

Załącznik A

Opis przedmiotu zamówienia

Zestaw urządzeń i komponentów pomiędzy pierścieniem akumulacyjnym a linią eksperymentalną, określany jako Front end

Spis treści

1	Informacje ogólne	3
2	Ogólna specyfikacja i zakres zamówienia	4
2.1	Szczegółowy zakres dostawy	5
2.1.1	Zamówienie obejmuje	5
2.1.2	Zamówienie nie obejmuje	5
2.1.3	Elementy i czynności dostarczone/wykonane przez Zamawiającego	6
2.2	Wymagane informacje	7
2.3	Główne ograniczenia i lista komponentów	7
3	Dodatkowe warunki	9
3.1	Harmonogram (projekt, produkcja, dostawa)	9
3.1.1	Projekt wstępny i projekt końcowy	10
3.1.2	Testy fabryczne u Wykonawcy i testy odbiorcze u Zamawiającego	11
3.1.3	Instalacja.....	12
3.2	Projekt i rysunki sekcji próżniowej	12
3.2.1	Ogólne wymagania.....	12
3.2.2	Mechaniczny	12
3.2.3	Elektryczny.....	13
3.2.4	Woda chłodząca i sprężone powietrze	13
3.2.5	Infrastruktura IT	13
3.2.6	Systemy bezpieczeństwa PLC.....	13
3.2.7	Pozycjonowanie	14
3.3	Zgodność ze standardami ośrodka SOLARIS.....	14
3.4	Kontrola jakości	14
3.5	Identyfikacja podzespołów.....	14
3.6	Pakowanie i dostawa	15
4	Zakończenie kontraktu	15
4.1	Odbiorcze testy fabryczne (FAT).....	15

4.1.1	Testy próżniowe	15
4.1.2	Testy mechaniczne	15
4.1.3	Sprawdzian pozycjonowania.....	15
4.1.4	Testy elektryczne.....	15
4.1.5	Testy hydrauliczne	16
4.1.6	Testy motoryzacji	16
4.2	Końcowe testy akceptacyjne u Zamawiającego (SAT).....	16
4.2.1	Testy próżniowe	16
4.2.2	Testy mechaniczne	16
4.2.3	Testy elektryczne.....	16
4.2.4	Testy hydrauliczne	17
4.2.5	Testy motoryzacji	17
5	Dokumentacja dostarczona przez Wykonawcę.....	17
6	Załączniki	17

1 Informacje ogólne

Przedmiotem zamówienia jest zaprojektowanie, wykonanie, przetestowanie i dostawa zestawu urządzeń i komponentów pomiędzy pierścieniem akumulacyjnym a linią eksperymentalną SOLCRYS, dalej opisywanym jako Front end lub w skrócie FE, oraz powiązane podsystemy, takie jak komponenty sprężonego powietrza, rury chłodzące, sygnalizatory przepływu, korytka kablowe wraz z wymaganą dokumentacją dla ośrodka Narodowe Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS, w Krakowie (zwanym dalej SOLARIS). Testy SAT dla komponentów sekcji front end zostaną wykonane przez inżynierów SOLARIS pod nadzorem pracownika Wykonawcy, jeśli taki nadzór jest wymagany.

W ramach umowy Wykonawca jest zobowiązany dostarczyć odpowiedni projekt (w tym 3D) układu optycznego i mechanicznego sekcji front endu, biorąc pod uwagę wymagane parametry i warunki brzegowe takie jak istniejąca infrastruktura pierścienia akumulacyjnego i charakterystyki źródła promieniowania synchrotronowego.

Linia badawcza SOLCRYS będzie przeznaczona do badań z zakresu makromolekularnej dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego (MX – “macromolecular x-ray diffraction”) używając promieniowania z zakresu energii od 4 do 23 keV. Oczekiwane możliwości w stacji badawczej MX obejmują zmienną długość fali promieniowania dla anomalnej dyfrakcji przy wielu długościach fali (MAD – “multi-wavelength anomalous diffraction”) oraz mod wysokiej intensywności promieniowania dla standardowego zbierania danych dla kryształów białek.

Słowniczek skrótów:

PDR (ang. preliminary design review) = wstępna weryfikacja projektu

FDR (ang. final design review) = końcowa weryfikacja projektu

FAT (ang. factory acceptance test/tests) = fabryczne testy odbiorcze

SAT (ang. site acceptance test/tests) = testy odbiorcze na miejscu (w SOLARIS)

FE (ang. Front end) = zestaw urządzeń i komponentów pomiędzy pierścieniem akumulacyjnym a linią eksperymentalną, zwany dalej jako front end

BM (ang. bending magnet) = magnes zakrzywiający

3PW = wiggler 3-polowy

Synchrotron SOLARIS jest źródłem promieniowania elektromagnetycznego 3 generacji bazującym na pierścieniu akumulacyjnym 1,5 GeV, w Narodowym Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS w Krakowie. Charakteryzuje się on małą emitancją 6 nm·rad, a maksymalny prąd wiązki elektronów wynosi 500 mA. Struktura magnetyczna pierścienia składa się z 12 identycznych „komórek” achromatycznych (ang. Double-Bend Achromat – DBA), z których każda jest zrealizowana na bazie jednego, żelaznego bloku. Zaprojektowano dwanaście sekcji prostych, każda długości 3335 mm. Energia krytyczna wiązki promieniowania synchrotronowego z magnesu zakrzywiającego (pole magnetyczne 1,31 Tesli) wynosi około 2 keV. Szczegółowa specyfikacja parametrów pierścienia akumulacyjnego znajduje się w Załączniku SOURCE.

Promieniowanie synchrotronowe w zakresie twardego promieniowania rentgenowskiego dla linii badawczej ARYA będzie wytwarzane przez wiggler 3-polowy (3PW) pracujący przy

indukcji pola magnetycznego o wartości 3 Tesli, zainstalowany w sekcji 03 pierścienia akumulacyjnego synchrotronu SOLARIS (patrz Tabela 1). Wiggler powinien przesunąć energię krytyczną widma emitowanego promieniowania do wartości około 4,5 keV oraz zwielokrotnić jego intensywność, tym samym czyniąc dostępnymi wysokie strumienie wysokoenergetycznego promieniowania. Szczegółową specyfikację 3PW można znaleźć w Załączniku SOURCE-ID03. Dodatkowo załączamy dokument przedstawiający wstępne obliczenia dla stożka promieniowania (osi stożka i obciążenia cieplnego) pochodzącego od obu źródeł (ID i części promieniowania od BM) przechodzącego przez dedykowany absorber pierścienia akumulacyjnego (ang. crotch absorber) i docierającego do sekcji FE (Załącznik HEAT-RAY-03ID). Są to parametry startowe do obliczeń urządzeń optyki promieniowania rentgenowskiego z magnesu zakrzywiającego i obciążeń termicznych elementów front end'u.

Parametr	Wartość/opis
Typ urządzenia wstawkowego	Wiggler 3-polowy
Maksymalna indukcja pola magnetycznego	3 T
Długość struktury magnetycznej	0.755 m
Liczba par nabiegunników	1
Całkowita długość struktury	1 m
Minimalna przerwa między nabiegunnikami	0.011 m

Tabela 1. Główne parametry techniczne dla źródła wigglera 3-polowego.
Wszystkie szczegóły można znaleźć w Załączniku SOURCE-ID03.

2 Ogólna specyfikacja i zakres zamówienia

Wykonawca zobowiązuje się wykonać dostawę do Zamawiającego kompletnego sektora front end'u wraz z wymaganymi komponentami próżniowymi zgodnymi ze standardami SOLARIS (Załącznik VAC1 i VAC2). Front end zostanie zamontowany w sekcji tunelu pierścienia akumulacyjnego 03FEID.

Front end (FE) składa się z komponentów ultra wysokopróżniowych (Ultra High Vacuum, tzw. UHV) zamontowanych na podstawach, wraz z układami sterowania, kablami, systemami pneumatycznym i wody chłodzącej.

Głównymi zadaniami FE są:

- Ochrona personelu i sprzętu przed promieniowaniem oraz swobodny dostęp do klatki ochrony radiologicznej, gdy linia badawcza jest zamknięta,
- Ograniczanie i zmniejszenie obciążenia cieplnego na komponentach znajdujących się za sekcją FE,
- Ochrona próżni pierścienia akumulującego oraz zapewnienie systemu pompowania i pomiaru wartości ciśnienia w tej sekcji,
- Kontrolowanie i pomiar położenia wiązki promieniowania synchrotronowego

2.1 Szczegółowy zakres dostawy

Szczegółowy zakres dostawy przedstawiony jest w poniższych paragrafach.

2.1.1 Zamówienie obejmuje

- a) Projekt i dostawa elementów front end'u wraz z konstrukcjami wsporczymi (podstawami) stanowiące pojedynczy, pełny zestaw obejmujący komory, urządzenia, mieszki, rury łączące oraz materiały eksploatacyjne potrzebne do montażu sekcji FE (śruby, podkładki, zaślepki, uszczelki, złączki, itp.) i wszystkie niestandardowe narzędzia. Opis oraz ogólne założenia funkcjonalne poszczególnych elementów front endu znajdują się w załączniku FE1-ID03.
- b) Projekt i konstrukcja układu pneumatycznego i chłodzącego (siłowniki pneumatyczne, układ sprężonego powietrza w ramach poszczególnych komponentów oraz pomiędzy komorami składającymi się na jeden kompletny układ, sygnalizatory przepływu wody, elastyczne rury układu chłodzenia, układ chłodzenia wodą pomiędzy komorami oraz w ramach poszczególnych komponentów składają się na jeden kompletny układ chłodzenia).
- c) Kable wchodzące i wychodzące z układu próżni, złączki elektryczne umieszczone na wspólnej skrzynce przyłączeniowej dla każdego zestawu urządzeń. Odpowiedzialność za projekt wewnętrznego okablowania danego urządzenia jest po stronie Dostawcy.
- d) Komponenty próżniowe zgodne ze standardem Solaris opisane w Załącznikach VAC1 i VAC2 (zawory próżniowe – zawory klapowe całe z metalu, zawory kątowe całe z metalu, szybki zawór; pompy jonowe; analizator gazów reszkowych (RGA); próżniomierz wyzwalający szybki zawór).
- e) Zasilacze i kontrolery (dla pomp jonowych, próżniomierza wyzwalającego szybki zawór, RGA, kable pomiędzy kontrolerem a urządzeniami dla: szybkiego zaworu, próżniomierza i RGA).
- f) Raport z projektu wstępnego oraz końcowego.
- g) Silniki, enkodery oraz wyłączniki krańcowe.
- h) Raport zawierający analizę charakterystyki termicznej oraz obliczenia metodą elementów skończonych (Finite Element Analysis - FEA) dla komponentów wystawionych na działanie promieniowania synchrotronowego (pozwalać oszacować maksymalną temperaturę i efektywność chłodzenia zastosowanego rozwiązania).
- i) System kontroli: software (Device Server dla niestandardowych urządzeń w SOLARIS) opisane w Załącznikach CS0, CS1 i CS2-ID03.
- j) Rysunki techniczne i inżynierskie, rysunki montażowe oraz modele 3D.
- k) Opisy funkcjonalne i instrukcje obsługi.
- l) Fabryczne testy odbiorcze (FAT) zawierające szkolenie przedstawicieli Zamawiającego w zakresie właściwego utrzymania i bezpiecznej eksploatacji dostarczonego sprzętu przewidziane w czasie FAT, nadzór w czasie testów odbiorczych (jeśli wymagane) na miejscu (SAT) wykonywane przez pracowników SOLARIS.

2.1.2 Zamówienie nie obejmuje

- a) Urządzenia do sterowania ruchem (kontrolery i sterowniki). Załącznik CS1 zawiera detale dotyczące standardów kontrolerów motoryzacji w SOLARIS.

- b) Instalacja komór próżniowych i komponentów próżniowych front endu wraz z podporami, uzyskanie warunków UHV.
- c) System kontroli (konfiguracja, instalacja, interface graficzny).
- d) Filtry promieniowania synchrotronowego do montażu w układzie filtrów.
- e) Urządzenia diagnostyczne i pomiarowe (Libera Photon dla urządzenia XBPM, kamera dla ekranu fluorescencyjnego).
- f) Okablowanie (zakup, rozłożenie, prefabrykacja oraz podłączenie) pomiędzy komponentami/skrzynkami przyłączeniowymi a szafą rack. Z wyjątkiem kabli dla szybkiego zaworu i próżniomierza wyzwającego szybki zawór.

2.1.3 Elementy i czynności dostarczone/wykonane przez Zamawiającego

Elementy i czynności opisane w poniższych punktach zostaną dostarczone/wykonane przez Zamawiającego.

- a) Kamera CCD do obrazowania wiązki na ekranach fluorescencyjnych zostaną dostarczone przez Zamawiającego.
- b) Infrastruktura szkieletowa dla sekcji frond end. W bezpośrednim otoczeniu front endu Zamawiający zamontuje wszystkie niezbędne terminale sieci IT, zasilania w energię elektryczną, wody chłodzącej oraz sprężonego powietrza. Rury z wodą chłodzącą i sprężonym powietrzem doprowadzone będą do złączy umieszczonych bezpośrednio na dostarczonych przez Wykonawcę urządzeniach lub do odpowiednich tablic połączeniowych przymocowanych do podpór urządzeń zgodnie z wytycznymi w załącznikach WAT-CW1 oraz WAT-CA1.
- c) System bezpieczeństwa PLC dla ochrony FE i pierścienia akumulacyjnego. Systemy MPS i PSS – projekt, szczegółowa koordynacja oraz wykonawstwo i instalacja układów według wytycznych przedstawionych przez Wykonawcę.
- d) Konfiguracja wszystkich kontrolerów, zasilaczy, urządzeń, elektroniki, elementów diagnostycznych w jedną całość.
- e) Urządzenia elektroniczne i kontrolne do elementów diagnostyki front endu t.j. moduł odczytu z XBPM z okablowaniem, zasilacze HV.
- f) Zapewnienie połączenia do sieci dla kontrolerów i sterowników.
- g) Zapewnienie połączenia Ethernet pomiędzy szafami rack, przełącznikami sieciowymi (ang. network switches) i komputerami należącymi do systemu sterowania.
- h) Zapewnienie infrastruktury IT dla kontrolerów, np. serwerów, przełączników sieciowych i okablowania, połączenia do odpowiedniego serwera, umieszczenie w szafie rack.
- i) Zapewnienie podstaw systemu sterowania opartego na TANGO Controls, w tym odpowiednio skonfigurowanych maszyn wirtualnych, serwerów urządzeń dla urządzeń standardowych w SOLARIS oraz integracja całego systemu sterowania (w tym serwerów urządzeń dostarczonych przez Wykonawcę).
- j) Dostarczenie interfejsów graficznych.
- k) Dostarczenie komputerów należących do systemów sterowania wraz z systemem operacyjnym, jeśli konieczne.
- l) Dostarczenie kontrolerów IcePAP dla silników i enkoderów oraz ich konfiguracja.

- m) Kable i instalacja kabli silników dla ruchomych przesłon (ang. slits), przesłon (ang. shutters), itp. do postępowych/translacyjnych i obrotowych ruchów, gdzie ma to zastosowanie, od szaf rack z kontrolerami IcePAP do paneli przyłączeniowych umieszczonych na wsporniku elementu zmotoryzowanego.
- n) Zakup i instalacja kabli do standardowych komponentów próżniowych z wyjątkiem kabli dla szybkiego zaworu i próżniomierza wyzwającego szybki zawór i RGA.
- o) Szafy na elektronikę (rack). Zamawiający zakupi szafy (racki) wybranego typu.
- p) Reflektory do pomiarów geometrii komór próżniowych front endu zostaną zapewnione przez Zamawiającego.
- q) Transport podzespołów w obrębie Synchrotronu będzie zapewniony przez personel Zamawiającego. Limit wagi dla pojedynczej sztuki wynosi 8 ton.

2.2 Wymagane informacje

- a) Oferta przetargowa powinna zawierać wystarczające informacje umożliwiające ocenę wydajności elementów front endu. W szczególności dane dotyczące wydajności gęstości mocy, stabilności strumienia fotonów oraz możliwości dokładnego oznaczenia pozycji strumienia fotonów mają zasadnicze znaczenie dla działania układu. Kwestie te należy szczegółowo opisać oraz w miarę możliwości dołączyć do nich informacje o odpowiednich układach referencyjnych wraz z obliczeniami obciążenia termicznego. Obliczenia obciążeń termicznych mogą zostać przełożone do spotkania weryfikacji projektu końcowego.
- b) Dostawca przedstawi tabele proponowanych modeli silników oraz enkoderów dla każdej osi napędzanej silnikiem wraz z zakresem, powtarzalnością, rozdzielczość dla pełnego kroku silnika oraz dokładność każdego ruchu najpóźniej do FDR. Wszystkie wymagane dane są opisane w załączniku CS1.
- c) Dostawca, najpóźniej na etapie weryfikacji projektu wstępnego (PDR), przedstawi tabele wymaganych pomp jonowych oraz pomp typu TSP (jeśli potrzebne) wraz z informacjami o wydajności.
- d) Dostawca określi wszelkie wstępne wymagania dotyczące układu wody chłodzącej, np. przepływ, ciśnienie zasilania, itd. lub innych mediów dostarczanych przez Zamawiającego.
- e) Dostawca na spotkaniu weryfikacji projektu końcowego (FDR) przedstawi listę zalecanych części zamiennych wraz z ich cenami.

2.3 Główne ograniczenia i lista komponentów

Należy zwrócić uwagę na to, że istotnym ograniczeniem dla całości zamówienia jest odległość pomiędzy kołnierzem wyjściowym pierścienia akumulacyjnego a najbliższą powierzchnią ściany frontowej pierścienia (ang. ratchet wall), dodatkowymi osłonami radiologicznymi wykonanymi z żelaza i ołowiu oraz przestrzennymi ograniczeniami dla podpór i urządzeń związanych z sekcją front end'u dla źródła magnesu zakrzywiającego. Należy też uwzględnić dostępną przestrzeń na umieszczenie podpór i poszczególnych elementów FE. Więcej szczegółowych informacji związanych z ograniczeniami przestrzennymi znajduje się w załącznikach MECH1, MECH2, MECH3-ID03, MECH4-ID03, MECH5-ID03 i MECH6-ID03.

Wykonawca powinien zweryfikować całkowitą moc cieplną oraz gęstość mocy cieplnej przyjmowaną przez poszczególne elementy front endu i przygotować stosowny projekt, biorąc pod uwagę niestabilności i możliwe uszkodzenia spowodowane podwyższoną temperaturą. FE powinien być wyposażony w nieruchome apertury, absorber ciepła (przesłona fotonów) i ruchome przesłony pochłaniające całkowitą moc cieplną wypromieniowaną z 3PW i magnezu zakrzywiającego.

Wykonawca zaprojektuje, wykona i dostarczy kompletną sekcję front endu wraz z instalacją sprężonego powietrza i wodnego chłodzenia poszczególnych komponentów. Sekcja FE zostanie połączona z infrastrukturą wody chłodzącej przez Zamawiającego przy użyciu węży elastycznych (dostarczonych przez SOLARIS) podłączonych do głównego rozdzielacza zasilania i powrotu wody całości sekcji front endu (więcej informacji dotyczących zakresu projektu i wykonawstw dla systemu sprężonego powietrza i wody chłodzącej zawarte jest odpowiednio w załącznikach WAT-CA1 i WAT-CW1).

W skład front end'u powinny wchodzić następujące elementy (począwszy od źródła), patrz *Tabela 2.*

	Element	Dostarcza
1	Zawór V0 (CF40) - układ próżniowy pierścienia akumulacyjnego	Solaris
2	XBPM wraz z 2-osiowym zmotoryzowanym stolikiem	Wykonawca
3	Maska nieruchoma (FM)	Wykonawca
4	Miejsce dla deflektora elektronów (E-Defl). Urządzenie będzie zastąpione rurą próżniową.	Wykonawca
5	Absorber ciepła (heat absorber - HA) [przesłona fotonów]	Wykonawca
6	Zawór płytowy cały z metalu 1 (V1)	Wykonawca
7	Układ pompujący	Wykonawca
8	Szybki zawór 1 (FV)	Wykonawca
9	Przesłony białej wiązki/ruchome maski (SLITS)	Wykonawca
10	Zawór płytowy cały z metalu 2 (V2)	Wykonawca
11	Ekran fluorescencyjny (FLSC)	Wykonawca
12	Przesłona bezpieczeństwa1 (SS1)	Wykonawca
13	Przesłona bezpieczeństwa2 (SS2)	Wykonawca
14	Rura prowadząca wiązkę w ścianie zewnętrznej tunelu	Wykonawca
15	Zawór płytowy cały z metalu 3 (V3)	Wykonawca
16	Komora próżniowa z układem filtrów i próżniomierzem (FATU)	Wykonawca
17	Okienko berylowe	Wykonawca
	Inne	
18	Standardowe komponenty próżniowe (pompy jonowe, zawory płytowe całe z metalu, zawory kątowe całe z metalu, szybki zawór (FV), RGA, próżniomierz wyzwalający szybki zawór, kontrolery i zasilacze do komponentów próżniowych (pompy jonowe, RGA, szybki zawór, próżniomierze)	Wykonawca

Tabela 2. Lista głównych komponentów dla kompletnej sekcji front end'u.

Znaczące modyfikacje takie jak wykluczanie lub dodawanie komponentów lub zmiana kolejności między urządzeniami powinna zostać wskazana/sygnalizowana już na etapie oferty przetargowej i wymagają akceptacji Zamawiającego najpóźniej na etapie wstępnej fazy projektu. Opis oraz ogólne założenia funkcjonalne poszczególnych elementów front endu znajdują się w załączniku FE1-ID03.

3 Dodatkowe warunki

3.1 Harmonogram (projekt, produkcja, dostawa)

Wykonawca przedstawi szczegółowy harmonogram wszystkich działań opisanych w niniejszej specyfikacji.

- a) Harmonogram zawiera kluczowe daty poszczególnych etapów (projekty, testy, dostawy) i ma stanowić ogólny przegląd procesów projektowania i produkcji oraz pozwolić na uzyskanie szybkiej informacji o postępach w realizacji projektu.
- b) Harmonogram powinien zawierać daty dostawy itd. dla wszystkich elementów mających być dostarczane przez Zamawiającego.
- c) Harmonogram powinien zawierać daty/okresy spotkań, wizyt na miejscu etc.
- d) Harmonogram powinien zawierać terminy dostarczenia dokumentacji przed poszczególnymi etapami.

Etap	Elementy niezbędne do uznania etapu za zakończony	Terminy zakończenia etapu
Spotkanie startowe/video konferencja	Harmonogram	Do końca 1 miesiąca od podpisania kontraktu
PDR (Przegląd projektu wstępnego)	Wykonawca powinien zidentyfikować wszystkie kwestie techniczne i proponowane rozwiązania techniczne.	Do końca 3 miesiąca od podpisania kontraktu
FDR (Przegląd projektu końcowego)	Zakończenie szczegółowego projektu. Akceptacja FDR przez Zamawiającego daje zgodę na produkcję.	Do końca 5 miesiąca od podpisania kontraktu
FAT (Odbiór techniczny, testy fabryczne u Wykonawcy) oraz szkolenie	Uzgodnione testy powinny zostać wykonane przez Wykonawcę i zatwierdzone przez Zamawiającego. Personel lokalny zostanie przeszkolony przez Wykonawcę w zakresie właściwego utrzymania i bezpiecznej eksploatacji dostarczonego sprzętu.	Do końca 19 miesiąca od podpisania kontraktu
Dostawa komponentów front endu	Elementy powinny być dostarczone pod wskazany adres i sprawdzone pod kątem ewentualnych uszkodzeń.	Do końca 19 miesiąca od podpisania kontraktu

SAT (testy odbiorcze "na miejscu")	Uzgodnione testy powinny zostać wykonane przez Zamawiającego pod nadzorem Wykonawcy (jeśli wymagane) i dostarczone urządzenia powinny przejść pomyślnie wszystkie testy.	Do końca 21 miesiąca od podpisania kontraktu
------------------------------------	--	--

Tabela 3. Tabela z głównymi etapami projektu.

3.1.1 Projekt wstępny i projekt końcowy

Należy przewidzieć weryfikację projektu wstępnego (PDR) oraz weryfikację projektu końcowego (FDR). Dokumentacja niezbędna do zatwierdzenia etapów projektu (np. PDR, FDR) powinna być przedłożona z wystarczającym wyprzedzeniem. Zatwierdzenie zostanie udzielone w ciągu 3 tygodni po dostarczeniu niezbędnych dokumentów związanych z danym etapem i spotkaniem kończącym dany etap. Zatwierdzenie ze strony SOLARIS ograniczać się będzie do kontroli projektu w odniesieniu do zgodności z wymaganiami technicznymi określonymi w dokumentacji przetargowej i oferowanych przez Wykonawcę oraz funkcjonalności przedmiotu umowy. Zatwierdzenie nie zwalnia Wykonawcy od odpowiedzialności za ogólne osiągi urządzeń i uzyskania wymaganej charakterystyki działania.

Komunikacja między stronami odbywa się w języku angielskim. Wykonawca wyznaczy kierownika projektu, który w całym przedsięwzięciu działa jako główna osoba kontaktowa dla Zamawiającego. Spotkania mogą odbywać się u Zamawiającego lub w siedzibie Wykonawcy lub przez wideo konferencje. Obie strony pokryją własne koszty podróży i zakwaterowania, i nie będą zwracane przez drugą stronę.

Projekt wstępny powinien zawierać:

- Opis techniczny komponentów front end,
- Wstępny schemat systemu chłodzenia dla wszystkich elementów wymagających chłodzenia wodą,
- Wstępny schemat systemu sprężonego powietrza,
- Ilość i typ silników dla zmotoryzowanych osi, ilość i typ potrzebnych enkoderów.
- Wstępny model 3D, preferowany w formacie pliku STEP
- Rysunek przedstawiający, w tym interfejsy

Projekt końcowy powinien zawierać:

- Dokładny opis techniczny komponentów sekcji front end,
- Projekt w formie rysunków i modeli 2D oraz 3D zawierający lokalizację wszystkich elementów sekcji front end wraz z położeniem wszystkich potrzebnych połączeń (wody, sprężonego powietrza, zasilania, połączeń kabli, paneli przejściowych okablowania itd.),
- Obliczenia metodą elementów skończonych (Finite Element Analysis - FEA) dla komponentów wystawionych na działanie promieniowania synchrotronowego (pozwalając oszacować maksymalną temperaturę i efektywność chłodzenia zastosowanego rozwiązania). Wymaga się przedstawienia obliczeń co najmniej dla pierwszej stałej apertury, absorbera ciepła, przesłon ruchomych, ekranu fluorescencyjnego i filtrów,

- d) Dokładny schemat układu elektrycznego i zasilania,
- e) Lista rekomendowanych części zapasowych wraz z cenami,
- f) Doładny schemat systemu chłodzenia wodą dla komponentów tego wymagających.
- g) Doładny schemat systemu sprężonego powietrza dla wszystkich komponentów wymagających tego systemu,
- h) Końcowa lista dla osi zmotoryzowanych (ilość i typ silników dla osi zmotoryzowanych, ilość i typ potrzebnych enkoderów),
- i) Instrukcje i informacje niezbędne do prawidłowej / bezpiecznej obsługi podzespołów
- j) Wszystkie niezbędne informacje dla projektu systemów kontroli sekcji front endu,
- k) Zakresy prac instalacyjnych dla obu stron kontraktu.

Akceptacja projektu końcowego dla poszczególnych komponentów front endu przez Zamawiającego jest warunkiem rozpoczęcia produkcji elementów.

3.1.2 Testy fabryczne u Wykonawcy i testy odbiorcze u Zamawiającego

Wykonawca musi przewidzieć obecność obserwatorów podczas montażu elementów krytycznych. Należy przewidzieć odbiorcze testy fabryczne u Wykonawcy (FAT) oraz testy odbiorcze u Zamawiającego (SAT). Zakres testów FAT i SAT zostanie uzgodniony na spotkaniu w sprawie FDR. Wykonawca powinien przedłożyć harmonogram FAT. Porządek SAT powinien być uzgodniony między obydwoma Stronami w zależności od ustalonych zobowiązań w sprawie instalacji i każda ze Stron przedkłada porządek SAT dla jej zakresu prac.

Podczas testów fabrycznych (FAT) należy przeprowadzić wszystkie standardowe testy (próżniowe, hydrauliczne, metrologii mechanicznej wszystkich ruchów zmotoryzowanych, elektryczne). Wykonawca musi dostarczyć sprzęt i oprogramowanie potrzebne do wykonania wszystkich testów ruchu. Wszystkie elementy elektryczne (przełączniki, czujniki temperatury itp.) powinny być badane podczas FAT. Wszystkie testy opisane są w tym dokumencie w rozdziale 4.1. *Odbiorcze testy fabryczne*. Elementy front end'u powinny być przygotowane do instalacji. Dostawca powinien zamontować wszystkie komponenty na odpowiedniej ramie należącej do jednej podpory. Dostawca zobowiązany jest do zmontowania wszystkich elementów wchodzących w skład jednego komponentu (w obrębie jednej podpory) oraz wypozyjonowania ich względem siebie i punktów referencyjnych oraz dostarczenia danych pozycjonowania.

Zamawiający przeprowadzi testy SAT pod nadzorem Wykonawcy (jeśli wymagane) nie później niż dwa miesiące po zaakceptowanej dostawie przedmiotu zamówienia. Wszystkie materiały eksploatacyjne potrzebne do montażu sekcji FE (śruby, podkładki, zaślepki, uszczelki, złączki, wymagane i prefabrykowane elementy obwodów sprężonego powietrza i wody chłodzącej, itp.) i wszystkie niestandardowe narzędzia zostaną dostarczone przez Wykonawcę. Wstępnie zmontowane podsystemy, na każdej dedykowanej podporze, zostaną wypozyjonowane i sprawdzone. Dokumentację opisującą procedury bezpieczeństwa podczas montażu i demontażu każdego podzespołu i całego systemu należy dostarczyć do centrum SOLARIS nie później niż na jeden miesiąc przed dostawą danego podzespołu. Na okres testów SAT przez Zamawiającego będą dostarczone stacje pompujące wyposażone w pompy turbomolekularne o wymaganej szybkości pompowania i kwadropolowym spektrometrem masowym jak również kontrolery wygrzewania z taśmami grzejnymi i termoparami, koce

grzejne i folia aluminiowa. Testy SAT powinny być zaplanowane bez wiązki fotonów w sekcji front endu. Nie jest możliwe przeprowadzenie testów komponentów sekcji front endu przy pełnym obciążeniu termicznym w ramach SAT. W związku z tym Zamawiający oczekuje, że Dostawca będzie ponosić odpowiedzialność za uzyskanie wymaganej próżni bazowej z wiązką fotonów oraz za bezawaryjne działanie komponentów front endu przy pełnym obciążeniu cieplnym w ramach udzielonej gwarancji.

3.1.3 Instalacja

Proces instalacji sekcji FE może zostać przeprowadzony w okresie wyłączenia źródła promieniowania synchrotronowego (ang. shutdown) i zostanie przeprowadzona przez Zamawiającego po zakończeniu kontraktu.

3.2 Projekt i rysunki sekcji próżniowej

3.2.1 Ogólne wymagania

Projekt szczegółowy powinien zawierać układ geometryczny komór próżniowych FE oparty na obliczeniach i symulacjach potwierdzających osiągnięcie specyfikacji poszczególnych sekcji. Zatwierdzenie ze strony SOLARIS ograniczać się będzie do oględzin rysunków technicznych w odniesieniu do próżniowej stosowności oraz funkcjonalności przedmiotu umowy i nie zwalnia Wykonawcy od odpowiedzialności uzyskania wymaganej charakterystyki działania. Rysunki muszą zostać zaktualizowane w wyniku modyfikacji (rysunki powykonawcze). W momencie ukończenia kontraktu (najpóźniej wraz z dostawą komór sekcji FE) Wykonawca dostarczy drukowaną kopię i jedną kopię elektroniczną rysunków montażowych i instrukcji (w tym danych technicznych, procedur montażu systemu, demontażu, konserwacji i obsługi).

Wykonawca dostarczy wytyczne i szczegółowe informacje (opisane poniżej), które będą bazą dla projektu i konstrukcji infrastruktury całej sekcji. Wszystkie wytyczne dotyczące sprężonego powietrza, instalacji wody, instalacji elektrycznej zasilającej oraz niskoprądowej oraz infrastruktury IT powinny zostać dostarczone wraz z raportem FDR. Wszystkie wytyczne wymagane do konfiguracji osi zmotoryzowanych (patrz Załącznik CS1) zostaną dostarczone w terminie 2 miesięcy od akceptacji końcowego projektu (spotkanie FDR).

3.2.2 Mechaniczny

Projekt zostanie przedstawiony w formacie 2D (DWG lub DXF) oraz 3D (STEP lub IGES) i będzie zawierał lokalizację komponentów: komór i komponentów próżniowych wraz z podporami. Rysunki te będą bazą do projektu infrastruktury (instalacji elektrycznej zasilającej oraz niskoprądowej, instalacji wody chłodzącej i sprężonego powietrza, infrastruktury IT, osłon ochrony radiologicznej oraz systemu PLC).

Dostawca jest zobowiązany do przestrzegania wymagań opisanych w normach mechanicznych NCPS SOLARIS (patrz Załącznik MECH1). Informacje o geometrii wiązki promieniowania podano w Załącznikach MECH2 i HEAT-RAY-03ID.

3.2.3 Elektryczny

Wykonawca przedstawi schemat ideowy instalacji elektrycznej i sygnałowej dla poszczególnych komponentów front endu. Należy również dostarczyć wytyczne dotyczące wszystkich gniazd wtykowych i interfejsów zlokalizowanych w sekcji front endu. Wykonawca dostarczy wytyczne do projektu instalacji niskoprądowej (sygnałowej) – lokalizację punktów przyłączy przy urządzeniach i ich rodzaje (modele 2D i 3D).

3.2.4 Woda chłodząca i sprężone powietrze

Wykonawca dostarczy wytyczne do projektu infrastruktury instalacji wody chłodzącej i sprężonego powietrza (lokalizacja punktów przyłączy przy urządzeniach, ich rodzaje i wymagane przepływy dla prawidłowego działania urządzeń oraz spadki ciśnień, modele 2D i 3D. Sekcja FE zostanie połączona z infrastrukturą wody chłodzącej przez Zamawiającego przy użyciu węży elastycznych (dostarczonych przez SOLARIS) podłączonych do głównego przyłącza zasilania i powrotu przy rozdzielaczu wody całości sekcji front endu. Ostateczne położenie głównego kolektora wody zostanie określone na etapie projektu, ale preferowanym miejscem jest podpora jednostki z ruchomymi przesłonami. Kanały wodne umieszczone w komorach próżniowych nie powinny mieć bezpośrednich połączeń woda-próżnia. Wykonawca określi potrzebę dla stabilizacji temperatury wody (tolerancja temperatury) do chłodzenia elementów wrażliwych i definiujących wiązkę promieniowania synchrotronowego. Wszystkie szczegóły zawarte są w Załącznikach WAT-CW1 i WAT-CA1.

3.2.5 Infrastruktura IT

Wykonawca dostarczy wytyczne do projektu infrastruktury IT - lokalizację elementów sekcji front end, modele 2D i 3D, liczbę interfejsów potrzebnych do sterowania sprzętem przewidzianym w projekcie. System kontroli dla wszystkich elementów FE będzie oparty na systemie Tango Controls (<http://www.tango-controls.org/>) (patrz Załączniki CS0 i CS1). Oprogramowanie na poziomie serwera systemu sterowania Tango dla urządzeń, które nie są standardem SOLARIS, zostanie dostarczone przez Wykonawcę. Szczegółowy podział odpowiedzialności zagadnień związanych z systemem sterowania został przedstawiona w Załączniku CS2-ID03. Całe oprogramowanie systemu sterowania dostarczone przez Wykonawcę musi być napisane w Pythonie i być kompatybilne z wersjami 3.6 tego języka. Musi być licencjonowane na licencji open source (np. GPL, LGPL, MIT itp.). Serwery urządzeń muszą zawierać testy jednostkowe zapisane w kontekście testowym (część PyTango, wiążące Python z TANGO), in-line dokumentację funkcjonalną w formacie zgodnym ze Sphinx i podręczniki użytkownika

3.2.6 Systemy bezpieczeństwa PLC

Systemy bezpieczeństwa PLC dzielą się na dwa podsystemy: system ochrony urządzeń (ang. Machine Protection System – MPS) oraz system ochrony ludności (ang. Personal Safety System – PSS). Wykonawca dostarczy wytyczne do projektu systemów bezpieczeństwa (lokalizację komponentów i punktów przyłączy przy urządzeniach front endu i rodzaje przyłączy, model 2D i 3D). Wszystkie wytyczne do projektu powinny być dostarczone w

okresie do 2 miesięcy od zaakceptowania projektu całości front endu (FDR).

- a) Wykonawca dostarczy specyfikację wszystkich urządzeń, które będą podłączone do systemów PLC, a w szczególności schematy podłączeń elektrycznych dedykowanych interfejsów i złącz zewnętrznych, wymagania prądowe, napięciowe itd.
- b) Preferowanymi urządzeniami obsługiwanymi przez systemy bezpieczeństwa PLC, są te, które akceptują 24 VDC jako standardowe napięcie na zewnętrznych interfejsach wejściowo-wyjściowych.

3.2.7 Pozycjonowanie

Wykonawca jest zobowiązany do wyposażenia wszystkich dostarczanych urządzeń w gniazda referencyjne. Lokalizacja punktów referencyjnych musi być uzgodniona z Zamawiającym na etapie projektu. Zamawiający dostarczy do Wykonawcy wymaganą ilość gniazd przed procedurą fidualizacji w ustalonym z Wykonawcą terminie. Wraz z dostawą urządzeń Wykonawca dostarcza dokumentację konieczną do wykonania pozycjonowania komponentów front endu w tym o położeniu punktów referencyjnych względem osi wiązki (dokumentacja z fidualizacji) wyznaczonych w pomiarach poprodukcyjnych (patrz Załącznik ALIGN1). Pozycjonowanie elementów sekcji front endu oraz podpór wykonają pracownicy SOLARIS na podstawie dokumentacji dostarczonej przez Wykonawcę.

3.3 Zgodność ze standardami ośrodka SOLARIS

Sterowniki motoryzacji IcePaP silników/enkoderów zostaną dostarczone przez Zamawiającego. Wszystkie pozostałe elementy będą dostarczone przez Wykonawcę w stanie gotowym do połączenia z systemami i technologiami stosowanymi w ośrodku SOLARIS i będą zgodne ze standardami opisanymi w załącznikach. Wyjątki od tej reguły dopuszczalne są wyłącznie w sytuacji, gdy nie będzie możliwe włączenie elementów standardowych do projektu Wykonawcy. Takie wyjątki należy wyjaśnić i przedyskutować z zespołem ośrodka SOLARIS. Zaproponowane inne rozwiązania techniczne oraz sposoby produkcji muszą zostać przedstawione Zamawiającemu w formie pisemnej w celu uzyskania zatwierdzenia. Zatwierdzenie, jeśli zostanie udzielone, będzie miało formę pisemną.

3.4 Kontrola jakości

Na żądanie Zamawiającego Wykonawca przedstawi oryginalne certyfikaty dla użytych materiałów określające ich skład, własności fizyczne i chemiczne, głównie dla materiałów, które muszą być użyte w przypadku podzespołów UHV. Umożliwione będą wizyty kontrolne w czasie produkcji.

3.5 Identyfikacja podzespołów

Oznaczenie identyfikacyjne umieszczone na tabliczce ze stali nierdzewnej, przykręconej na komorze próżniowej, chemicznie wytrawione lub wygrawerowane elektrycznie, musi umożliwiać identyfikację każdego podzespołu z osobna.

3.6 *Pakowanie i dostawa*

Wszystkie podzespoły FE będą dostarczone do Zamawiającego przez Wykonawcę. Wszystkie podzespoły zostaną odpowiednio wyeksponowane, tak by nie zostały uszkodzone i zabrudzone w czasie transportu. Wszystkie kołnierze próżniowe należy zabezpieczyć zaślepkami lub ochraniaczami mechanicznymi celem zabezpieczenia powierzchni uszczelek kołnierzy oraz zapobiegnięcia zanieczyszczeniu elementów FE. Tam, gdzie to konieczne, elementy sekcji FE należy osłonić odpowiednim materiałem ochronnym. Należy zapewnić odpowiednie opakowanie i ochronę. Należy zapewnić, by transportowane podzespoły front end'u (ze skrzyniami transportowymi lub bez nich) były sztywne i by istniała możliwość ich podnoszenia za pomocą wózka widłowego oraz suwnicy bez narażania ich na uszkodzenie.

4 *Zakończenie kontraktu*

4.1 *Odbiorcze testy fabryczne (FAT)*

Wykonawca ma obowiązek przeprowadzić i udokumentować poniższe testy w fabryce (FAT).

4.1.1 *Testy próżniowe*

Wykonawca ma obowiązek wykonać wszystkie testy próżniowe w czasie odbiorczych testów fabrycznych (FAT). Testy należy przeprowadzić zgodnie z Załącznikiem VAC1, *Sekcja 4. Testy akceptacji*. Deklaracja wykonania i wykonanie testów szybkości odgazowywania dla wszystkich sektorów próżniowych jest jednym kryterium oceny ofert.

4.1.2 *Testy mechaniczne*

Powinna zostać przeprowadzona weryfikacja wszystkich ruchów w zaprojektowanym zakresie.

4.1.3 *Sprawdzian pozycjonowania*

Dostawca ma obowiązek sprawdzenia ustawienia wszystkich elementów front endu na podporach.

4.1.4 *Testy elektryczne*

- a) Test okablowania
- b) Test ciągłości;
- c) Test funkcjonalny: wszystkie kable i połączenia będą sprawdzane zgodnie z następującymi wskazaniem: sprawdzanie zgodności z projektem elektrycznym, wyłączniki krańcowe, enkodery położenia i wszystkie podzespoły elektro-mechaniczne będą sprawdzone pod kątem zgodności ze specyfikacjami. Wszystkie urządzenia zdalnie sterowane będą sprawdzane pod kątem prawidłowego działania. Siłowniki pneumatyczne, zmotoryzowane siłowniki, osie zmotoryzowane i wyłączniki krańcowe zostaną zweryfikowane w odniesieniu do całego określonego zakresu pracy.

4.1.5 Testy hydrauliczne

Wykonawca jest zobowiązany do sprawdzenia wewnętrznych kanałów chłodzenia każdego urządzenia za pomocą suchego testu szczelności ze sprężonym powietrzem.

4.1.6 Testy motoryzacji

Testy ruchów osi zmotoryzowanych i niezmotoryzowanych muszą zostać przeprowadzone z uwzględnieniem całkowitego zakresu ruchu i aktywacją wyłączników krańcowych. Dodatkowo dla wszystkich osi zmotoryzowanych powinny zostać wykonane pomiary parametrów dokładności, rozdzielczości oraz powtarzalności ruchu. Pozycja wyłącznika krańcowego będzie zmierzona w odniesieniu do absolutnej wartości enkodera, markera pozycji 0 (zero) dla enkodera inkrementalnego lub mikroprzełącznika wzorcowego i wpisana do protokołu. Testy będą przeprowadzane z zainstalowanymi enkoderami i zewnętrznymi urządzeniami pomiarowymi. Wszystkie przewody sterujące i piny (Home, Limit+, Limit-, Disable) powinny zostać przetestowane z urządzeniami kompatybilnym ze złączami i pinami pokazanymi w Załączniku CS1 w sekcji 3.2.

Zamawiający jest uprawniony do obecności przy wszystkich testach, które będą wymagane zgodnie z warunkami niniejszej specyfikacji i zostanie poinformowany o testach z co najmniej 3 tygodniowym wyprzedzeniem. Wyniki testu powinny być udokumentowane i stanowić integralną część wymaganej dokumentacji.

4.2 Końcowe testy akceptacyjne u Zamawiającego (SAT)

Testy SAT są planowane bez wiązki fotonów w sekcji front endu. Dokładny czas testów SAT, jak również ich szczegółowy zakres i sposób przeprowadzenia będą opisane i uzgodnione podczas spotkania FDR. Testy SAT będą przeprowadzane po zaakceptowanej dostawie przedmiotu zamówienia wszystkich elementów FE i będą składać się z co najmniej następujących testów.

4.2.1 Testy próżniowe

Wszystkie testy próżniowe zdefiniowane w *Sekcji 4. Testy akceptacji* w Załącznikiem VAC1, oprócz testu szybkości odgazowywania.

4.2.2 Testy mechaniczne

Test działania mechaniki.

4.2.3 Testy elektryczne

- a) Test okablowania,
- b) Test ciągłości,
- c) Test funkcjonalny: wszystkie kable i połączenia będą sprawdzane zgodnie z następującymi wskazaniami: sprawdzanie zgodności z projektem elektrycznym, wyłączniki krańcowe, enkodery położenia i wszystkie podzespoły elektro-mechaniczne będą sprawdzone pod kątem zgodności ze specyfikacjami. Wszystkie urządzenia zdalnie sterowane będą sprawdzane pod kątem prawidłowego działania. Siłowniki pneumatyczne, siłowniki

zmotoryzowane, osie zmotoryzowane i wyłączniki krańcowe zostaną zweryfikowane w odniesieniu do całego określonego zakresu pracy.

4.2.4 Testy hydrauliczne

Funkcje hydrauliczne będą sprawdzone, w szczególności: szczelność pod statycznym ciśnieniem wody dla wszystkich obwodów wody.

4.2.5 Testy motoryzacji

Zostaną przeprowadzone testy całkowitego zakresu ruchu z aktywacją wyłączników krańcowych dla wszystkich zmotoryzowanych osi. Testy te zostaną wykonane przy użyciu kontrolerów IcePAP i zamontowanych enkoderów.

5 Dokumentacja dostarczona przez Wykonawcę

Dokumentacja niezbędna do zatwierdzenia etapów projektu (np. PDR, FDR, FAT, SAT) powinna być przedłożona z wystarczającym wyprzedzeniem.

Dokumentacja wszystkich zamontowanych podzespołów sekcji front endu powinna obejmować co najmniej:

- a. Dokument odbiorczy dotyczący wszystkich dostarczonych urządzeń obejmujący ich numery seryjne, daty dostarczenia, nazwy producentów podane na podstawie kodu rysunku podzespołu oraz dokument odbioru wszystkich dostarczonych kabli.
- b. Rysunki techniczne i uproszczone modele 3D (format STEP lub IGES) oraz modele 2D (format DWG lub DXF) dostarczanego sprzętu. Obowiązkiem Wykonawcy jest zapewnienie, że informacje na rysunkach są poprawne i kompletne.
- c. Opis parametrów technicznych regularnego serwisu i konserwacji. Wykonawca dostarczy podręcznik (procedury instalacji, montażu, demontażu, konserwacji i serwisowania systemu). Koszt całej dokumentacji zostanie uwzględniony w umowie. Razem z dokumentacją należy przekazać plan dla wierceń otworów pod wszystkie wymagane kotwy montażowe dla instalacji wszystkich podpór sekcji front endu. Położenie i wielkość otworów powinny zostać określone jako rzut na posadzkę betonową względem osi wiązki fotonów emitowanej ze źródła.
- d. Instrukcja obsługi i schematy elektryczne.
- e. Instrukcja obsługi i schematy ideowe (jednokreskowe) instalacji wodnych.
- f. Wyniki testów ruchu, raporty pomiarów próżni i testów ciśnienia w mediach (woda) przeprowadzonych podczas FAT.
- g. Dokumentacja fidalizacji (procedura i współrzędne wyników).

6 Załączniki

Do dokumentu SIWZ dołączono poniżej wymienione załączniki. Załączniki zawierają opis technologii użytych w SOLARIS, do których Wykonawca powinien się dostosować. Załączniki stanowią integralną część dokumentu SIWZ.

- a) Załącznik MECH1 – Mechanika
- b) Załącznik MECH2 – Orientacja wiązki w VC2
- c) Załącznik MECH3-ID03 – Opis obszaru dla front endu
- d) Załącznik MECH4-ID03 – Wymiary obszaru ID03 dla sekcji front endu
- e) Załącznik MECH5-ID03 – Wymiary obszaru ID03 w sekcji front endu 2
- f) Załącznik MECH6-ID03 – Wymiary koryt kablowych w obszarze ID03 dla FE
- g) Załącznik ALIGN – Wytyczne z zakresu pozycjonowania
- h) Załącznik WAT-CW1 – Standardy wody chłodzącej_2.3
- i) Załącznik WAT-CA1 – Standardy sprężonego powietrza_2.3
- j) Załącznik VAC1 – Wytyczne dla komponentów UHV w SOLARIS
- k) Załącznik VAC2 – Technologie i materiały dla urządzeń UHV w Solaris
- l) Załącznik CS0 – Standardy SOLARIS dla systemu kontroli
- m) Załącznik CS1 – Standardy systemów motoryzacji
- n) Załącznik CS2-ID03 – Podział odpowiedzialności w zadaniach systemu kontroli
- o) Załącznik FE1-ID03 – Ogólne założenia dla sekcji front endu 3PW-general
- p) Załącznik SOURCE – parametry źródła promieniowania synchrotronowego
- q) Załącznik SOURCE-ID03 – parametry wigglera 3-polowego
- r) Załącznik HEAT-RAY-03ID SOLARIS_3PW_Considerations