającym:

- sterowanie i obsługę AZT w trybie zdalnym oraz stacjonarnym,
- kontrolę bieżącą stanu AZT,
- automatyzację zadaniowania i odczytu statusów elementów infrastruktury obiektu,
- przygotowanie planu obserwacyjnego,
- wykonanie obliczeń astrometrycznych i fotometrycznych,
- wykonanie obserwacji,
- wstępną obróbkę i redukcję obserwacji,
- zapisanie wyników obserwacji do lokalnej bazy oraz transfer danych obserwacyjnych do centrum operacyjnego Zamawiającego,
- realizację zadania „tracking” przy wykorzystaniu techniki „Synthetic Tracking”, tj. wyznaczania parametrów fizycznych ruchu orbitalnego sztucznego obiektu kosmicznego na podstawie nakładania na siebie surowych zobrazowań w odstępach czasu mniejszych niż 10 klatek na sekundę (10fps),
- obsługę wszystkich komponentów jednocześnie, w tym: kopuły, montażów, kamer, fokuserów, stacji pogodowej, oprogramowania do analizy i procesowania danych, lokalnego serwera czasu z odbiornikiem GNSS, kamery allsky, monitoringu video,
- wymianę danych poprzez sieć Internet, pomiędzy AZT a centrum operacyjnym Zamawiającego, w czasie rzeczywistym w celu zadaniowania, monitorowania, konserwacji oraz przesyłania wyników przetwarzanych na miejscu,
- gromadzenie i przechowywanie danych co najmniej z okresu 5 miesięcy.

Sprzęt komputerowy powinien być wyposażony:

- system KVM IP do każdego zainstalowanego komputera (o ile nie jest na wyposażeniu standardowym komputerów).
- obudowę w standardzie rack.