

## **Opis przedmiotu zamówienia**

### **Sekcja optyki rentgenowskiej dla synchrotronowej do badań małokątowego rozpraszania promieniowania rentgenowskiego SMAUG**

Zakup jest realizowany w ramach projektu inwestycyjnego *Budowa linii pomiarowej do badań z użyciem małokątowego rozpraszania promieniowania rentgenowskiego* finansowanego przez MEiN (IA/SP/564156/2023).

## Spis treści

1. Ogólny opis przeznaczenia linii badawczej SMAUG.....	5
2. Ogólny opis linii SMAUG .....	6
3. Skale czasowe projektu.....	7
4. Opis źródła promieniowania synchrotronowego – magnes uginający.....	8
4.1. Parametry pierścienia akumulacyjnego SOLARIS .....	8
5. Standardy technologiczne NCPS SOLARIS.....	10
5.1. Standardy próżniowe .....	10
5.2. Standardy mechaniczne .....	10
5.3. Systemy bezpieczeństwa - PSS .....	10
5.4. Systemy kontroli.....	11
5.5. Woda chłodząca.....	11
5.6. Sprężone powietrze.....	12
6. Lokalizacja linii badawczej SMAUG w hali doświadczalnej NCPS SOLARIS .....	12
6.1. Szczegółowa lokalizacja linii badawczej SMAUG .....	12
6.2. Media dostępne dla linii badawczej SMAUG .....	13
6.2.1. Woda chłodząca .....	13
6.2.2. Sprężone powietrze .....	14
6.2.3. Zasilanie .....	14
7. Orientacja wiązki i obszar linii SMAUG.....	15
7.1. Wymagania mechaniczne i ograniczenia miejscowe .....	15
7.2. Procedury pozycjonowania.....	17
8. Zakres zamówienia, ogólna lista komponentów i wstępny układ.....	18
9. Optyka rentgenowska linii SMAUG.....	21
9.1. Lustro kolimujące wertykalnie (VCM) .....	22
9.1.1. Definicje i odniesienia.....	22
9.1.2. Chłodzenie.....	24
9.1.3. Diagnostyczny ekran fluorescencyjny .....	24
9.1.4. Mechanizm lustra .....	25
9.1.5. Cokół lub podstawa lustra .....	25
9.1.6. Komora próżniowa .....	25
9.1.7. Silniki oraz enkodery .....	26
9.1.8. Sterowanie panelem interfejsu .....	26
9.2. Monochromator dwukrystaliczny i podwójnie wielowarstwowy .....	27

9.2.1.	Ekran fluorescencyjny .....	28
9.2.2.	Definicje i odniesienia.....	28
9.2.3.	Rekomendowane masy sprzętu .....	29
9.2.4.	Wymogi transportowe .....	29
9.2.5.	Pozycjonowanie .....	29
9.2.6.	Stelaż główny (primary stage) oraz system podparcia .....	30
9.2.7.	Sterowanie kątem braggowskim .....	30
9.2.8.	Translacja boczna .....	31
9.2.9.	Klatka kryształów.....	31
9.2.10.	Kryształy .....	32
9.2.11.	Wielowarstwy.....	33
9.2.12.	Montaż kryształów, kolimator radiacyjny i chłodzenie kryształów.....	35
9.2.13.	Materiały na klatkę kryształów .....	35
9.2.14.	System próżniowy monochromatora.....	35
9.2.15.	Cokół/podstawa monochromatora.....	37
9.2.16.	Silniki oraz enkodery .....	37
9.2.17.	Sterowanie panelem interfejsu .....	37
9.2.18.	Cyfrowy przekaźnik piezoelektryczny .....	37
9.3.	Lustro skupiające pionowo (VFM).....	37
9.3.1.	Definicje i odniesienia.....	38
9.3.2.	Chłodzenie.....	39
9.3.3.	Diagnostyczny ekran fluorescencyjny .....	40
9.3.4.	Mechanizm lustra .....	40
9.3.5.	Cokół lub podstawa lustra .....	40
9.3.6.	Komora próżniowa .....	40
9.3.7.	Silniki i enkodery .....	41
9.3.8.	Sterowanie Panelem Interfejsu.....	42
9.4.	Szczeliny definiujące wiązkę.....	42
9.5.	Przesłona (shutter) wiązki z powłoką fluorescencyjną.....	42
9.6.	Rura przesyłowa wiązki ze stacjami pompującymi (pomiędzy komorą optyczną a stacją eksperymentalną).....	42
9.7.	Komponenty znajdujące się za rurą przesyłową wiązki, zlokalizowane w stacji końcowej.....	43
9.8.	Okno berylowe (lub SiN) .....	44
9.8.1.	Okno końcowe .....	44

10.	Pionowe położenie wiązki promieniowania synchrotronowego w sekcji optycznej i za sekcją optyczną .....	46
11.	System monitorowania pozycji wiązki .....	47
12.	Systemy próżniowe .....	48
13.	Stacja końcowa SAXS .....	49
14.	Pozostałe wymagania .....	52
15.	Projekt linii SMAUG – etapy kontraktu .....	53
15.1.	Wstępny raport projektowy (PDR) .....	53
15.2.	Końcowy raport projektowy (FDR) .....	54
15.3.	Fabryczne/Końcowe Testy Odbiorcze (FAT/SAT) .....	55
16.	Wymagana dokumentacja .....	56
16.1.	Documentacja wymagana z ofertą .....	56
16.2.	Dokumentacja, którą należy dostarczyć lub uzgodnić podczas końcowego przeglądu projektu .....	57
16.3.	Dokumentacja, którą należy dostarczyć przy dostawie .....	58
17.	Harmonogram (projekt, produkcja, dostawa) .....	59
18.	Lista załączników .....	61

## 1. Ogólny opis przeznaczenia linii badawczej SMAUG

Przedmiotem zamówienia jest zaprojektowanie, wykonanie, dostawa i montaż pełnej sekcji optyki rentgenowskiej linii badawczej SMAUG pracującej w zakresie energii twardego promieniowania rentgenowskiego uzyskiwanego z magnesu uginającego (BM02) w Narodowym Centrum Promieniowania Synchrotronowego „SOLARIS”, UJ (Kraków, Polska). Linia synchrotronowa SMAUG jest konstruowana przez Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Szczegółowo zamówienie to obejmie następujące główne elementy linii badawczej SMAUG: kompletny system optyki rentgenowskiej odbierający wiązkę promieniowania ze źródła magnesu uginającego (wstępnie uformowanego w sekcji Front End) i formujący ją do parametrów fizycznych niezbędnych do badań SAXS (małokątowe rozpraszanie promieniowania rentgenowskiego) prowadzonych w stacji końcowej. Sekcja Front End jest objęta odrębnym postępowaniem przetargowym i zostanie zamontowana przez inżynierów SOLARIS. Montaż elementów linii synchrotronowej zostanie wykonany przez pracowników Wykonawcy pod nadzorem Zespołów Zamawiającego i SOLARIS.

**Szczegółowy zakres zamówienia, ogólna lista proponowanych komponentów i wstępny schemat koncepcyjny zaprezentowane są w rozdziale 8.**

Linia badawcza SMAUG wykorzystywana będzie do eksperymentów małokątowego rozpraszania promieni rentgenowskich (SAXS) z wykorzystaniem promieniowania synchrotronowego w zakresie energii w przybliżeniu od 6 do 15 keV.

Stacja końcowa SAXS przeznaczona jest do eksperymentów z rozpraszaniem małych kątów głównie na roztworach biomakromolekuł (BioSAXS) prowadzonych w trybie gromadzenia danych „high-flux” oraz do pomiarów o wysokiej rozdzielczości energetycznej (w tym eksperymentów z rozpraszaniem anomalnym).

Przedmiotem zamówienia są wszystkie elementy funkcjonalne umożliwiające zbudowanie części optycznej linii promieniowej i podłączenie tego urządzenia do stacji końcowej (osobne zamówienie, które zrealizowane ma być w grudniu 2024) w celu wykonania w pełni sprawnej linii synchrotronowej.

Lista skrótów:

PDR - *preliminary design review*

FDR - *final design review*

FAT - *factory acceptance test/tests*

SAT - *site acceptance test/tests* (in SOLARIS NSRC)

BM - *bending magnet*

SDD - *sample to detector distance*

## 2. Ogólny opis linii SMAUG

Linie synchrotronową SMAUG należy zainstalować przy magnesie uginającym (achromat z podwójnym ugięciem, ok. 1,3 Tesli) – sekcja 02 pierścienia akumulacyjnego SOLARIS. Oczekiwane parametry techniczne linii SMAUG połączonej ze stacją końcową SAXS obejmują zastosowanie dwóch opcji konfiguracji optyki rentgenowskiej zaimplementowanych w układzie DCM/DMM - pierwszej o wysokiej rozdzielczości energetycznej (HR - tryb wysokiej rozdzielczości) i drugiej zoptymalizowanej do uzyskania dużego natężenia promieniowania synchrotronowego (HF - tryb wysokiego strumienia).

Oczekiwany rozmiar wiązki (z całkowicie otwartymi szczelinami) wynosi około 200 x 200  $\mu\text{m}$  dla stacji końcowej SAXS. Jednakże Wykonawca może zaproponować także alternatywne rozwiązania dające lepsze parametry wiązki. Oczekiwana rozbieżność wiązki na wejściu do stacji końcowej wynosi około 200  $\mu\text{rad}$ .

W stacji końcowej SAXS oczekiwany strumień fotonów rentgenowskich, obliczony dla energii fotonów 10 keV, powinien wynosić powyżej  $10^{10}$  fotonów/s dla **trybu HR** (DCM Si(111)) i  $10^{12}$  fotonów/s dla **konfiguracji HF** (podwójne wielowarstwy).

W trybie wysokiej rozdzielczości rozdzielczość energii powinna wynosić około  $1,4 \times 10^{-4}$  ( $\delta E/E$ ), natomiast w trybie wydajnego strumienia fotonów rozdzielczość energetyczna powinna wynosić około 0,008-0,02 ( $\delta E/E$ ).

**W dalszym opisie przedmiotu zamówienia przedstawiono koncepcję doboru i rozmieszczenia typowych elementów optycznych (lustra, monochromator). Jednakże zamawiający dozwala potencjalnemu Wykonawcy modyfikację tej koncepcji w celu optymalizacji parametrów wiązki promieniowania synchrotronowego powstającej w części optycznej.**

### 3. Skale czasowe projektu

W ofercie Wykonawca powinien jasno określić proponowany harmonogram osiągnięcia kamieni milowych i dostaw:

- Projekt głównych sekcji optyki rentgenowskiej linii wiązki wraz ze wszystkimi niezbędnymi obliczeniami (ray tracing, przepływ ciepła, itp.);
- Wstępny raport projektowy (PDR);
- Spotkanie przeglądowe projektu w SOLARIS;
- Końcowy raport projektowy (FDR);
- Produkcja elementów optycznych linii (elementów optyki, komponentów próżniowych wraz z mechaniką precyzyjną);
- Fabryczne testy odbiorcze (FAT) pod nadzorem zespołu UAM i SOLARIS;
- Dostawa wszystkich komponentów do SOLARIS;
- Instalacja systemu linii badawczej pod nadzorem zespołu UAM i SOLARIS oraz końcowe testy odbiorcze na miejscu (SAT);
- Szkolenie kadry UAM i SOLARIS.

Oczekuje się, że termin dostawy wszystkich elementów linii synchrotronowej nie powinien przekroczyć 18 miesięcy od podpisania umowy. Należy zaplanować dodatkowe 3 miesiące na montaż linii wiązki na miejscu w SOLARIS.

Wszelkie zmiany harmonogramu realizacji umowy, spowodowane nieoczekiwanymi problemami technicznymi, powinny zostać wprowadzone w formie pisemnej w formie aneksu do umowy.

## 4. Opis źródła promieniowania synchrotronowego – magnes uginający

### 4.1. Parametry pierścienia akumulacyjnego SOLARIS

Pierścień akumulacyjny SOLARIS pracuje przy energii 1.5 GeV i skonstruowany jest na bazie podwójnie ugiętych achromatycznych (DBA) struktur magnetycznych (12 systemów DBA). Z akceleratora liniowego do pierścienia wstrzykiwane są pakiety elektronów o energii ~550 keV, a następnie w pierścieniu akumulującym są one rozpędzane do końcowej energii 1,5 GeV. Maksymalna liczba pakietów wynosi 32, a maksymalny prąd wiązki wynosi 500 mA. Projektowa emitancja wiązki poziomo wynosi 6 nmrad, a pionowo 60 pmrad. Energia krytyczna wiązki promieniowania synchrotronowego z magnesu zginającego (pole magnetyczne 1,31 Tesli) wynosi około 2 keV. Szczegółowa specyfikacja znajduje się w załączniku SOURCE.

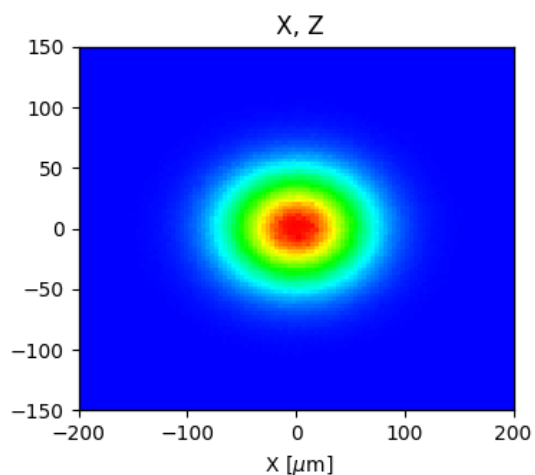
Główne parametry pierścienia akumulacyjnego SOLARIS zawarto w Tabeli 1.

**Tabela 1.** Główne parametry wiązki elektronów zmierzone w środku sekcji DBA

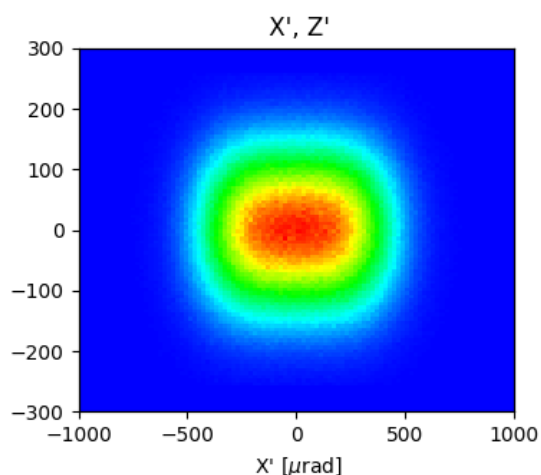
Parameter	wartość
emitancja x	8.05 nmrad
emitancja y	65 pmrad
$\beta_x; \beta_y$	0.220m; 15.78 m
Rozmiar wiązki $\sigma_x; \sigma_y$	44 $\mu\text{m}$ ; 31 $\mu\text{m}$
dywergencja $\sigma_x'; \sigma_y'$	199 $\mu\text{rad}$ ; 3 $\mu\text{rad}$

Rozmiary źródła fotonów i rozbieżność symulowane w oparciu o parametry wiązki elektronów i DBA zostały pokazane na rysunku 1.

**a)**



**b)**



**Rysunek 1.** Symulowane parametry źródła - magnesu uginającego BM02 dla fotonów o energii 10 keV.

**a)** Rozmiary źródła (FWHM):  $100\ \mu\text{m} \times 70\ \mu\text{m}$ ,

**b)** Dywergencja źródła  $0.75\ \text{mrad} \times 0.21\ \text{mrad}$  (dla akceptancji poziomej wiązki  $0.75\ \text{mrad}$ )  
Strumień fotonów przy 10 keV wynosi  $2.68 \times 10^{11}\ \text{ph/s/0.1\% bw}$ .

## 5. Standardy technologiczne NCPS SOLARIS

### 5.1. Standardy próżniowe

Dostawca jest zobowiązany do przestrzegania wymagań i standardów opisujących technologie i materiały dla urządzeń UHV (*ultra high vacuum*) w NSRC SOLARIS oraz przedstawionych w wytycznych dla komponentów UHV w SOLARIS (patrz Załączniki VAC1 i VAC2). W przypadku systemów VHV (*very-high vacuum*) lub HV (*high vacuum*) wymagania i normy są też opisane w tym dokumencie (Tabela A).

Tabela A. Definicja zakresów próżni.

Obszar ciśnienia	Zakres ciśnienia (mbar)	Typowy współczynnik wycieku* (mbar·l·sec <sup>-1</sup> )	Typowa szybkość odgazowywania* (mbar·l·sec <sup>-1</sup> ·cm <sup>-2</sup> )
Niska próżnia (LV)	1000 – 1	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-4</sup>
Średnia Próżnia (MV)	1 – 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-7</sup>
Wysoka próżnia (HV)	10 <sup>-3</sup> – 10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-9</sup>
Bardzo wysoka próżnia (VHV)	10 <sup>-7</sup> – 10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-11</sup>
Ultrawysoka próżnia (UHV)	10 <sup>-9</sup> – 10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-13</sup>
Ekstremalnie wysoka próżnia (EHV)	P<10 <sup>-12</sup>	<10 <sup>-12</sup>	<10 <sup>-15</sup>

\*zgodnie z ASTeC - Accelerator Science and Technology Centre

### 5.2. Standardy mechaniczne

Dostawca jest zobowiązany do przestrzegania wymagań opisanych w normach mechanicznych NCPS SOLARIS (patrz Załącznik MECH1). Informacje na temat geometrii wiązki i ograniczeń przestrzennych linii podano w załącznikach MECH2, MECH10-BM02, MECH11-BM02, MECH12-BM02, MECH13-BM02, MECH14-BM02 and FE1-BM. Wytyczne w zakresie standardowych procedur precyzyjnego pozycjonowania znajdują się w Załączniku ALIGN. Wszystkie komory i główne komponenty powinny być dostarczone z danymi fidualizacji, które umożliwią proces fidualizacji podczas instalacji.

### 5.3. Systemy bezpieczeństwa - PSS

Stosowane w NCPS SOLARIS systemy bezpieczeństwa PSSPLC dzielą się na dwa podsystemy: PSS Synchrotronu oraz PSS linii eksperymentalnej. System ochrony urządzeń (ang. Machine Protection System – MPS) oraz System ochrony ludzi (system ochrony ludności

(ang. Personal Safety System – PSS) zostały zaprojektowane po to, aby chronić personel i użytkowników przed promieniowaniem jonizującym, poprzez kontrolowanie dostępu do wyznaczonych terenów i zatrzymanie pracy synchrotronu w przypadku zaistnienia sytuacji niebezpiecznej. Bazuje ono na sterownikach PLC (programmable logic controllers), zawiera elementy niezawodne, bezpieczne w razie uszkodzenia, redundantne i zróżnicowane (szczególnie najbardziej krytyczne części).

Wykonawca dostarczy wytyczne do projektu systemów bezpieczeństwa. Wszystkie wytyczne do projektu powinny być dostarczone w okresie do 2 miesięcy od zaakceptowania projektu całości (FDR).

Obecnie dysponujemy wynikami obliczeń radiologicznych oraz projektem osłon. Na ich bazie oraz na bazie oferty na sekcję optyczną zostanie podjęta decyzja o budowie klatki radiacyjnej, jak i integracji z istniejącym w NCPS Solaris systemem PSS.

Wykonawca dostarczy wykaz tych urządzeń, które wymagają podłączenia do systemów PLC, a w szczególności schematy podłączeń elektrycznych dedykowanych interfejsów i złącz zewnętrznych, wymagane parametry prądowe, napięciowe itd.

Preferowanymi urządzeniami obsługiwanymi przez systemy bezpieczeństwa PLC, są te, które akceptują 24 VDC jako standardowe napięcie na zewnętrznych interfejsach wejściowo-wyjściowych.

#### **5.4. Systemy kontroli**

Dostawca ma obowiązek przestrzegać wymagań technologicznych opisanych w Standardach dotyczących systemu sterowania dla nowych komponentów akceleratora, Front End i linii pomiarowej (Załącznik CS0) oraz w *Standardach sterowania ruchem* (Załącznik CS1). Szczegółową matrycę odpowiedzialności za systemy sterowania może zostać przekazana przez Zamawiającego na prośbę potencjalnego Oferenta.

#### **5.5. Woda chłodząca**

Dostawca zobowiązany jest przestrzegać wymagań NCPS SOLARIS dotyczących standardów wody chłodzącej, opisanych w załączniku WAT-CW1.

Wykonawca powinien przedstawić wymagania techniczne dla sekcji optycznej w zakresie wykorzystania instalacji wody chłodzącej, o ile przewiduje jej wykorzystanie podczas realizacji

zlecenia. Dane te powinny zostać przedstawione najpóźniej podczas spotkania PDR aby możliwe było ich uwzględnienie na etapie projektowania klatki radiacyjnej dla sekcji optyki rentgenowskiej.

## **5.6. Sprężone powietrze**

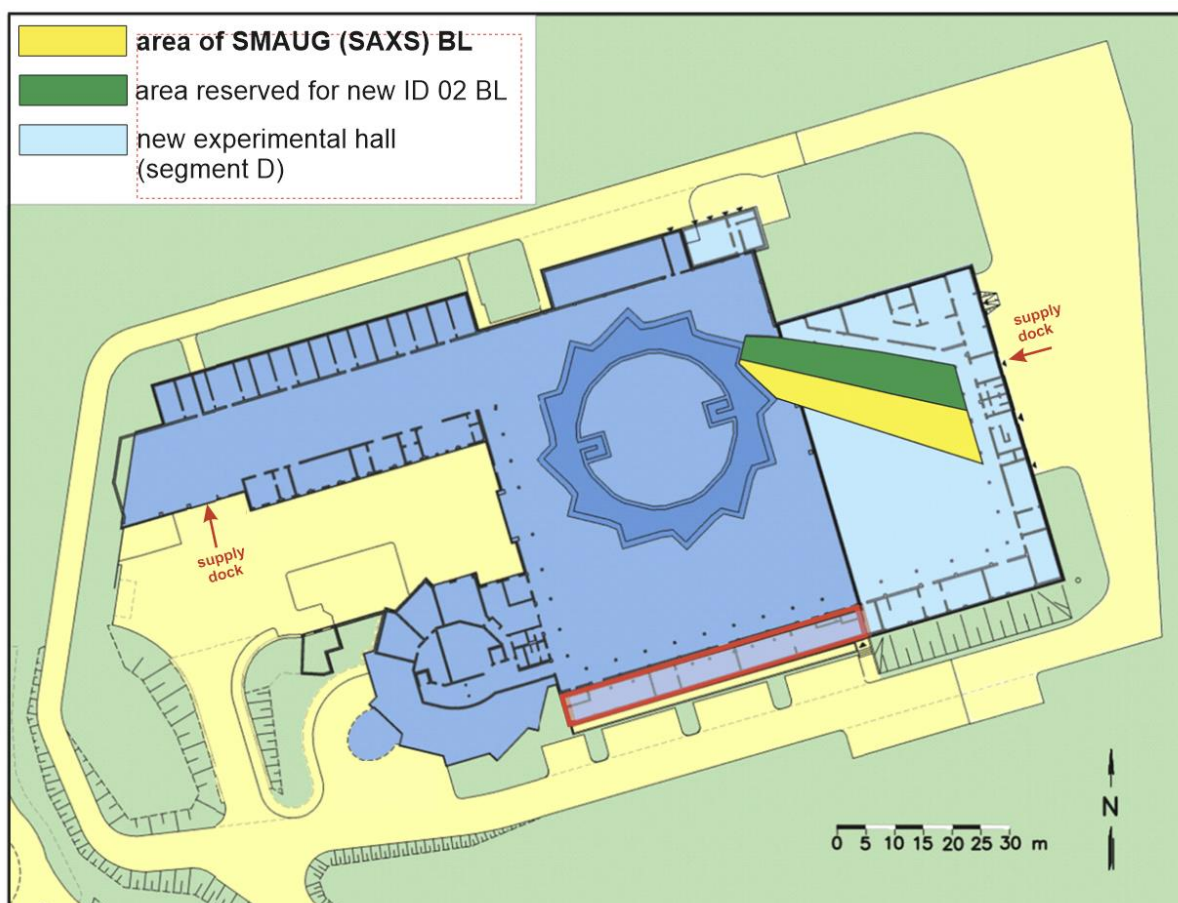
Wykonawca powinien przedstawić wymagania sekcji optycznej linii SMAUG w zakresie wykorzystania instalacji sprężonego powietrza (pobór ciągły, chwilowy pobór maksymalny). Dane te powinny zostać przedstawione najpóźniej podczas spotkania PDR aby możliwe było ich uwzględnienie na etapie projektowania klatki dla optyki rentgenowskiej.

Dostawca zobowiązany jest przestrzegać wymagań NCPS SOLARIS dotyczących standardów sprężonego powietrza, opisanych w załączniku WAT-CA1.

# **6. Lokalizacja linii badawczej SMAUG w hali doświadczalnej NCPS SOLARIS**

## **6.1. Szczegółowa lokalizacja linii badawczej SMAUG**

Linia badawcza SMAUG zostanie umieszczona w nowej (rozbudowanej) hali eksperymentalnej NCPS SOLARIS. Szczegółową lokalizację linii na projekcie hali eksperymentalnej przedstawiono na rysunku 2. Szczegóły znajdują się w Załącznikach MECH10-BM02, MECH11-BM02 and MECH15-BM02.



**Rysunek 2.** Nowa hala eksperymentalna SOLARIS (jasnoniebieska) z zaznaczonym schematycznie (żółty) rejonem przeznaczonym do montażu linii badawczej SMAUG.

## 6.2. Media dostępne dla linii badawczej SMAUG

### 6.2.1. Woda chłodząca

W hali doświadczalnej dostępna jest instalacja wody chłodzącej służąca do chłodzenia elementów optycznych i innych komponentów linii badawczej SMAUG. Wykonawca powinien określić rodzaj, parametry i proponowaną lokalizację przyłączenia do lokalnej sieci wody chłodzącej. Szczegóły dotyczące standardów SOLARIS znajdują się w Załączniku WAT-CW1. Schematyczne przedstawienie lokalnej sieci wody chłodzącej (dostęp do wody chłodzącej) w hali doświadczalnej NSRC SOLARIS oraz dodatkowe dane technologiczne na życzenie Wykonawcy mogą zostać udostępnione.

### 6.2.2. Sprężone powietrze

W nowej części hali doświadczalnej NSRC SOLARIS zainstalowano instalację sprężonego powietrza dla linii promieniowej SMAUG. Wykonawca powinien określić podstawowe parametry technologiczne, rodzaj i lokalizację przyłączenia do sieci sprężonego powietrza. Szczegóły dotyczące standardów SOLARIS znajdują się w Załączniku WAT-CA1. Na życzenie Wykonawcy mogą zostać udostępnione odpowiednie dane technologiczne.

### 6.2.3. Zasilanie

Zamawiający zapewnia zasilanie w energię elektryczną o napięciu 230/400 V i częstotliwości 50Hz.

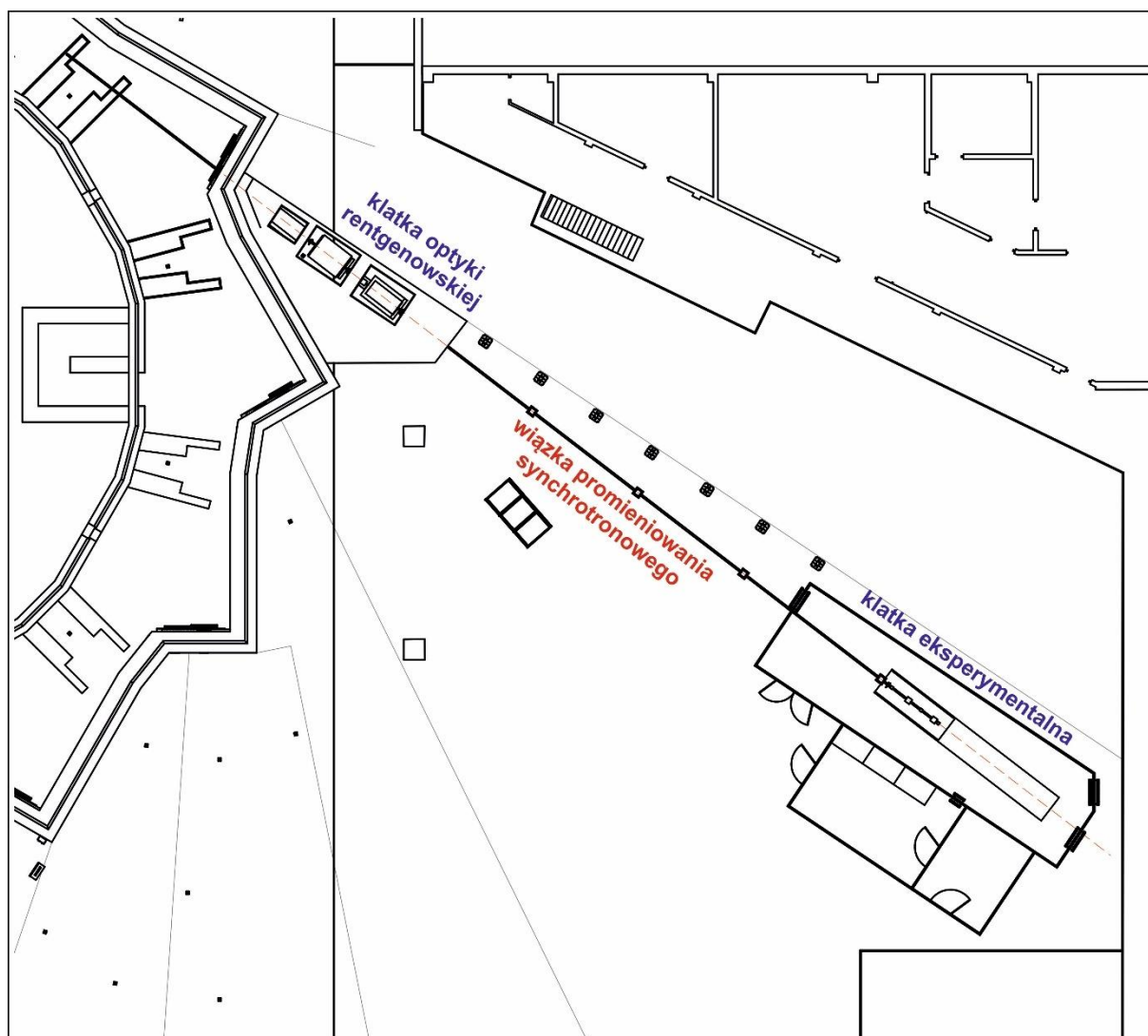
Do podłączenia urządzeń należy wykorzystać wtyk 16 A typu E dla napięcia 230 V oraz wtyk CEE 32A 5P dla napięcia 400V. Ze względu na niewielkie odległości od źródła zasilania na obiekcie, wszelkie zabezpieczenia nadprądowe powinny mieć wytrzymałość zwarciovą na poziomie 10 kA.

## 7. Orientacja wiązki i obszar linii SMAUG

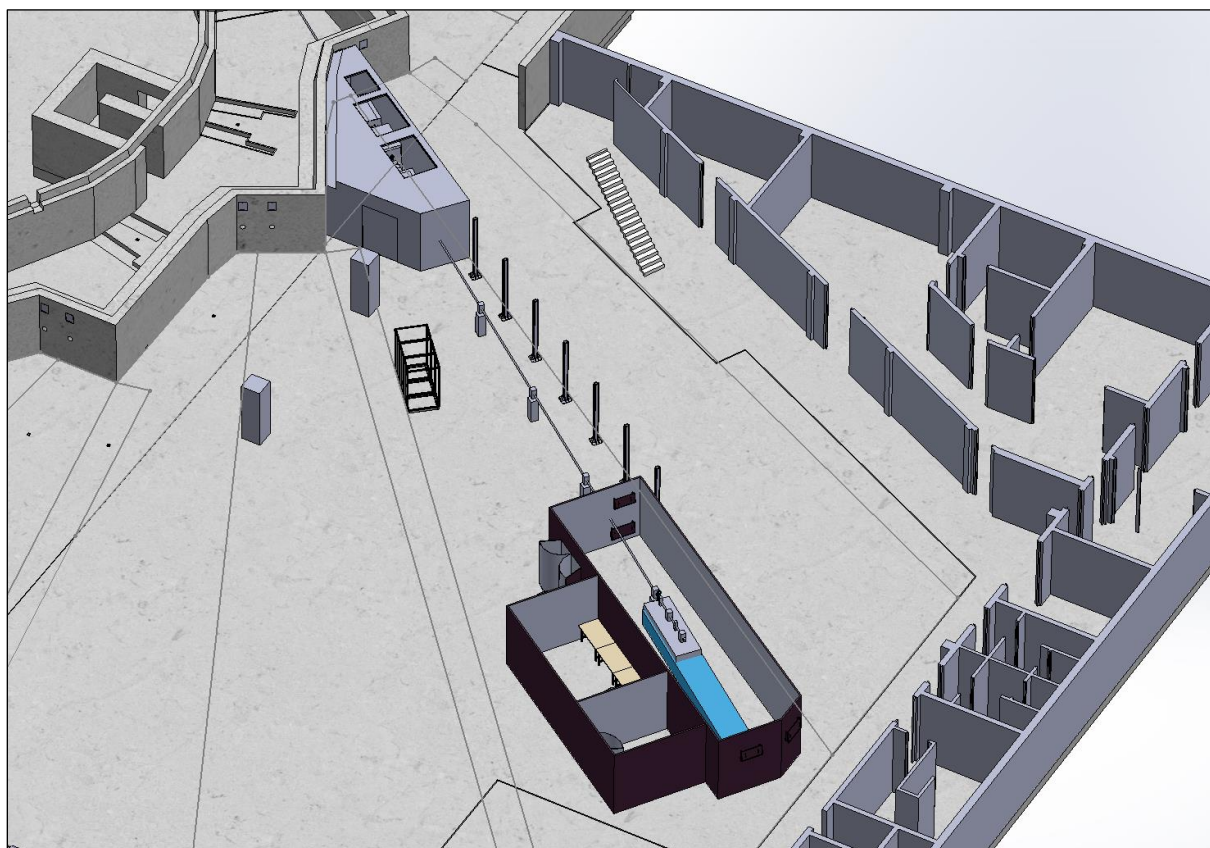
### 7.1. Wymagania mechaniczne i ograniczenia miejscowe

Elementy optyczne zostaną zainstalowane w klatce przeciwradiacyjnej optyki rentgenowskiej linii SMAUG (sektor BM02) SOLARIS. Wstępny projekt obudowy optyki rentgenowskiej i ograniczenia przestrzenne można znaleźć w załączniku MECH15-BM02. Plik STEP z projektem klatki dla optyki rentgenowskiej może być udostępniony na życzenie Zamawiającego.

b)



b)

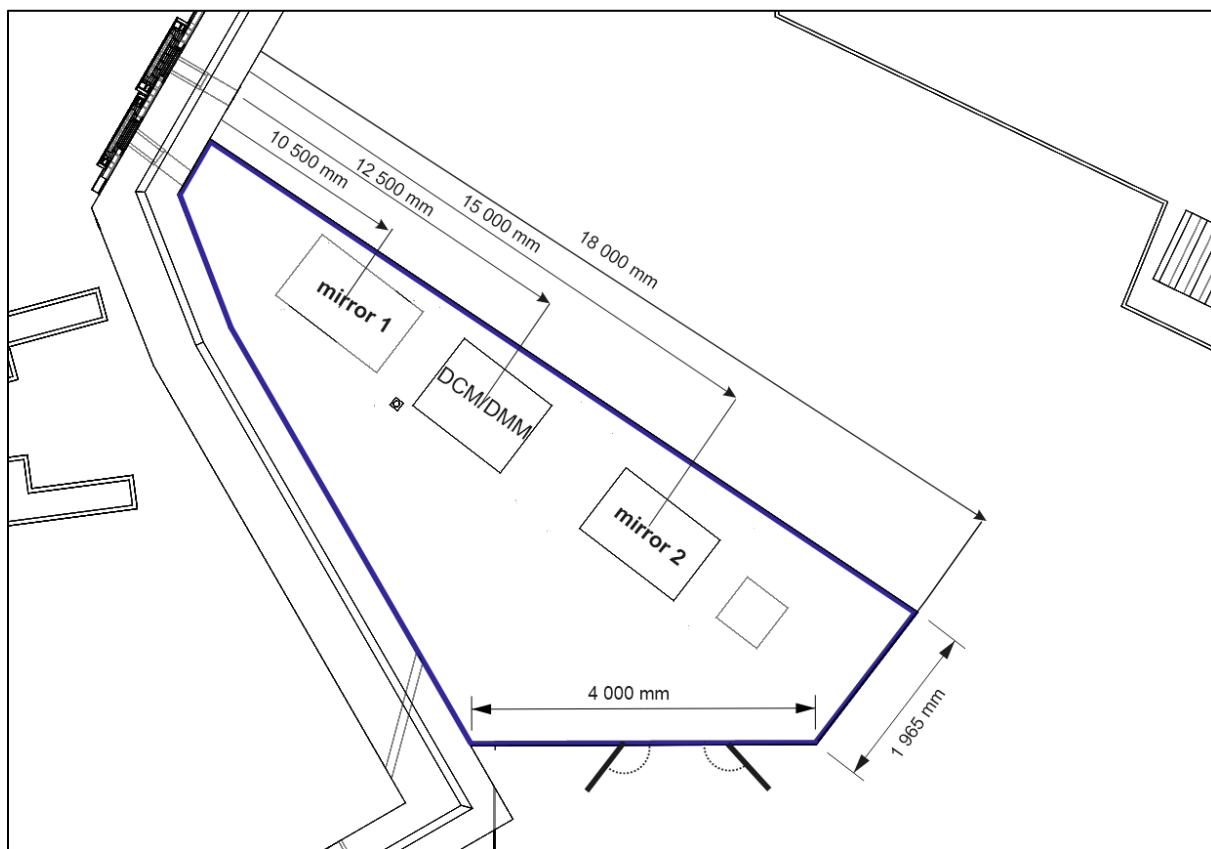


**Rysunek 3.** Projekt koncepcyjny linii badawczej SMAUG – A) Klatka optyki rentgenowskiej z przewidywaną lokalizacją komponentów optycznych i klatka eksperymentalna (stacja końcowa). W sekcji optyki rentgenowskiej zostało zaznaczone położenie głównych komponentów (lustra i monochromator) wraz z dedykowanymi otworami w konstrukcji dachu, B) Trójwymiarowa reprezentacja pełnej linii wiązki SMAUG z XEUSS 3.0 UHR umieszczonym w kabinie eksperymentalnej.

Ostateczny projekt klatki, uwzględniający otwory w suficie pod montaż elementów optycznych, zostanie przygotowany przez SOLARIS po szczegółowym projekcie całego układu optycznego dostarczonego przez Wykonawcę. Wstępną lokalizację klatki sekcji optycznej SMAUG i stacji doświadczalnej (końcowej) w hali przedstawiono na rysunku 3, natomiast projekt koncepcyjny klatki optyki rentgenowskiej na rysunku 4.

Nominalna wysokość osi wiązki fotonów wynosi  $z_{\text{WHITE}}=1300$  mm nad poziomem podłogi. Wiązka fotonów z BM jest pozioma i równoległa do podłogi. Ogólne standardy i praktyki SOLARIS związane z podporami i inżynierią mechaniczną opisano w Załączniku

MECH1 i należy ich przestrzegać na etapie projektowania i instalacji. Przykładowe charakterystyki drgań podłogi w hali doświadczalnej przedstawiono w Załączniku VIB1.



**Rysunek 4.** Wstępny projekt koncepcyjny klatki optycznej SMAUG z przewidywaną lokalizacją komponentów optycznych oraz otworami w dachu do ich transportu.

## 7.2. Procedury pozycjonowania

W celu dopasowania elementów układu optycznego podczas montażu należy przygotować odpowiednią ilość otworów gwintowanych wykonanych zgodnie ze standardem SOLARIS (Załącznik ALIGN) jako podporę dla odbłyśników Leica RRR (średnica 1,5 cala). Wymaganą liczbę i lokalizację punktów odniesienia należy uzgodnić z SOLARIS. Po uzgodnieniu Zamawiający (SOLARIS) prześle Wykonawcy gniazda w celu montażu i sprawdzenia. Punkty odniesienia muszą być odniesione do płaszczyzny wiązki fotonów i osi z dokładnością do 0,1 mm i dokładnością kątową mniejszą niż 0,2 mrad. Komory próżniowe optyki powinny być podparte specjalnym wspornikiem umożliwiającym korekcję położenia we wszystkich kierunkach. System wsporników musi umożliwiać ustawienie komór z dokładnością do 0,1 mm w zakresie co najmniej  $\pm 15$  mm w pionie i  $\pm 15$  mm w poziomie i wzdłuż. SOLARIS zapewni wspólne narzędzia montażowe zgodnie z ustaleniami z Wykonawcą. Elementy systemu muszą być wyposażone w pętle transportowe umożliwiające

ich zamocowanie w klatce przy użyciu żurawia. Żuraw (o udźwigu 8 ton) zapewnia maksymalną wysokość haka dźwigu nad ziemią wynoszącą 4 m.

## **8. Zakres zamówienia, ogólna lista komponentów i wstępny układ**

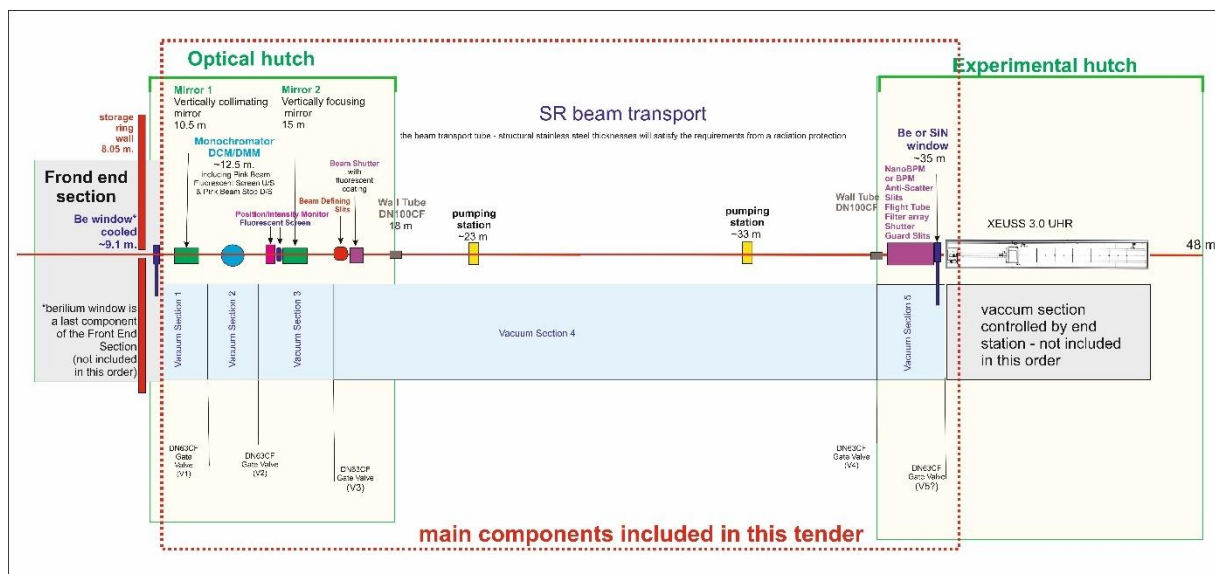
W ramach niniejszego przetargu Zamawiający oczekuje, że Wykonawca zaprojektuje, wykona i zainstaluje kompletną sekcję optyki rentgenowskiej umieszczoną pomiędzy sekcją Front End i stacją końcową linii SMAUG wraz z linią transferową promieniowania synchrotronowego. W zakresie zamówienia są więc wszystkie elementy optyki rentgenowskiej oraz wszystkie komponenty diagnostyczne linii, układy formujące wiązkę (slity), beam shutter, itp. W zamówieniu muszą zostać uwzględnione również wszystkie niezbędne komponenty próżniowe (zawory, pompy, rury transferowe, mieszki próżniowe itp.). Wykonawca dostarczy również kable wchodzące i wychodzące z systemu próżniowego, złącza elektryczne umieszczone na wspólnej skrzynce przyłączeniowej (panelu krosowym) dla każdego zestawu urządzeń. Dostawca jest odpowiedzialny za projekt wewnętrznego okablowania danego urządzenia. Wykonawca dostarczy zasilacze i sterowniki (do pomp jonowych, mierników próżni) zgodne ze standardem SOLARIS

Poponowany podział sekcji próżniowych zaprezentowany jest na rysunku 5. Zamawiający przewidział minimalną ilość 5 sekcji próżniowych, aby zapewnić wymagane parametry próżniowe. Zamawiający pozostawia jednak propozycję ilości sekcji próżniowych Wykonawcy.

**Zamawiający oraz NCPS SOLARIS dostarczą systemy sterowania ruchem typu IcePap, które są obowiązującym w NCPS SOLARIS standardem. Dodatkowo Zamawiający wykona we własnym zakresie pełne okablowanie (systemy niskoprądowe, zasilające i IT dla linii SMAUG). Od Wykonawcy będą oczekiwane w tym zakresie szczegółowe wytyczne techniczne.**

Graficzna reprezentacja proponowanego rozmieszczenia komponentów linii SMAUG wraz z podziałem na proponowane sekcje próżniowe przedstawiona została na rysunku 5 oraz podsumowana w tabeli 2.

W kolejnych sekcjach niniejszego opisu technicznego zamieszczone są szczegółowe wymagania techniczne charakteryzujące główne komponenty optyczne linii badawczej SMAUG.



**Rysunek 5.** Graficzna reprezentacja proponowanego zakresu zamówienia. Wykonawca może zaproponować w ofercie modyfikację proponowanego tutaj układu, w tym lokalizację komponentów i liczbę sekcji próżniowych

**Tabela 2.** Lista proponowanych komponentów. Linia badawcza SMAUG będzie składać się z następujących elementów umieszczonych pomiędzy sekcją front end (zakończoną chłodzonym wodą oknem Be) a stacją końcową (system XEUSS 3.0 UHR).

Sekcja optyczna część 1 – zlokalizowana w hutchu optycznym
<b>Główne komponenty:</b>
<b>Sekcja próżniowa 1</b>
Diagnostyczny ekran fluorescencyjny
Lustro kolimujące pionowo (VCM) – <i>10.5 m od źródła</i>
Zawór bramowy (V1) <i>Gate Valve (V1)</i>
<b>Sekcja próżniowa 2</b>
Szczeliny białej wiązki (white beam slits)
Monochromator DCM/DMM razem z ekranem fluorescencyjnym (Pink Beam Fluorescent Screen) U/S oraz wygaszaczem wiązki różowej (Pink Beam Stop) D/S – <i>12.5 od źródła</i>
Kolimator radiacyjny – zgodnie z raportem bezpieczeństwa radiologicznego (opis – rozdział 9.2.12)
Zawór bramowy (V2) <i>Gate Valve (V2)</i>
<b>Sekcja próżniowa 3</b>
Monitor położenia/intensywności ( <i>Position/Intensity Monitor</i> )
Ekran fluorescencyjny

Lustro skupiające pionowo VFM – <i>15 m od źródła</i>
Zawór bramowy (V3) <i>Gate Valve (V3)</i>
Sekcja próżniowa 4
Szczeliny definiujące wiązkę
Przesłona wiązki z powłoką fluorescencyjną ( <i>Beam Shutter with Fluorescent Coating</i> )
Rura ścienna, <i>hutch optyki rentgenowskiej kończy się na 18 m (od źródła)</i>
<b>Linia transferowa promieniowania synchrotronowego (od 18 m do ~34 m)</b>
<b>Komponenty:</b>
Rura próżniowa *
Stacja pompująca 1 ( <i>23 m od źródła</i> )
Stacja pompująca 2 ( <i>33 m od źródła</i> )**
<b>Sekcja optyczna część 2 – zlokalizowana w hutchu eksperymentalnym</b>
<b>Główne komponenty:</b>
Rura ścienna
Pompa próżniowa
Zawór bramkowy (V4) <i>Gate Valve (V4)</i>
Sekcja próżniowa 5***
BPM lub NanoBPM
Macierz filtrów (osłabiaczy wiązki)
Szczeliny anty-rozproszeniowe
Rura wiązki
Przesłona ( <i>Shutter</i> )
Szczeliny ochronne ( <i>Guard slits</i> )
Okno końcowe Be lub SiN
Wszystkie standardowe komponenty próżniowe niewymienione powyżej (np. mieszki, pompy jonowe, zawory zasuwowe (bramkowe), zawory kątowe (całkowicie metalowe), kontrolery do komponentów próżniowych itp.).

\* Rurę transferową wiążkową należy zaproponować zgodnie z raportem dotyczącym ekranowania radiacyjnego, który jest dostępny na żądanie u Zamawiającego. Rura z osłoną ołowianą nie jest wymagana.

\*\* Liczba stacji pomp powinna zostać wyjaśniona podczas PDR.

\*\*\* Kolejność komponentów kondycjonowania optyki Zamawiający pozostawia do ustalenia z Oferentem najpóźniej do PDR.

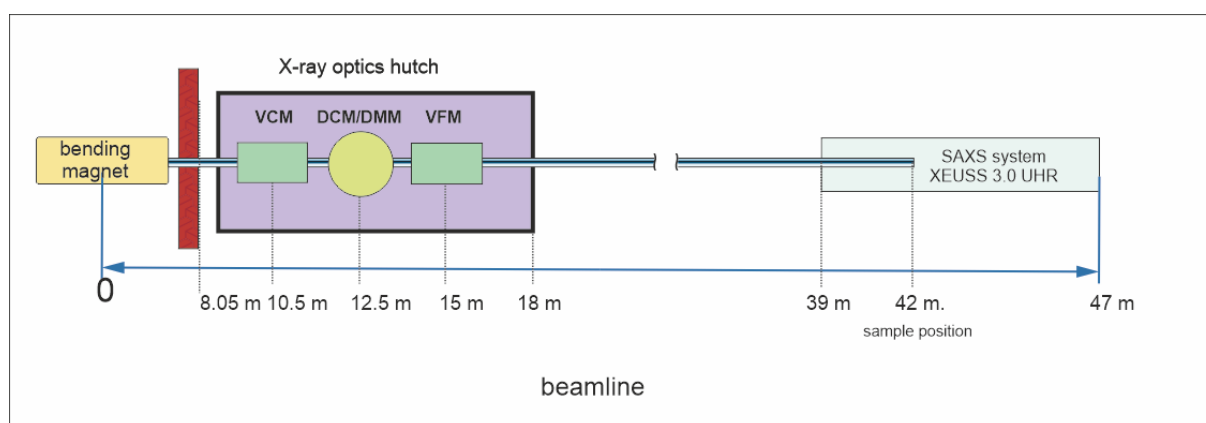
## 9. Optyka rentgenowska linii SMAUG

Głównymi komponentami optyki rentgenowskiej linii synchrotronowej SMAUG (patrz ogólny układ – rysunek 6) są:

- Lustro kolimujące pionowo (wertykalnie) (VCM);
- Monochromator dwukrystaliczny i podwójnie wielowarstwowy (DCM/DMM);
- Wertykalne lustro skupiające (VFM).

Głównymi komponentami do kształtowania i diagnostyki wiązki linii badawczej SMAUG są:

- Systemy szczelin (poziome i pionowe);
- Zespół ekranów fluorescencyjnych;
- Monitor(y) pozycji i intensywności wiązki
- BPM lub NanoBPM oraz komponenty umieszczone w sekcji kondycjonowania wiązki
- System szybkiego sprzężenia zwrotnego w pozycjonowaniu wiązki



**Rysunek 6.** Schematyczny układ komór próżniowych głównych elementów linii badawczej SMAUG. BM – magnes uginający, VCM – zwierciadło kolimujące pionowo, DCM/DMM – monochromator dwukrystaliczny i podwójnie wielowarstwowy, VFM – zwierciadło skupiające pionowo, SAXS – kamera eksperymentalna (system SAXS). Należy pamiętać, że ostatni element sekcji FE kończy się na 9,1 m (licząc od źródła).

Analizę śledzenia promieni (*ray tracing*) dla powyższej koncepcji podsumowano w załączniku RAY-TRACING-BM02. Testowane opcje obejmowały ogniskowanie wiązki w pozycji próbki (42 m), w środku tuby SAXS (45 m) i na końcu tuby SAXS (48 m).

Zachęca się potencjalnego Wykonawcę do komentowania wszelkich aspektów niniejszej specyfikacji oraz do identyfikowania możliwych modyfikacji, które mogłyby prowadzić do poprawy parametrów lub obniżenia kosztów bez uszczerbku dla specyfikowanej wydajności.

**Zamawiający dopuszcza możliwość modyfikacji tej koncepcji przez potencjalnego Wykonawcę w celu optymalizacji parametrów wiązki promieniowania synchrotronowego formowanej w sekcji optycznej.**

Oczekuje się, że odległość źródła od próbki (położenie głowicy goniometru / położenie próbki w komorze BioSAXS) wyniesie ok. 42 m od źródła.

## 9.1. Lustro kolimujące wertykalnie (VCM)

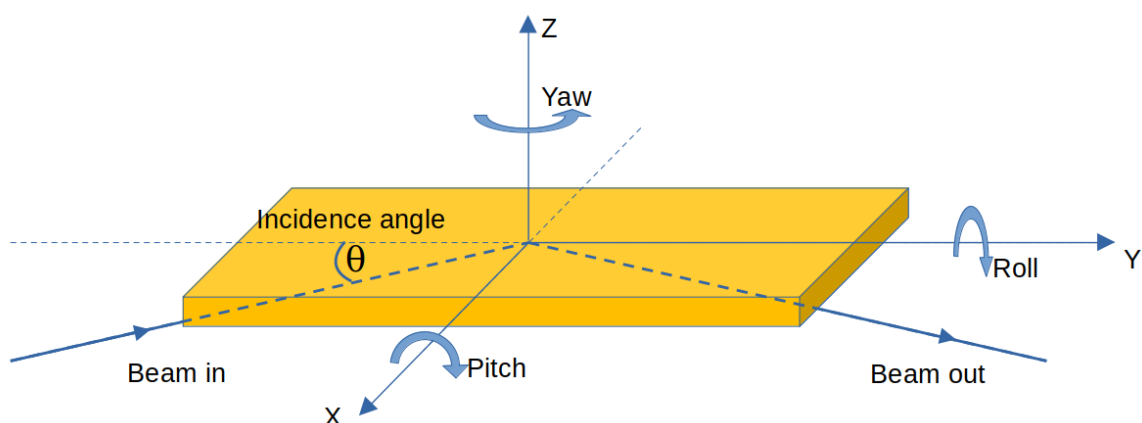
Główną rolą lustra VCM jest:

- przejście początkowego obciążenia cieplnego białej wiązki promieniowania synchrotronowego z BM
- odcięcie fotonów o energiach wyższych niż ~15 keV;
- zebranie strumienia białej wiązki DBA, tak aby odbite promienie były równoległe w kierunku pionowym.
- skupienie odbitego promieniowania poziomo w środku tubusu SAXS (~45 m od źródła) w środkowym zakresie kątowej pozycji roboczej

Pozwoli to na osiągnięcie maksymalnej rozdzielczości energetycznej monochromatora dwukrystalicznego, określonej przez wewnętrzną szerokość Darwina odbicia Si(111). Powinno być zorientowane poziomo – odbijając wiązkę fotonów w dół (patrz rysunek 7). Kąt pracy zwierciadła powinien być regulowany, tak aby poziomy punkt ogniskowy przesuwał się pomiędzy pozycją próbki (~42 m) a dalszym końcem SAXS rura (~47 m).

### 9.1.1. Definicje i odniesienia

Diagram pokazany na rysunku 7 wskazuje zależność pomiędzy różnymi stopniami swobody, o których mowa w niniejszej specyfikacji. Są one pokazane w odniesieniu do przebiegu toru wiązki promieniowania.



**Rysunek 7.** Nomenklatura ruchów lustra VCM.

Zwierciadło powinno być pokryte rodem naniesionym na podłoże krzemowe i umożliwiać pracę do kąta padania wiązki  $\theta_{\text{MAX}}=5,2$  mrad (w celu wyeliminowania fotonów o energiach wyższych niż  $\sim 15$  keV). Parametry lustra przedstawiono w tabeli 3.

**Zamawiający nie wyklucza możliwości wyginania pierwszego lustra, Oferent może to uwzględnić w ofercie.**

**Tabela 3.** Wymagane parametry VCM.

Parametr	Specyfikacja
Pozycja robocza	Lustro kolimujące wertykalnie (Vertically Collimating Mirror)
Nominalny roboczy kąt padania	5 mrad
Lokalizacja	10,5 m od źródła
Maksymalny kąt padania	$\sim 5.2$ mrad
Stripe	Rh
Obszar aktywny pojedynczego paska	$\sim 850 \times 20$ mm
Wymiar	$\sim 900$ mm
Kształt	toroidal cylinder (z opcją uginania – bending), <i>jednak Oferent może zaproponować inny kształt (np. cylinder) z</i>

	<i>uzasadnieniem</i>
Promień krzywizny	Zależny od lokalizacji TBA*
Błąd nachylenia	< 1 $\mu$ rad RMS
Chłodzenie	Chłodzenie szczelinowe lub boczne z zaciskiem**

\* Dokładne promienie krzywizny VCM należy obliczyć według wzorów:

Główna wartość  $R = 2p/\sin \theta$ , gdzie  $R$  – promień krzywizny,  $p$  – odległość od źródła,  $\theta$  – kąt padania lustra. Przykładowo, dla  $p = 10.5$  m,  $\theta = 5$  mrad, daje to  $R = 4.2$  km.

Minor  $\rho = 2pq\sin(\theta)/(p+q)$ , where  $\rho$  – radius of curvature,  $p$  – distance to the source,  $q$  – distance to the focal point,  $\theta$  - grazing angle of the mirror. Przykładowo  $p = 10.5$  m,  $q = 34.5$  m oraz  $\theta = 5$  mrad dają  $\rho = 8.5$  cm

\*\* Koncepcja ta zależy od parametrów technicznych komponentu zaproponowanego przez Wykonawcę.

Wszelkie szczegóły dotyczące kształtu, wymiarów i jakości powierzchni optyki VCM należy przedstawić w Ofercie wraz z uzasadnieniem proponowanych wartości.

Wszystkie wyniki metrologiczne dotyczące jakości powierzchni optyki i błędów kształtu (chropowatość powierzchni, błędy nachylenia itp.) muszą zostać dostarczone podczas fabrycznych testów odbiorczych.

#### 9.1.2. Chłodzenie

Lustro może być chłodzone wodą, ale bezpośrednie złącza woda-próżnia nie są dozwolone. Szczegóły układu wodnego pozostawiamy do zaprojektowania Wykonawcy, jednakże przykładowy schemat chłodzenia należy przedstawić w ofercie. Normy NCPS SOLARIS dotyczące wody chłodzącej i instalacji wodnej opisane są w Załączniku WAT-CW1 i należy ich przestrzegać na etapie projektowania. Indywidualny schemat chłodzenia (chłodzenie z wykorzystaniem niezależnego systemu chłodzącego) może też zostać zaproponowany.

#### 9.1.3. Diagnostyczny ekran fluorescencyjny

W celu diagnostyki położenia przychodzącej wiązki fotonów, z przodu elementu optycznego należy zainstalować ekran fluorescencyjny. Ekran powinien być pokryty powłoką fosforową (można zaproponować inny ekran fluorescencyjny), która będzie oświetlana wiązką

padającą. Dlatego też port optyczny w komorze próżniowej powinien być zaplanowany tak, aby możliwa była obserwacja maski i wykorzystany przez NCPS SOLARIS do zamontowania własnej kamery CCD (kamery z serii Basler Ace np. acA1280-60gm lub kompatybilne to standardowe urządzenia stosowane w NCPS SOLARIS).

#### 9.1.4. Mechanizm lustra

Mechanizm napędowy systemu lustra powinien zapewniać kontrolę pochylenia (roll), przechyłu (pitch), kąta obrotu wzdłuż z (yaw), translacji horyzontalnie i wysokości. Wszystkie ruchy powinny być napędzane dwufazowym bipolarnym silnikiem krokowym. Podnośniki należy zabezpieczyć przed przesunięciem za pomocą wyłączników krańcowych. Sygnał zwrotny położenia powinien być zapewniony przez enkodery (patrz Załącznik CS1 dotyczący wymagań SOLARIS dla motoryzacji).

Konkretne właściwości/parametry ruchów Wykonawca powinien przedstawić w ofercie.

#### 9.1.5. Cokół lub podstawa lustra

Konstrukcja wsporcza powinna być wykonana z masywnego bloku granitu, który będzie stanowić masę sejsmiczną dla systemu. Powinien być przykręcony (umocowany) do podłogi obiektu za pośrednictwem stalowej płyty fundamentowej i wspierać mechaniczne stopnie regulacji optyki.

Należy również zaplanować ręczną regulację (do wykorzystania w czasie instalacji), aby umożliwić regulację x, y, z oraz kątową komponentów optycznych lustra za pomocą śrub podporowych na płycie podstawy (patrz załącznik ALIGN – przykładowe rozwiązania i wymagane zakresy i precyzja).

#### 9.1.6. Komora próżniowa

Wszystkie mechanizmy wewnątrz przestrzeni UHV powinny być wykonane z materiałów kompatybilnych z UHV, z matowym, polerowanym lub obrobionym wykończeniem, które należy czyścić zgodnie ze standardami próżniowymi SOLARIS. Standardy próżniowe SOLARIS opisano w Załącznikach VAC1 i VAC2. Należy stosować metody łączenia zgodne z UHV (spawanie, lutowanie próżniowe itp.). Punkty podnoszenia należy zaplanować na pokrywie naczynia.

Wymagania dotyczące próżni dla VCM muszą być zgodne ze standardem UHV lub co najmniej VHV (po ustaleniu z Zamawiającym):

- Ciśnienie bazowe  $\leq 5 \cdot 10^{-10}$  mbar

- Poziom wycieku (suma wszystkich wycieków)  $\leq 5 \cdot 10^{-10}$  mbar·l/s
- Kryteria RGA: suma ciśnień cząstkowych mas powyżej masy 44 do 100 jest mniejsza niż  $5 \times 10^{-3}$  całkowitego ciśnienia w układzie szczelnym o ciśnieniu całkowitym poniżej  $1 \cdot 10^{-9}$  mbar
- Szybkość odgazowania  $\leq 1 \cdot 10^{-11}$  mbar·l·sec<sup>-1</sup>·cm<sup>-2</sup> (tylko, jeżeli ta procedura może być zastosowana dla tego rozwiązania).

Płyta podstawy komory powinna być wyposażona w gniazda mocowania punktów odniesienia w celu pozycjonowania podczas instalacji zgodnie z wymaganiami SOLARIS (opisanymi w dodatku ALIGN).

W ofercie należy przedstawić listę planowanych króćców podciśnieniowych wraz ze specyfikacją i uzasadnieniem przeznaczenia (np. wlot wiązki, wylot wiązki, pompa jonowa, zawór RA do pompy wstępnej, wzierniki, manometry, przepusty chłodzące i elektryczne, wspornik lustra, port „załadunku”, port serwisowy itp.). Dokładna liczba, specyfikacja, uzasadnienie i rozmieszczenie tych portów muszą zostać omówione na etapie projektowania i zatwierdzone przed rozpoczęciem produkcji.

Wymagania dotyczące próżni wewnątrz komory VCM przedstawiono w Załączniku VAC1 i VAC2.

#### 9.1.7. Silniki oraz enkodery

Wszystkie ruchy (motoryzacja) będą napędzane dwufazowymi silnikami krokowymi. Stosowanie silników próżniowych należy uzgodnić z NCPS SOLARIS przed Projektem Ostatecznym (patrz Załącznik CS0). Zamawiający dopuszcza stosowanie silowników piezoelektrycznych dla określonych rozwiązań technicznych (tylko jeśli jest to konieczne).

Wszystkie ruchy silników powinny być kontrolowane przez enkodery (patrz Załącznik CS1 dotyczący standardów i praktyk stosowanych w NSRC SOLARIS w motoryzacji).

#### 9.1.8. Sterowanie panelem interfejsu

Kable wychodzące z przyrządu powinny prowadzić z patch panelu do panelu sterowania (lub racku) znajdującego się z boku szafy sterowania lokalnego, z którą łączą się kable obiektowe i gdzie powinny być dostępne.

## 9.2. Monochromator dwukrystaliczny i podwójnie wielowarstwowy (DCM/DMM)

Monochromator powinien być urządzeniem hybrydowym lub tandemowym czyli DCM oraz DMM, powinien być umieszczony w jednej komorze próżniowej. Monochromator powinien zawierać 2 zestawy optyki dyfrakcyjnej – zestaw dwóch monokryształów krzemu Si(111) i parę wielowarstwowych optyk – aby obsłużyć zarówno konfiguracje o wysokiej rozdzielczości energetycznej, jak i konfigurację o wysokim strumieniu fotonów. Precyzyjne rozmieszczenie i mechanizm ruchu optyki podczas zmiany energii oraz wymiany kryształów i wielowarstw w wiązce fotonów pozostawia się do zaprojektowania Wykonawcy. Zakres roboczy kryształów Si(111) powinien obejmować energie fotonów ~6-15 keV, a wielowarstwy (dwa podwójne zestawy wielowarstw) powinny obejmować ~6-15 keV przy względnej szerokości pasma energii około 0,8 - 2%. Aby wybrać odpowiedni pasek, należy zastosować translację boczną. **Zamawiający oczekuje, że Wykonawca przedstawi konkretną propozycję materiałów wielowarstwowych, który zostanie wykorzystany do budowy segmentu monochromatora wielowarstwowego, wraz z uzasadnieniem** (Multilayer Mirrors ML1, ML2, ML3, ML4; szczegóły patrz pkt. 8.2.11).

DCM powinien zaakceptować pełny rozmiar wiązki padającej podany przez VCM.

Elementy optyczne powinny być chłodzone wodą. Należy podać obliczenia obciążenia cieplne optyki.

Dwa odbijające elementy optyczne powinny być względem siebie antyrównoległe. Pożądaną energię fotonów wybiera się obracając cały zestaw, zmieniając w ten sposób kąt Bragga ( $\theta_B$ ), utrzymując elementy optyczne równoległe względem siebie. Pierwszy element optyczny można wprowadzić do wiązki synchrotronowej za pomocą rotacji Bragga i translacji prostopadłej.

Wiązka odbija się od powierzchni dyfrakcyjnej drugiego elementu optycznego i opuszcza monochromator równoległe do wiązki padającej ze stałym przesunięciem. Stałe przesunięcie wiązki wychodzącej uzyskuje się poprzez przesunięcie drugiego elementu optycznego w kierunku prostopadłym do ich powierzchni dyfrakcyjnych.

DCM/DMM powinien składać się z następujących podsystemów:

- Stelaż główny (primary stage): jego celem jest sztywne podparcie klatki kryształów i zapewnienie głównego obrotu Bragga.
- Klatka kryształów: celem jej stosowania jest umieszczenie kryształów monochromatora i zapewnienie precyzyjnej translacji i regulacji pierwszego i drugiego zestawu kryształów.
- System próżniowy, który składa się ze zbiornika zamykającego klatkę kryształów, ramy montażowej oraz różnych przepustów elektrycznych, chłodzących i mechanicznych powiązanych z klatką kryształów.
- Elementy sterujące monochromatora: celem wykorzystania elementów sterujących monochromatora jest przede wszystkim poruszanie elementami sterującymi ruchem zarówno stopnia głównego, jak i klatki kryształów. Jedynymi elementami układu sterowania objętymi zakresem niniejszego zamówienia powinny być elementy przeznaczone do piezosiłowników. **Dla elementów sterujących niespełniających standardów NSRC SOLARIS w zakresie sterowania ruchem (patrz Załącznik CS1) Wykonawca powinien zapewnić odpowiednie „urządzenie serwerowe” (device server) i przedstawić je w ostatecznej ofercie.**

Szczegółowy opis wymagań stawianych podukładowi monochromatora przedstawiono w kolejnych akapitach.

#### 9.2.1. Ekran fluorescencyjny

Przed monochromatorem należy do komory monochromatora podłączyć pojedynczą komorę próżniową zawierającą ekran fluorescencyjny. Ekran fluorescencyjny należy przesuwac za pomocą siłownika pneumatycznego (pozycje IN i OUT) lub silnika krokowego. Komora próżniowa powinna być wyposażona we port optyczny umożliwiający obserwację ekranu fluorescencyjnego za pomocą kamery CCD

#### 9.2.2. Definicje i odniesienia

Diagram pokazany na rysunku 8 wskazuje zależności pomiędzy różnymi stopniami swobody, o których mowa w niniejszej specyfikacji. Są one pokazane w odniesieniu do toru wiązki promieniowania.



#### 9.2.6. Stelaż główny (primary stage) oraz system podparcia

Stelaż główny powinien obejmować następujące komponenty:

- goniometr z napędem ślimakowym (lub inny odpowiedni) z systemem enkodera;
- jeden zmotoryzowany system suwakowy do pozycjonowania goniometru w kierunku poprzecznym w poprzek wiązki podczas wstępnej konfiguracji i do wyboru zestawu kryształów;
- Cokół granitowy.

Dopuszczalne jest alternatywne rozwiązanie, które wraz z uzasadnieniem może przedstawić Wykonawca.

Stelaż główny powinien składać się z goniometru o wysokiej precyzji z poziomą osią obrotu. Zostanie on ustawiony i spozycjonowany prostopadle do osi wiązki odbitej od VCM znajdującego się powyżej. Solidny granitowy cokół powinien wspierać goniometr i klatkę kryształów, zapewniając im maksymalną stabilność.

Należy zapewnić mechanizm umożliwiający regulację wysokości, nachylenia i przechyłu całego monochromatora, aby umożliwić ustawienie go w stosunku do osi wiązki przychoďzącej. Dokumentację pomiarów wydajności/stabilności stelaża głównego należy dostarczyć przy dostawie.

Szczegółowe parametry ruchów stelaża głównego powinny zostać określone i przedstawione wraz z uzasadnieniem przez Wykonawcę (przykładowy zestaw wymagań eksploatacyjnych stelaża głównego (*primary stage*) przedstawiono w tabeli 4).

#### 9.2.7. Sterowanie kątem braggowskim

Sterowanie kątem Bragga powinno być realizowane w systemie z całkowicie zamkniętą pętlą. Goniometr powinien być uruchamiany za pomocą mechanizmu ślimakowego lub innego odpowiedniego goniometru z enkoderem, który z kolei powinien być napędzany motoreduktorowym dwufazowym silnikiem krokowym. Stół obrotowy powinien być wyposażony w dwa wyłączniki krańcowe zabezpieczające go przed przekroczeniem przesuwu klatki krzysztalów.

#### 9.2.8. Translacja boczna

Boczna translacja układu kryształów/wielowarstw napędzanego silnikiem krokowym powinna umożliwić wybór pomiędzy kryształami a zestawami wielowarstwowymi.

#### 9.2.9. Klatka kryształów

Klatka kryształów powinna zawierać następujące główne elementy:

- Kryształy krzemu (X1, X2);
- Lustra (struktury) wielowarstwowe (ML1, ML2 oraz ML3, ML4);
- Kompletny układ chłodzenia wodą z przyłączami do przepustu chłodzącego;
- System chłodzenia optyki, zawierający termopary do monitorowania temperatury;
- Pierwszy system mocowania optyki;
- 2-gi system mocowania optyki,
- Konstrukcję klatki kryształów,
- Przepusty elektryczne dla sygnałów związanych z wymienionymi powyżej silnikami próżniowymi i siłownikami.

Układ może być wyposażony w termopary tylko wtedy, gdy Wykonawca będzie przewidywał potrzebę monitorowania temperatury

**W zależności od proponowanego rozwiązania, systemy montażowe optyki dyfrakcyjnej powinny być oddzielne dla kryształów krzemu i struktur wielowarstwowych.** Systemy montażu powinny być wyposażone w niezbędne stopnie regulacyjne (napędzane silnikiem krokowym i precyzyjne piezoelektryczne do szybkiego skanowania i korekcji położenia wiązki), które umożliwiają ustawienie optyki w celu prawidłowego działania.

Konkretne parametry ruchów klatki kryształów powinny zostać określone i przedstawione wraz z uzasadnieniem przez Wykonawcę (przykładowe wymagania eksploatacyjne klatki przedstawiono w Tabeli 4).

**Tabela 4.** Wymagania eksploatacyjne dla klatki kryształów – przykład.

Motion description	Parameter	Value(s)
1 <sup>st</sup> Optic Roll	Range	$\geq \pm 0.5^\circ$
	Resolution	$\leq 0.5 \mu\text{rad}$
	Repeatability	$\leq 2.5 \mu\text{rad}$
2 <sup>nd</sup> Optic Vertical	Range	TBA*

	Resolution	$\leq 0.25 \mu\text{m}$
	Repeatability	$\leq 1 \mu\text{m}$
2 <sup>nd</sup> Crystal Pitch	Range	$\geq \pm 0.5^\circ$
	Resolution	$\leq 0.5 \mu\text{rad}$
	Repeatability	$\leq 2.5 \mu\text{rad}$
Fine 2 <sup>nd</sup> Crystal Pitch	Range	$\geq 125 \mu\text{rad}$
	Resolution	$\leq 0.02 \mu\text{rad}$
	Repeatability	$\leq 0.05 \mu\text{rad}$
2 <sup>nd</sup> Multilayer Pitch	Range	$\geq \pm 0.5^\circ$
	Resolution	$\leq 0.5 \mu\text{rad}$
	Repeatability	$\leq 2.5 \mu\text{rad}$

#### 9.2.10. Kryształy

Zestaw kryształów Si(111) powinien być dostarczony razem z monochromatorem. Kryształy powinny być dostarczane wraz ze standardową dokumentacją jakościową obejmującą pomiar błędu nachylenia (slope error), chropowatości oraz weryfikację rentgenowską krzywych kołysania (rocking curves), (zależności kątowe współczynnika odbicia Bragga).

Boczne wymiary kryształu powinny umożliwiać przyjęcie pełnej wiązki promieniowania rentgenowskiego pochodzącego z VCM i pełną jej transmisję dalej w dół. Należy odpowiednio wybrać grubość kryształu, biorąc pod uwagę względy termiczne i mechaniczne.

Ogólne standardy materiałowe, które muszą spełniać kryształy, to:

- ścięcie  $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$  wokół powierzchni optycznej;
- $0,25 \text{ mm} \times 0,25 \text{ mm}$  ścięcia (fazy) w innym miejscu;
- Wykonane z krzemu wolnego od dyslokacji (float zone dislocation-free silicon);
- Dokładność orientacji/błędu cięcia  $\pm 0,05^\circ$ ;
- Błąd nachylenia stycznego (*Tangential Slope error*)  $\leq 2 \mu\text{rad RMS}$ ; (odstępstwa od przyjętej tu wartości RMS mogą być dopuszczone po przedstawieniu przez Wykonawcę uzasadnienia, nie później jednak niż w trakcie PDR)
- Płaskość powierzchni dyfrakcyjnej  $< 5 \mu\text{m RMS}$  na całej powierzchni optycznej;

- Super polerowane do chropowatości  $\leq 0,5$  nm RMS (*odstępstwa od przyjętej tu wartości RMS mogą być dopuszczone po przedstawieniu przez Wykonawcę uzasadnienia, nie później jednak niż w trakcie PDR*);
- Wytrawione w celu usunięcia naprężeń powierzchniowych;
- Brak widocznych zadrapań, wżerów czy wgłębień tekstury na powierzchni optycznej;

Powinny zostać dostarczone wszystkie wyniki badań metrologicznych kryształów - błędy kształtu – chropowatość powierzchni, błędy nachylenia, mierzone za pomocą nanometrycznego pomiaru optycznego (NOM) lub równoważnego systemu oraz za pomocą narzędzia Long Trace Profiler (LTP) lub równoważnego; nieprawidłowe cięcie kryształów oraz profile krzywych kołysania (rocking curve), zmierzone za pomocą dyfraktometrii rentgenowskiej.

Wszelkie odstępstwa od powyższych specyfikacji są dopuszczalne tylko wtedy, gdy są uzasadnione i udowodnione, że nie pogorszą wydajności DCM.

#### 9.2.11. Wielowarstwy

Zestaw struktur wielowarstwowy do monochromatora DMM powinien być dostarczony wraz z dokumentacją jakościową obejmującą charakterystykę wydajności zmierzoną za pomocą promieni rentgenowskich, a także dane metrologiczne charakteryzujące podłoża przed osadzeniem wielowarstw. Wymagane parametry dla podłoży i wielowarstw zestawiono w tabelach 5 i 6.

**Optymalnym rozwiązaniem (preferowanym przez Zamawiającego) jest zastosowanie dwóch zestawów pasków wielowarstwowych w DCM/DMM, przy czym jeden zestaw ML (ML1, ML2) powinien być zoptymalizowany pod kątem wąskiego pasma energii i wysokiego współczynnika odbicia szczytowego, a drugi (ML3, ML4) pod kątem szerokiego pasma przepustowego.**

**Tabela 5.** Wymagania dotyczące podłoża dla wielowarstw.

Parameter	Specification
Substrat	Si (001)
Tangential Slope Error	$\leq 0.5$ $\mu$ rad RMS*
Sagittal Slope Error	$\leq 2.5$ $\mu$ rad RMS

Surface Roughness (Mid)	$\leq 0.25$ nm RMS with 1 – 170 $\mu\text{m}$ sampling
Surface Roughness (High)	$\leq 0.15$ nm RMS with $< 1$ $\mu\text{m}$ sampling

*\* odchylenia od przyjętej tu wartości RMS mogą być dopuszczone po przedstawieniu przez Wykonawcę uzasadnienia, nie później jednak niż w trakcie PDR.*

**Tabela 6.** Wymagania dla struktur wielowarstwowych.

Parameter	Specification
Multilayer (ML) pairs	2 (ML1, ML2), (ML3, ML4)
Energy range	np.6-8, 8-15 keV *
Width of active area	$\geq 10$ mm
Reflectance of ML2 and ML4 at 12 keV ( $R_{12}$ )	$\geq 84\%$ (i.e. $\geq 70\%$ for ML pair)
Vertical beam acceptance of ML2 at 12 keV	$\geq 3.5$ mm
Bandwidth – FWHM	0.8 - 2% **

*\* szczegółowy zakres energetyczny powinien zostać zaproponowany przez Wykonawcę nie później niż w PDR*

*\*\* szczegółowa szerokość pasma powinna zostać zaproponowana przez Wykonawcę nie później niż w PDR*

Wybór materiałów dla określonego zakresu energetycznego, okresów powtarzalności warstw itp. pozostawia się Wykonawcy i powinien być określony w ofercie. Szerokość aktywnego obszaru optycznego obu wielowarstw powinna być większa lub równa 10 mm (TBA\*). Należy zagwarantować współczynnik odbicia w granicach 10% wartości teoretycznych. Dokładną liczbę warstw w strukturze wielowarstwowej należy ustalić eksperymentalnie i uzgodnić z Zamawiającym przed ostatecznym osadzeniem.

\*szerokość struktury wielowarstwowej powinna uwzględniać pełną szerokość poziomą przychodzącej wiązki promieniowania rentgenowskiego.

### 9.2.12. Montaż kryształów, kolimator radiacyjny i chłodzenie kryształów

Elementy optyczne – kryształy i struktury wielowarstwowe – muszą być chłodzone wodą. Moc wiązki odbitej od VCM jest rzędu 3 W (do ustalenia). Układ chłodzenia optyki monochromatora powinien być zaprojektowany tak, aby uwzględnić pochłanianą moc, której wartość należy dokładnie określić za pomocą dedykowanych obliczeń Metodą Elementów Skończonych. Jednocześnie układ chłodzenia nie powinien wprowadzać drgań do optyki.

Do elementów optycznych należy przymocować termopary, należy zapewnić przepust elektryczny, a pomiary temperatury udostępnić do monitorowania i zbierania z nich sygnału.

**Kolimator promieniowania** powinien być zainstalowany w pobliżu obszaru portu wyjściowego komory DCM, poniżej monochromatora. Musi mieć maksymalny otwór  $2\text{ cm}_H \times 1\text{ cm}_V$ , z minimalnymi wymiarami poprzecznymi względem osi wiązki białej od  $-5\text{ cm}_H$  do  $+5\text{ cm}_H$  i od  $-5\text{ cm}_V$  do  $+6\text{ cm}_V$ , złożony z płytki Cu o grubości 2 cm, a następnie płytki W o grubości 3 cm. Indeks H oznacza kierunek poziomy, a indeks V oznacza kierunek pionowy.

### 9.2.13. Materiały na klatkę kryształów

Klatka kryształów powinna być zbudowana z materiałów kompatybilnych ze środowiskiem bardzo wysokiej próżni (VHV). Siłowniki stosowane w klatce kryształów powinny być zaprojektowane do pracy w próżni. Wszystkie materiały, wykończenia i procesy przygotowania stosowane w ich produkcji powinny być kompatybilne ze środowiskami próżniowymi. Standardy NCPS SOLARIS dotyczące materiałów i procedur próżniowych opisano w Załącznikach VAC1 i VAC2.

### 9.2.14. System próżniowy monochromatora

System monochromatora składa się z następujących głównych komponentów:

- komora próżniowa
- pojedyncze drzwi do komory próżniowej

Elementy próżniowe powinny być zasadniczo zaprojektowane zgodnie z praktyką VHV (*very high vacuum*). Oznacza to, że zbiornik powinien być wykonany ze stali nierdzewnej oraz oczyszczony i przygotowany zgodnie z tymi wymogami. Układ po wygrzaniu próżniowym

(*vacuum bakeout*), jeśli takowe jest konieczne, powinien być zaprojektowany na pracę przy ciśnieniu mniejszym niż  $1 \times 10^{-7}$  mbar.

Komora powinna zawierać stelaż główny i klatkę kryształów. Projekt kształtu (formę) komory próżniowej pozostawia się Wykonawcy, aby jak najlepiej dostosować go do funkcjonalności DCM/DMM.

Wymagania dotyczące próżni dla DCM/DMM muszą być zgodne ze standardem UHV lub co najmniej VHV:

- Ciśnienie bazowe  $\leq 5 \cdot 10^{-8}$  mbar
- Poziom nieszczelności (suma wszystkich nieszczelności)  $2 \cdot 10^{-9}$  mbar·l/s
- Kryteria RGA: suma ciśnień cząstkowych mas powyżej masy 44 do 100 jest mniejsza niż  $5 \times 10^{-3}$  całkowitego ciśnienia w układzie szczelnym o ciśnieniu całkowitym poniżej  $1 \cdot 10^{-7}$  mbar
- Szybkość odgazowania  $\leq 1 \cdot 10^{-11}$  mbar·l·sec<sup>-1</sup>·cm<sup>-2</sup> (tylko jeśli procedura ta może być zastosowana do konkretnego rozwiązania technicznego zaproponowanego przez Wykonawcę).

Wszystkie porty optyczne (okna inspekcyjne) powinny być standardowo wykonane ze szkła krzemionkowego (*fused silica glass*). Wszystkie przyłącza do przepustów sygnałów elektrycznych związanych z siłownikami i silnikami w klatce kryształów powinny być zamontowane w sposób umożliwiający odłączenie korpusu komory bez konieczności uprzedniego odłączania kabli.

Komora powinna być zaprojektowana w sposób umożliwiający łatwy dostęp do stelaża głównego i klatki kryształów po otwarciu.

Oprócz ogólnych możliwości pozycjonowania (alignmentu) zapewnianych przez gniazda pierwotne należy zapewnić ręczne ustawienie/regulację (patrz dodatek ALIGN).

Wszystkie komponenty próżniowe dostępne w handlu (COTS) (np. pompa jonowa, manometry próżniowe, zawory, zawory bezpieczeństwa itp.) powinny być zgodne z wytycznymi NSRC SOLARIS opisanymi w Załączniku VAC1.

#### 9.2.15. **Cokół/podstawa monochromatora**

W konstrukcji nośnej monochromatora DCM/DMM należy zastosować masywny blok granitu jako masę sejsmiczną dla układu. Należy go przykręcić/przymocować do podłogi obiektu za pomocą stalowej płyty. Należy również zaplanować ręczną regulację (do wykorzystania na etapie instalacji), aby umożliwić regulację x, y, z i kątową systemu DCM/DMM za pomocą śrub ściągających na zacementowanej płycie podstawy (patrz załącznik ALIGN, aby uzyskać wymagane zakresy i dokładność).

#### 9.2.16. **Silniki oraz enkodery**

Wszystkie ruchy będą napędzane dwufazowymi silnikami krokowymi. Stosowanie silników próżniowych należy uzgodnić z NSRC SOLARIS przed Ostatecznym Przeglądem Projektu, FDR (patrz Załącznik CS0).

Wszystkie ruchy powinny być wyposażone (kontrolowane) w enkodery (patrz Załącznik CS1 dotyczący standardów i praktyk stosowanych w NSRC SOLARIS w motoryzacji).

Inne rozwiązanie powinno zostać zgłoszone przez Wykonawcę i zaakceptowane przez Zamawiającego oraz zespół SOLARIS. Zamawiający dopuszcza stosowanie siłowników piezoelektrycznych w szczególnych rozwiązaniach technicznych (np. drobny skok drugiej optyki).

#### 9.2.17. **Sterowanie panelem interfejsu**

Kable wychodzące z monochromatora powinny prowadzić do panelu sterowania znajdującego się z boku szafki sterowania lokalnego, z którego podłączane są kable obiektowe i powinny być dostępne. Kable obiektowe i elementy sterujące nie wchodzą w zakres dostawy.

#### 9.2.18. **Cyfrowy przekaźnik piezoelektryczny**

Delikatny ruch drugiego kryształu wywoływany piezoelektrycznie powinien być napędzany za pomocą siłownika kompatybilnego z próżnią. Może być wyposażony w czujnik pracujący w pętli zamkniętej (tensometr - strain gauge). Siłownik piezoelektryczny powinien być wyposażony w okablowanie próżniowe pokryte Kaptonem, które powinno być pokryte też opłotem ze stali nierdzewnej, aby zminimalizować wpływ promieniowania rozproszonego. Kontroler ruchu stosu piezoelektrycznego i sterownik wchodzi w zakres dostawy.

### 9.3. **Lustro skupiające pionowo (VFM)**

Lustro to służy do:

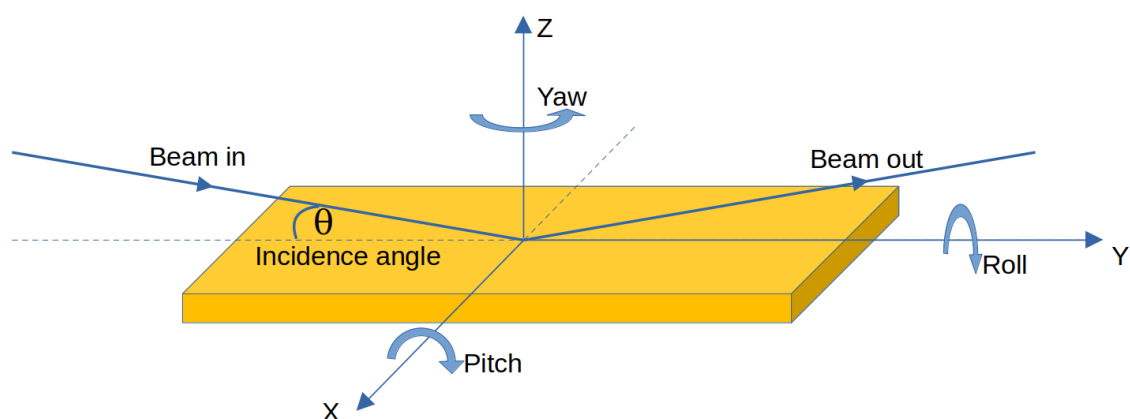
- do zbierania wiązki fotonów odbitej od DCM/DMM;

- zogniskowania jej w kierunku pionowym pomiędzy pozycją próbki SAXS a końcem kamery SAXS (wymagane jest zmienne zginanie – variable bending)
- przywrócenia poziomego kierunku propagacji wiązki.

Powinno być zorientowane poziomo – odbijając wiązkę fotonów w górę (patrz rysunek 9).

### 9.3.1. Definicje i odniesienia

Diagram pokazany na rysunku 9 wskazuje zależność pomiędzy różnymi stopniami swobody, o których mowa w niniejszej specyfikacji. Są one pokazane w odniesieniu do toru wiązki.



**Rysunek 9.** *Nomenklatura ruchów VFM.*

Parametry lustra zebrane są w Tabeli 7.

**Tabela 7.** Proponowane parametry lustra VFM

Parameter	Specification
Operating position	Vertically Focusing Mirror
Nominal working incidence angle	5 mrad
Max. Incidence angle	5.2 mrad
Stripes	Rh
Active area of single stripe	~ 850 mm × 20 mm
Blank dimension	~ 900 mm

Shape	Bendable tangential cylinder, <i>however Contractor can propose other shape (eg. Cylinder or toroidal cylinder) with justification</i>
Radii of curvature	Depends on the location, TBA*
Slope error	< 1 $\mu$ rad RMS
Cooling	Slot-cooling or passive cooling or other effective method proposed by the Contractor

*\*Promień krzywizny VFM powinien zostać obliczony zgodnie z równaniem:*

$R = 2q/\sin \theta$ , gdzie  $R$  – promień krzywizny,  $q$  – odległość VFM punktu skupienia (focal point),  $\theta$  – grazing angle of the mirror. Przykładowo:  $q = 30$  m (środek kamery SAXS) i  $\theta = 5$  mrad, dają  $R = 12$  km.

Wszelkie szczegóły dotyczące kształtu optyki, wymiarów i jakości powierzchni należy przedstawić w Ofercie wraz z uzasadnieniem proponowanych wartości.

Wszystkie dane z testów metrologicznych dotyczące jakości powierzchni optyki i błędów kształtu (chropowatość powierzchni, błędy nachylenia itp.) muszą zostać dostarczone podczas fabrycznych testów odbiorczych.

### 9.3.2. Chłodzenie

Lustro będzie chłodzone wodą, tylko jeśli będzie to konieczne. Bezpośrednie połączenia woda-próżnia nie są dozwolone. Linia będzie pracowała tylko z DCM/DMM. Ponieważ oczekiwana moc absorbowana mieści się w zakresie 0,2 W, prawdopodobnie chłodzenie wodne nie będzie w ogóle potrzebne. Jednak koncepcja chłodzenia zależy od właściwości technicznych komponentu zaproponowanego przez Wykonawcę. Szczegóły dotyczące układu chłodzenia pozostawiamy do zaprojektowania Wykonawcy, a przykładowy (lub proponowany) schemat chłodzenia należy przedstawić w ofercie. Normy NCPS SOLARIS dotyczące wody chłodzącej i instalacji wodnej opisane są w Załączniku WAT-CW1 i należy ich przestrzegać na etapie projektowania.

### 9.3.3. Diagnostyczny ekran fluorescencyjny

W celu diagnostyki przychodzącej wiązki fotonów, na foncie optyki należy zainstalować ekran. Należy pokryć go powłoką fosforową (lub innym materiałem fluorescencyjnym), którą będzie oświetlana padającą wiązką. Dlatego też port optyczny w komorze próżniowej powinien być także zaplanowany razem z ekranem i wykorzystany przez Zamawiającego do zamontowania własnej kamery CCD (kamery z serii Basler Ace np. acA1280-60gm lub kompatybilne do standardowego urządzenia stosowanego w NCPS SOLARIS).

### 9.3.4. Mechanizm lustra

Mechanizm napędowy zespołu lustra powinien zapewniać kontrolę pochylenia, przechyłu i przesunięcia bocznego (horyzontalnie i wertykalnie). Wszystkie ruchy powinny być napędzane dwufazowym bipolarnym silnikiem krokowym. Podnośniki należy zabezpieczyć przed przesunięciem za pomocą wyłączników krańcowych. Sygnał zwrotny pozycyjny powinien być dostarczany przez enkodery (patrz Załącznik CS1 dotyczący wymagań NSRC SOLARIS dla motoryzacji).

Ruchy lustra powinny być wyspecyfikowane i przedstawione przez Wykonawcę. Przykładowy zestaw wymagań dotyczących lustra przedstawiono w tabeli 7.

### 9.3.5. Cokół lub podstawa lustra

W celu podparcia konstrukcji VFM należy zainstalować masywny blok granitu jako masę sejsmiczną dla systemu lustra. Powinien być przymocowany do podłogi obiektu za pomocą stalowej płyty fundamentowej i wspierać mechaniczne stopnie regulacji optyki.

Należy również zaplanować ręczną regulację (do wykorzystania na etapie instalacji), aby umożliwić regulację w zakresie x, y, z i kątową lustra za pomocą śrub ściągających na płycie podstawy (patrz załącznik ALIGN dla wymaganych zakresów i dokładności).

### 9.3.6. Komora próżniowa

Wszystkie mechanizmy wewnątrz przestrzeni UHV powinny być wykonane z materiałów kompatybilnych z UHV, z matowym, polerowanym lub obrobionym wykończeniem, które należy czyścić zgodnie ze standardami próżniowymi NCPS SOLARIS. Standardy próżniowe NCPS SOLARIS opisano w Załącznikach VAC1 i VAC2. Należy stosować metody łączenia

zgodne z UHV (spawanie, lutowanie próżniowe itp.). Punkty podnoszenia należy zaplanować na pokrywie komory.

Wymagania dotyczące próżni dla VCM muszą być zgodne ze standardem UHV lub co najmniej VHV (po ustaleniu z Zamawiającym):

- Ciśnienie bazowe  $\leq 5 \cdot 10^{-10}$  mbar
- Poziom wycieku (suma wszystkich wycieków)  $\leq 5 \cdot 10^{-10}$  mbar·l/s
- Kryteria RGA: suma ciśnień cząstkowych mas powyżej masy 44 do 100 jest mniejsza niż  $5 \times 10^{-3}$  całkowitego ciśnienia w układzie szczelnym o ciśnieniu całkowitym poniżej  $1 \cdot 10^{-9}$  mbar
- Szybkość odgazowania  $\leq 1 \cdot 10^{-11}$  mbar·l·sec<sup>-1</sup>·cm<sup>-2</sup> (tylko, jeżeli ta procedura może być zastosowana dla tego rozwiązania).

Płyta podstawy komory lustra powinna być wyposażona w punkty do mocowania elementów odniesienia w celu pozycjonowania podczas instalacji zgodnie z wymaganiami NCPS SOLARIS (opisanymi w Załączniku ALIGN).

W ofercie należy przedstawić listę planowanych króćców próżniowych wraz ze specyfikacją i uzasadnieniem przeznaczenia (np. wlot wiązki, wylot wiązki, pompa jonowa, zawór RA do pompy wstępnej, wzierniki, manometry, przepusty chłodzące i elektryczne, wspornik lustra, port załadunkowy, port serwisowy itp.). Dokładna liczba, specyfikacja, uzasadnienie i rozmieszczenie tych portów muszą zostać omówione na etapie projektowania i zatwierdzone przed rozpoczęciem produkcji.

Wymagania dotyczące próżni wewnątrz zbiornika VCM przedstawiono w Załączniku VAC1 i VAC2.

#### 9.3.7. Silniki i enkodery

Wszystkie ruchy będą napędzane dwufazowymi silnikami krokowymi. Stosowanie silników próżniowych należy uzgodnić z NCPS SOLARIS przed Projektem Ostatecznym (patrz Załącznik CS0).

Wszystkie ruchy powinny być wyposażone w enkodery (patrz Załącznik CS1 dotyczący standardów i praktyk stosowanych w NSRC SOLARIS w motoryzacji).

#### 9.3.8. Sterowanie Panelem Interfejsu

Kable z VFM powinny prowadzić do panelu sterowania znajdującego się z boku szafy sterowania lokalnego, z której łączą się kable obszarowe (linii SMAUG) i powinny być łatwo dostępne.

#### 9.4. Szczeliny definiujące wiązkę

Szczeliny (poziome i pionowe) powinny być przesuwane za pomocą silników krokowych. Rozdzielczość i powtarzalność powinny być rzędu 1  $\mu\text{m}$  i wyposażone w enkodery. Pełne otwarcie szczelin powinno umożliwić przejście pełnej monochromatycznej wiązki. W stanie całkowicie zamkniętym nakładanie się łopatek powinno zapewnić całkowite zablokowanie wiązki.

#### 9.5. Przesłona (shutter) wiązki z powłoką fluorescencyjną

Za komorą VFM należy zainstalować przesłonę wiązki (*beam shutter*) z powłoką fluorescencyjną. Grubość przesłony wiązki musi wynosić co najmniej 2 mm (jeśli jest wykonana z miedzi lub stali nierdzewnej). Migawka musi być napędzana pneumatycznie i mieć dwie pozycje: pozycję otwartą i pozycję zamkniętą. Każda pozycja musi mieć dwa redundantne czujniki wskazujące pozycję otwartą i zamkniętą (w sumie 4 czujniki). Pozycja przesłony „w wiązce” powinna mieć dokładność i powtarzalność 0,1 mm lub lepszą. Przesłona musi blokować hamowanie w dolnej pozycji, aby zapewnić zamknięcie grawitacyjne w przypadku awarii pneumatycznej lub elektrycznej. Komora próżniowa powinna być wyposażona w otwór umożliwiający obserwację przodu przesłony za pomocą kamery CCD.

#### 9.6. Rura przesyłowa wiązki ze stacjami pompującymi (pomiędzy komorą optyczną a stacją eksperymentalną)

Pomiędzy komorą optyki rentgenowskiej a klatką stacji końcowej należy zainstalować linię przesyłową promieniowania synchrotronowego z odpowiednimi stacjami pompującymi. Właściwości osłony radiacyjnej wymagają grubości stali większej niż 0,5 mm (preferowane 2 mm). Innymi słowy, minimalna grubość stali konstrukcyjnej dla rury próżniowej między

komorą optyki a stacją eksperymentów spełni minimalne wymagania dotyczące osłony, a zatem nie będzie konieczne przewidywanie dodatkowej osłony.

### 9.7. Komponenty znajdujące się za rurą przesyłową wiązki, zlokalizowane w stacji końcowej

W hutchu eksperymentalnym ulokowane mają zostać końcowe komponenty sekcji optycznej służące do ostatniego etapu formowania wiązki (beam-shaping) oraz służące do monitorowania wiązki (beam monitoring) - sekcja kondycjonowania wiązki, które przynajmniej muszą obejmować: **moduł pompujący (pumping cross), monitor wiązki (BPM or nanoBPM), anti-scatter slits, beam tube, shutter, guard slits, filter array**. Wymienione powyżej komponenty w Experimental Hutch można zamontować na zmotoryzowanym 5-osiowym stole ruchowym (*beam conditioning table*). Stół ten powinien znajdować się bezpośrednio przed systemem XEUSS 3.0 UHR.

Rolą szczelin przeciwrozproszeniowych (*anti-scatter slits*) jest redukcja pozostałości rozpraszania pasożytniczego, uformowanie oczekiwanego kształtu przekroju wiązki (do efektywnego tłumienia sygnału pasożytniczego w pobliżu wiązki bezpośredniej). Dobór materiału na listki szczelin powinien uwzględniać specyfikę badań SAXS/bioSAXS, oczekiwane jest zastosowanie szczelin typu scatter-less. Zamawiający dopuszcza aby Oferent zaproponował odpowiedni materiał. Zamawiający oczekuje również, że odpowiedni materiał dobrany dla shuttera oraz guard slits dla tej sekcji Oferent przedstawi w ofercie. Szczegółowe parametry techniczne powinny zostać ustalone nie później niż podczas spotkania PDR.

Szczeliny (poziome i pionowe) należy przesuwąć za pomocą silników krokowych. Rozdzielczość i powtarzalność powinny być rzędu 1  $\mu\text{m}$  i wyposażone powinny być w enkodery. Pełne otwarcie szczelin powinno pozwolić na przejście pełnej wiązki monochromatycznej. W stanie całkowicie zamkniętym zachodzenie ostrzy powinno zapewnić całkowite zablokowanie wiązki.

Na potrzeby badań układów podatnych na uszkodzenia radiacyjne Zamawiający przewiduje możliwość instalacji układu 2-4 filtrów osłabiających wiązkę promieniowania synchrotronowego. Układy filtrów/osłabiaczy wiązki należy uruchamiać za pomocą silników krokowych. Dokładną liczbę i rozmieszczenie folii filtracyjnych należy ustalić w FDR.

Elementy sekcji optycznej znajdujące się w klatce eksperymentalnej powinny mieć stabilne podparcie, które zapewni wyrównanie w kierunku poziomym i pionowym oraz w

stopniach swobody kątowej. Komora powinna spełniać przynajmniej wymagania HV. Ostatni element sekcji optycznej (okno zakończone) powinien być przygotowany do połączenia ze stacją końcową (XEUSS 3.0 UHR, Xenocs, Grenoble, Francja).

## 9.8. Okno berylowe (lub SiN)

Pierwsze zamykające okno berylowe chłodzone wodą będzie znajdować się za sekcją FrontEnd przy wejściu do sekcji optycznej SAXS. **Sekcja FE, jak i pierwsze okno Be, są przedmiotem oddzielnego przetargu.** Szczegóły techniczne dotyczące okna FE są tutaj zawarte w celach informacyjnych i będą dostępne (w razie potrzeby) na etapie projektowania optyki rentgenowskiej, po rozstrzygnięciu przetargu na sekcję FrontEnd (wrzesień 2024 r.).

**Drugie (końcowe) okno (SiN lub Be) – uwzględnione jest w niniejszej procedurze przetargowej (sekcja 9.8.1)**

W przypadku wyboru okna Be konieczne jest przedstawienie procedury instalacji, biorąc pod uwagę kwestie związane z ryzykiem uszkodzenia okna.

### 9.8.1. Okno końcowe

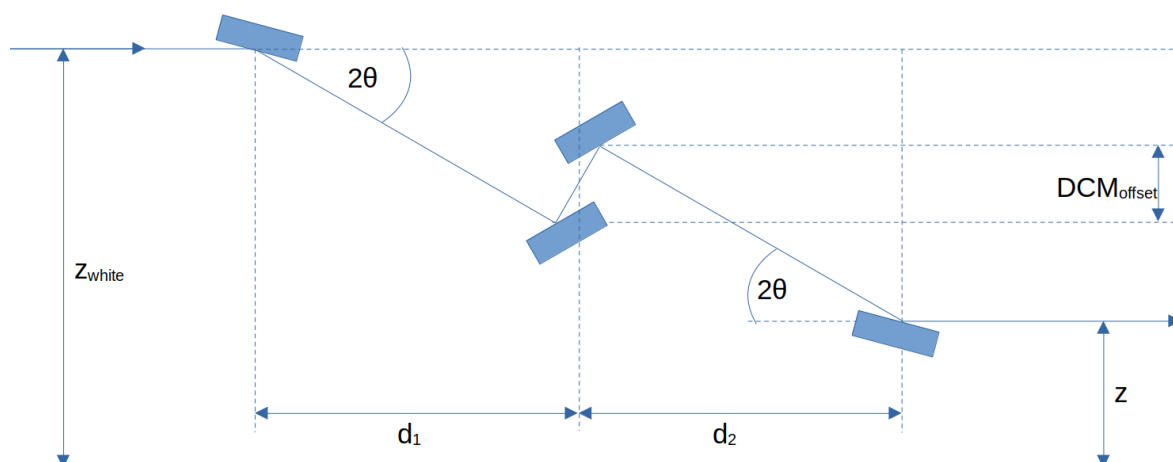
Sekcja optyczna powinna być zamknięta przez okno wykonane z azotku krzemu (SiN) lub okno berylowe (drugie okno), aby zakończyć przestrzeń próżniową sekcji optycznej. **Rozwiązaniem preferowanym przez Zamawiającego i SOLARIS jest okno zbudowane z SiN.** Jednak w przypadku okna berylowego wymagane jest użycie berylu marki IF-1® o czystości 99,8% lub wyższej. Modyfikacje wymaganych parametrów okna mogą zostać zaproponowane przez Wykonawcę, jednak tylko przy zachowaniu możliwie najwyższego współczynnika bezpieczeństwa.

Zestaw podstawowych wymagań dla okna:

- montowane w standardowym kołnierzu CF,
- powlekany od strony powietrza,
- okno berylowe powinno wytrzymać różnicę ciśnień co najmniej 1,5 bara w obu kierunkach,
- bardzo wysoka szczelność próżniowa (właściwy poziom próżni i stopień nieszczelności He),

- współczynnik bezpieczeństwa okna  $> 4$ .

## 10. Pionowe położenie wiązki promieniowania synchrotronowego w sekcji optycznej i za sekcją optyczną



**Rysunek 10.** Uproszczony schemat geometrii wiązki przechodzącej przez układ optyki linii SMAUG.

Po przejściu wiązki poprzez kompletny układ optyczny (rysunek 10) wysokość wiązki można obliczyć według wzoru:

$$Z = z_{\text{white}} - d_1 \cdot 2\theta + \text{DCM}_{\text{offset}} - d_2 \cdot 2\theta$$

gdzie:

$$z_{\text{white}} = 1300 \text{ mm}$$

$$d_1 = 2000 \text{ mm}$$

$$\theta = 5 \text{ mrad} \quad (2\theta = 10 \text{ mrad})$$

$$\text{DCM}_{\text{offset}} = 20 \text{ mm}$$

$$d_2 = 2500$$

następnie 
$$z = 1300 - 2000 \cdot 10 \cdot 10^{-3} + 20 - 2500 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 1275 \text{ mm}$$

**Optymalna wysokość wiązki wynosi 1275 mm licząc od podłogi na wejściu do stacji końcowej SAXS.** Oznacza to, że kombinacja odpowiednich odległości elementów i przesunięcia pionowego DCM/DMM powinna utrzymać tę pionową pozycję. Graficzną reprezentację układu optycznego przedstawiono na rysunku 10.

## 11. System monitorowania pozycji wiązki

Oprócz XBPM w części Front End konieczne jest monitorowanie i rejestracja informacji przestrzennej wiązki fotonów zarówno w początkowym procesie ustawiania linii wiązki, jak i w późniejszych etapach. Należy to zrobić za pomocą urządzeń do monitorowania położenia wiązki promieni rentgenowskich.

Oczekuje się, że Wykonawca zaproponuje schemat systemu Monitorowania Położenia Wiazki (uwzględniający rodzaj, położenie i liczbę urządzeń) dla linii SMAUG, aby uzyskać odpowiednią precyzję monitorowania.

**Należy więc uwzględnić szybki system sprzężenia zwrotnego w czasie rzeczywistym, który umożliwia jednoczesną stabilizację położenia wiązki i energii wiązki przy najwyższej możliwej częstotliwości. System ten stanowi jedno z kryteriów oceny ofert.**

Rodzaj BPM w danym miejscu powinien być zgodny z mocą wiązki fotonów w danym miejscu (dostosowaną do mocy transmitowanej przez dany element optyczny).

Zaproponowanie dokładnego rodzaju, rozmieszczenia i ilości urządzeń BPM wraz z elektroniką sterującą i odczytu pozostawia się Wykonawcy.

Wykonawca powinien podać w Ofercie dokładność danego BPM. Oczekiwana jest precyzja mikronowa, aczkolwiek rozmieszczenie urządzeń powinno być wykonane w sposób optymalizujący stosunek kosztu do precyzji.

Wszystkie urządzenia powinny być zgodne ze standardami SOLARIS (tzn. kompatybilne z systemem Tango). Należy zapewnić serwery urządzeń (*device server*) dla urządzeń niestandardowych.

Moduły XBPM powinny być wyposażone w zmotoryzowany system pozycjonowania, obejmujący enkodery absolutne i wyłączniki krańcowe/przekroczenia zakresu ruchu. Cała elektronika powinna być chroniona przed promieniowaniem.

W przykładowej specyfikacji głównych komponentów sekcji optycznej zawartych w rozdziale 8 (*Zakres zamówienia, ogólna lista komponentów i wstępny układ*) zawarto proponowane komponenty systemów diagnostyki wiązki promieniowania synchrotronowego. **Oferent może przedstawić alternatywną koncepcję systemu Monitorowania Położenia Wiazki.**

## 12. Systemy próżniowe

Proponowany podział na sekcje próżniowe zaproponowany został na rysunku 5. Z uwagi na specyficzne wymagania poszczególnych komponentów optyki (lustra, monochromator), rozmiary całej sekcji optycznej oraz przeznaczenie linii do badań z wykorzystaniem promieniowania rentgenowskiego z zakresu 6-15 keV

**W ofercie powinny znajdować się wszystkie układy pompowe niezbędne do utrzymania właściwej próżni w optyce rentgenowskiej i linii transferu wiązki.**

DCM/DMM w zależności od proponowanej konstrukcji może działać w reżimie UHV lub VHV, z próżnią bazową  $\leq 5 \times 10^{-8}$  mbar. Wartość próżni bazowej należy zmierzyć, gdy wszystkie pompy jonowe, wskaźniki próżni i systemy chłodzące działają, a wszystkie zawory próżniowe zostały zamknięte. Całkowita szybkość wycieku (suma wszystkich wycieków) powinna wynosić  $\leq 2 \times 10^{-9}$  mbar.l/s He. Układ należy uznać za wolny od węglowodorów, jeśli w układzie bez wycieków o ciśnieniu całkowitym poniżej  $1 \times 10^{-7}$  mbar suma ciśnień cząstkowych mas powyżej masy 44 do 100, z wyłączeniem AMU 69, jest mniejsza niż 0,5% ciśnienia całkowitego.

Inne komory próżniowe proponowane dla sekcji optycznej powinny charakteryzować się próżnią bazową  $\leq 5 \times 10^{-10}$  mbar mierzoną, gdy wszystkie pompy jonowe rozpylające i wskaźniki próżni działają, a wszystkie zawory próżniowe są zamknięte. Całkowita szybkość wycieku (suma wszystkich wycieków) musi wynosić  $\leq 5 \times 10^{-10}$  mbar.l/s He. Testowany układ jest uważany za wolny od węglowodorów, jeśli w układzie bez wycieków o ciśnieniu całkowitym poniżej  $1 \times 10^{-9}$  mbar suma ciśnień cząstkowych mas powyżej masy 44 do 100 jest mniejsza niż 0,5% ciśnienia całkowitego.

Stół do kondycjonowania wiązki znajdujący się na końcu linii wiązki powinien funkcjonować w reżimie co najmniej HV z próżnią bazową  $\leq 1 \times 10^{-6}$  mbar mierzoną, gdy wszystkie pompy i wskaźniki próżni działają, a wszystkie zawory próżniowe są zamknięte. Całkowita szybkość wycieku (suma wszystkich wycieków) musi wynosić  $\leq 1 \times 10^{-7}$  mbar.l/s He.

Jednakże, Zamawiający pozostawia Oferentowi ostateczną propozycję podziału sekcji próżniowych. Zamawiający pozostawia także Oferentowi propozycję specyfikacji wymogów UHV, VHV lub HV dla poszczególnych sekcji próżniowych. Propozycja ze strony Oferenta

wraz z uzasadnieniem powinna zostać przedstawiona najpóźniej podczas PDR. Ostateczna wersja musi zostać uzgodniona z przedstawicielami Zamawiającego oraz zespołem NCPS SOLARIS podczas FDR.

### **13.     Inne wymagania techniczne**

Zamawiający wymaga, aby podczas projektowania optyki Wykonawca wziął pod uwagę specyfikę linii badawczej i zoptymalizował rozmieszczenie poszczególnych elementów optycznych w taki sposób, aby zmniejszyć tło i uzyskać odpowiednią stabilność wiązki w sekcji optycznej.

**Główne szczeliny (szczeliny białej wiązki) mogą zostać zaproponowane w projekcie, jeśli będą przydatne do zmniejszenia obciążenia cieplnego monochromatora i dalszej kolimacji wiązki.** Szczelina między monochromatorem a lustrem toroidalnym może być brana pod uwagę w celu kontrolowania oświetlenia na lustrze.

Lokalizacja szczelin definiujących wiązkę, szczelin antyrozproszeniowych i szczelin ochronnych powinna być skuteczna w blokowaniu rozproszenia ze szczeliny przed.

Zamawiający pozostawia Oferentowi wybór i lokalizację termopar w celu skutecznej kontroli temperatury na tych elementach optycznych, które tego wymagają. Informacje te powinny zostać przedstawione w ofercie i określone na etapie PDR.

### **14.     Stacja końcowa SAXS**

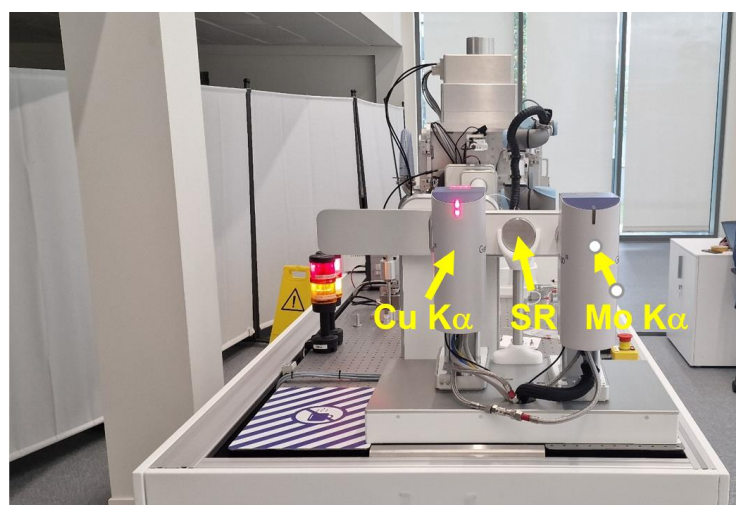
Stacja końcowa linii badawczej SMAUG będzie wyposażona w system SAXS, który powinien być dostosowany zarówno do pomiarów bio-SAXS (do 60 % planowanych eksperymentów) jak również wysokorozdzielczych pomiarów SAXS. System SAXS (XEUS 3.0 UHR from XENOCSS, Grenoble, France) został właśnie zakupiony w ramach oddzielnego przetargu. Oczekiwana data instalacji systemu przypada na grudzień 2024.

Stacja końcowa będzie wykorzystywana w dwóch trybach eksperymentalnych, których wybór zależy od wyboru źródła promieniowania.

Pierwszy tryb obejmuje pracę z wykorzystaniem dwóch źródeł stacjonarnych (laboratoryjnych) przeznaczonych do celów badawczych przed ostateczną integracją stacji końcowej z synchrotronem SOLARIS, a także w okresach, gdy ze względów technicznych (przestój techniczny) pierścień synchrotronowy jest wyłączony. Dlatego system stacji końcowej (kamera SAXS) musi posiadać źródło stacjonarne składające się z co najmniej dwóch niezależnych lamp rentgenowskich zintegrowanych z odpowiednim generatorem lub generatorami oraz układem optycznym, który umożliwi pracę systemu w sytuacji braku zasilania promieniowaniem synchrotronowym.

Drugi tryb eksperymentalny polega na wykorzystaniu promieniowania synchrotronowego dostarczanego do stacji badawczej z magnesu zginającego BM02 SOLARIS poprzez optykę linii SMAUG.

Przykładowy schemat układu SAXS (XEUSS 3.0 UHR) podłączonego do dwóch lamp rentgenowskich i z otwartym portem dla promieniowania synchrotronowego przedstawiono na rysunku 11.

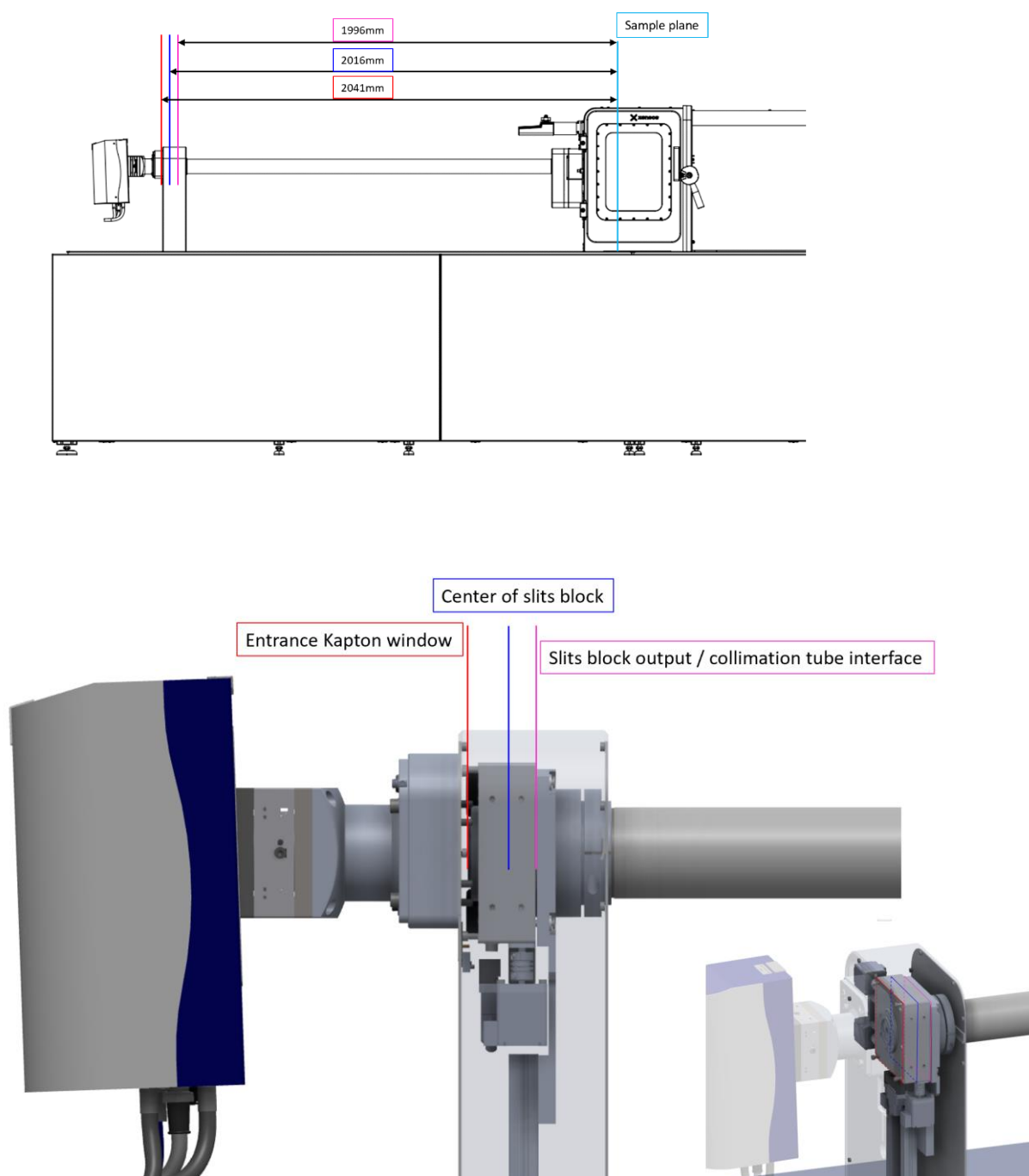


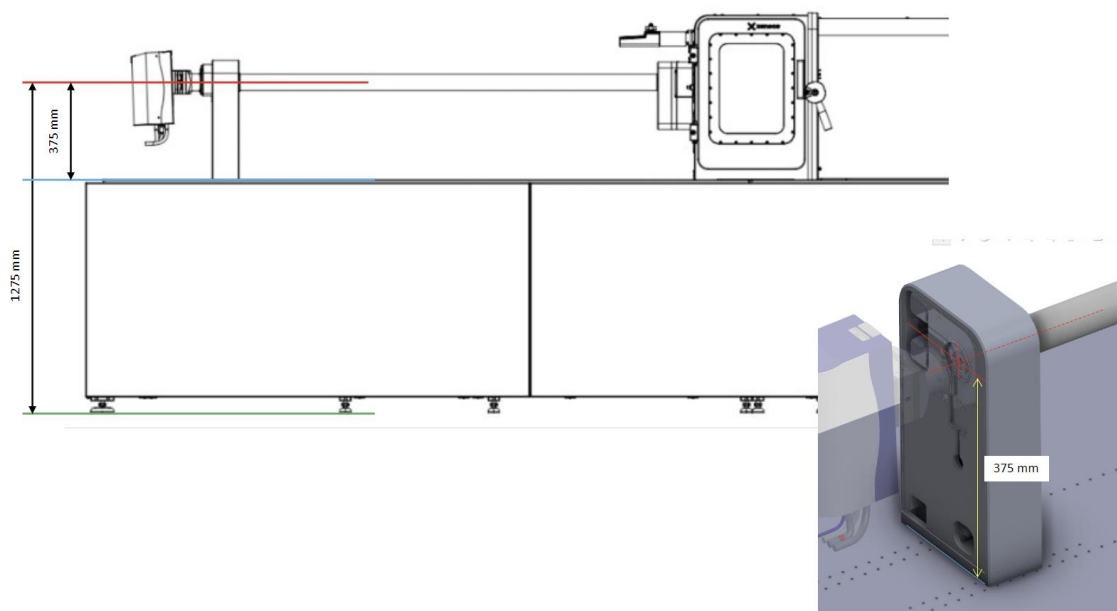
**Rysunek 11.** Przykładowy wygląd systemu SAXS (XEUSS 3.0 UHR) połączony z dwoma lampami rentgenowskimi ( $\text{Cu K}\alpha$ ,  $\text{Mo K}\alpha$ ) i otwartym portem dla promieniowania synchrotronowego.

Zleceniodawca oczekuje, że Wykonawca podczas prac projektowych i budowy części optycznej linii SMAUG uwzględni optymalne rozwiązanie, które umożliwi podłączenie stacji końcowej w opisanej powyżej konfiguracji. Wykonawca dostarczy wszystkie wymagane dane

techniczne projektowanej optyki rentgenowskiej linii SMAUG, w szczególności wysokość wiązki od podłogi hali w punkcie integracji oraz parametry strumienia fotonów (średnica, natężenie).

Ogólne rysunki systemu XEUSS 3.0 ze strony źródeł promieniowania wraz z wymiarami przedstawiono na rysunku 12.





**Rysunek 12.** Rysunki techniczne (za zgodą XENOCs) prezentujące system XEUSS 3.0 UHR od strony źródeł promieniowania rentgenowskiego.

## 15. Pozostałe wymagania

Zamawiający oczekuje, że optyka rentgenowska linii SMAUG, wykonana w ramach niniejszego przetargu, będzie kompletna i gotowa do integracji z komponentami front endu i stacji, tak aby linia pomiarowa była w pełni sprawna. W szczególności oznacza to, że dostarczona przez Wykonawcę specyfikacja elementów linii synchrotronowej będzie kompletna. Zamawiający nie będzie zmuszony do samodzielnego dokonywania dodatkowych zakupów komponentów, chyba że takie rozwiązanie zostanie wcześniej omówione i uzgodnione (np. system sterowania silnikami IcePAP). Kupujący oczekuje także, że rozwiązania zaproponowane przez Wykonawcę pozwolą na wygodne sterowanie optyką linii, monitorowanie położenia wiązki oraz korygowanie jej parametrów.

## 16. Projekt linii SMAUG – etapy kontraktu

Zlecniodawca oczekuje od Wykonawcy przedłożenia wstępnego raportu projektowego (PDR), a następnie końcowego raportu projektowego (FDR). W pierwszym etapie realizacji zamówienia Wykonawca przedstawi projekt wstępny, który zostanie przeanalizowany i oceniony przez zespoły Zamawiającego (zespoły Zamawiającego i SOLARIS oraz członkowie komitetu doradczego).

Zatwierdzenie PDR przez Zamawiającego oraz wykaz wszystkich uwag do projektu zostaną przekazane Wykonawcy w ciągu 4 tygodni. Zlecniodawca zastrzega sobie możliwość konsultacji projektu także z doradcami zewnętrznymi. Uwagi te należy uwzględnić w ostatecznym projekcie (FDR). Prace nad ostatecznym projektem (FDR) mogą być kontynuowane pod warunkiem zatwierdzenia wprowadzonych zmian przez Zamawiającego i zespół SOLARIS. Zatwierdzenie wprowadzonych zmian w projekcie powinno zostać wyrażone przez Zamawiającego w terminie 2 tygodni od dostarczenia niezbędnych dokumentów.

### 16.1. Wstępny raport projektowy (PDR)

**Wstępny raport projektowy musi zawierać:**

- Opis proponowanej koncepcji linii synchrotronowej;
- Schemat pełnej geometrii linii;
- Proponowane rozmieszczenie poszczególnych elementów linii SMAUG na terenie zarezerwowanym dla niej sektorze w nowej części hali doświadczalnej
- Szczegółowy opis techniczny proponowanych komponentów linii;
- Szczegółowy opis techniczny wszystkich elementów optycznych (rodzaj, rozmiar, promień krzywizny, podłoża stosowane w optyce wielowarstwowej itp.);
- Opis techniczny kompletnej linii;
- Wyniki teoretycznej weryfikacji przyjętej geometrii optyki linii w postaci wyników obliczeń toru wiązki i parametrów wiązki metodą śledzenia promieni (ray tracing) dla pełnej geometrii linii. Parametry źródła BM02 zapewnia firma NSRC SOLARIS;

- Wstępny schemat układu chłodzenia wszystkich komponentów linii wymagających chłodzenia wodą.
- Wyniki obliczeń metodą elementów skończonych dla wszystkich elementów poddanych działaniu promieniowania synchrotronowego (pozwalające na oszacowanie maksymalnej temperatury i oszacowania wydajności chłodzenia dla proponowanych rozwiązań);
- Proponowany wstępny schemat instalacji sprężonego powietrza;
- Proponowane wytyczne techniczne dla klatki przeciwradiacyjnej (hutch), ze szczególnym uwzględnieniem aspektów funkcjonalnych (ograniczenia projektowe związane z lokalizacją wszystkich komponentów i procesem ich montażu, ograniczenia infrastruktury linii, itp.);
- Lista wszystkich kluczowych komponentów próżniowych i ich parametrów technicznych (zawory, manometry, pompy próżniowe itp.);
- Opis osi napędzanych (rodzaje silników, liczba i typy enkoderów).

## 16.2. Końcowy raport projektowy (FDR)

**Końcowy raport z projektu musi zawierać:**

- Szczegółowy opis ostatecznej koncepcji linii;
- Szczegółowy opis techniczny elementów linii SMAUG;
- Wyniki teoretycznej weryfikacji ostatecznej geometrii linii– wyniki obliczeń toru i parametrów wiązki przy zastosowaniu procedury śledzenia promieni (ray tracing) dla pełnej i końcowej geometrii linii;
- Projekt szczegółowy (i schematy) systemów elektrycznych i elektroenergetycznych;
- Ostateczny projekt szczegółowy (i schematy) układu chłodzenia wszystkich komponentów wykorzystujących chłodzenie wodne;
- Szczegółowy finalny schemat instalacji sprężonego powietrza;
- Ostateczny projekt (pełne schematy) linii SMAUG przedstawiony w postaci rysunków 3D i 2D, z uwzględnieniem lokalizacji wszystkich elementów linii;
- Rozmieszczenie wszystkich wymaganych połączeń komponentów linii SMAUG (woda chłodząca, sprężone powietrze, systemy zasilania, panele sterujące, stojaki, połączenia kablowe itp.);

- Ostateczna lista wszystkich napędzanych osi (liczba i typ potrzebnych silników, liczba i typ potrzebnych enkoderów);
- Szczegółowe wytyczne dotyczące klatki przeciwradiacyjnej linii od strony funkcjonalnej (wewnętrzna lokalizacja komponentów i infrastruktury itp.)
- Wszystkie niezbędne informacje wymagane do projektowania systemów bezpieczeństwa linii SMAUG;
- Projekt zakresu robót instalacyjnych z podziałem zadań dla Wykonawcy i Zamawiającego;
- Szczegółowa procedura postępowania w przypadku uszkodzenia okienka berylowego w układzie próżniowym.

### **16.3. Fabryczne/Końcowe Testy Odbiorcze (FAT/SAT)**

Pełne specyfikacje i procedury obejmujące wszystkie testy fabryczne powinny być przygotowane z wyprzedzeniem i przedłożone Zamawiającemu przed ostatecznym zatwierdzeniem projektu.

Przedstawiciele Zamawiającego oraz NCPS SOLARIS będą mieli możliwość uczestniczenia w testach, przy czym muszą zostać poinformowani o terminie testu z 8-tygodniowym wyprzedzeniem. FAT (lub SAT) powinien uwzględniać przeszkolenie pracowników Zamawiającego i SOLARIS w zakresie obsługi przedmiotu zamówienia.

Testy gotowych produktów powinno obejmować testy ruchu, testy próżni i fiducjalizacji. Testy fabryczne obejmują następujące aspekty wydajności:

- Testy elementów optycznych w celu weryfikacji czy spełnione zostały wszystkie specyfikacje, w tym testy z użyciem promieniowania rentgenowskiego w przypadku kryształów i struktur wielowarstwowych;
- Testy ruchu w celu sprawdzenia, czy wszystkie ruchy funkcjonują w całym zakresie roboczym oraz pomiar dokładności, rozdzielczości i powtarzalności wszystkich ruchów oraz skuteczności działania wyłączników krańcowych;
- Próby ciśnieniowe mające na celu zapewnienie, że obiegi chłodzenia, w tym wszystkie złącza, wytrzymują 125% ciśnień roboczych w odpowiednich temperaturach roboczych;

- Testy próżniowe obejmujące badanie szczelności komór, pomiar ciśnienia całkowitego i analizę gazów resztkowych po wygrzewaniu;
- Sprawdzenie szczelności z użyciem helu, aby upewnić się, że wszystkie uszczelnienia są szczelne podciśnieniowo.

Systemy muszą zostać wygrzane (jeśli będzie to możliwe lub wymagane) i poddane testowi próżniowemu w zakładzie Wykonawcy przed wysyłką. Test próżniowy musi obejmować pomiar całkowitego ciśnienia i skan RGA naczyń próżniowych.

Nominalne powierzchnie aktywne optyki powinny być odniesione do pozycji mocowania fiducialnego, a współrzędne (X, Y i Z) powinny być podane z dokładnością  $\pm 0,1$  mm, aby ustalić osie poziome i podłużne systemów.

## **17. Wymagana dokumentacja**

Cała dokumentacja musi być sporządzona w języku angielskim lub przetłumaczona na język angielski. Dokumentację należy dostarczyć w formie elektronicznej w ogólnodostępnych formatach (dwg, dxf, step, doc, xls, pdf itp.). Wyjątki od powyższych reguł do uzgodnienia.

### **17.1. Dokumentacja wymagana z ofertą**

- a. Opis proponowanych rozwiązań wraz z pełnymi szczegółami technicznymi wraz z (jeśli to możliwe) wstępnymi obliczeniami ray tracingu wydajności optyki linii wiązki.
- b. Uzasadnienie proponowanych rozwiązań (referencje, raporty z testów na identycznym lub podobnym sprzęcie, obliczenia itp.);
- c. Potwierdzenie akceptacji wszystkich specyfikacji.
- d. Koncepcja chłodzenia i obliczenia obciążenia cieplnego i chłodzenia.
- e. Lista dostaw stron trzecich (elementy próżniowe – mieszki, pompy próżniowe, manometry, zawory) ze szczegółową specyfikacją tych części.
- f. Przedmioty lub media, które ma zapewnić SOLARIS (prąd, woda, sprężone powietrze itp.).
- g. Wstępne wymagania dotyczące wody chłodzącej m.in. przepływ, ciśnienie zasilania itp. lub inne media dostarczane przez SOLARIS.
- h. Zestawienie kosztów.
- i. Przewidywany harmonogram.

- j. Lista elementów, które będą zlecone podwykonawcom oraz nazwy głównych podwykonawców.
- k. Lista poprzednich podobnych lub porównywalnych projektów.

## **17.2. Dokumentacja, którą należy dostarczyć lub uzgodnić podczas końcowego przeglądu projektu**

Spotkanie poświęcone przeglądowi projektu odbędzie się w siedzibie Zamawiającego lub SOLARIS najpóźniej 15 tygodni po rozpoczęciu kontraktu. Raport projektowy należy przedstawić z 10-dniowym wyprzedzeniem. Projekt musi zostać zatwierdzony przez Zamawiającego oraz SOLARIS w formie pisemnej w ciągu 10 dni roboczych od spotkania. Zatwierdzenie przez Zamawiającego i SOLARIS będzie ograniczone do sprawdzenia projektu pod kątem wymagań podanych w specyfikacji technicznej Przedmiotu zamówienia i ofercie Wykonawcy. Wszelkie zatwierdzenia nie mają wpływu na odpowiedzialność Wykonawcy za całokształt działania i osiągnięcie wymaganych właściwości eksploatacyjnych. Dokumenty, które należy dostarczyć:

- a. Szczegółowe dane techniczne.
- b. CAD 3D (step lub iges) z rysunkami 2D (dwg lub dxf):
- c. Dostawca powinien dostarczyć pełny zestaw rysunków montażowych i wszystkie rysunki elektryczne dotyczące obsługi i konserwacji. Jednakże Zleceniodawca i SOLARIS gwarantują, że szczegółowe rysunki części nie będą udostępniane bez pisemnego upoważnienia w każdym przypadku.
- d. Schematy chłodzenia.
- e. Ostateczna lista sygnałów monitorowania i blokad.
- f. Ostateczna lista zalecanych części zamiennych i kosztów.
- g. Typy komponentów optycznych, kryształy, podłoża dla wielowarstw, rodzaje wielowarstw i właściwości wraz z obliczeniami ich wydajności.
- h. Ostateczna lista parametrów kontrolnych.
- i. Wyjaśnienie problemów związanych z interfejsem (np. ciśnienie, woda, dźwig, pompy, okablowanie itp.).
- j. Przedmioty lub media, które ma zapewnić SOLARIS (prąd, woda, sprężone powietrze itp.).

- k. Opis układu sterowania.
- l. Procedura testowa dla testu odbiorczego w fabryce i na miejscu.
- m. Szczegółowy opis standardowych prac konserwacyjnych.
- n. Informacje niezbędne do prawidłowego/bezpiecznego działania podzespołów
- o. Tabela proponowanych modeli silników i enkoderów dla każdej osi napędzanej silnikiem, w tym zakres, powtarzalność, rozdzielczość ruchu pełnokrokowego i dokładność każdego ruchu. Wszystkie wymagane dane opisano w Załączniku CS1.
- p. Szczegółowy harmonogram.

### **17.3. Dokumentacja, którą należy dostarczyć przy dostawie**

Wymagana dokumentacja (wyjątek do uzgodnienia):

- a. Dokument inwentaryzacyjny dotyczący wszystkich dostarczonych urządzeń zawierający ich numery seryjne, daty dostawy, nazwy producentów wymienione zgodnie z rysunkiem podzespołu oraz dokument inwentaryzacyjny wszystkich dostarczonych kabli, jeśli zajdzie taka potrzeba.
- b. Wykonawczy plik CAD 3D (step lub ige) z rysunkami 2D. Dostawca dostarczy pełny zestaw rysunków montażowych i wszystkie rysunki elektryczne dotyczące obsługi i konserwacji. Jednakże Zamawiający i SOLARIS gwarantują, że szczegółowe rysunki części nie zostaną udostępnione bez pisemnej zgody, rozpatrywanej indywidualnie w każdym przypadku.
- c. Dokumentacja serwisowa i instrukcje.
- d. Dokumentacja oprogramowania i sprzętu sterującego oraz blokad.
- e. Dokumentacja (instrukcje) dostaw obcych.
- f. Wyniki badań metrologicznych wykonanych na elementach optycznych.
- g. Pomiary krzywej kołysania.
- h. Wyniki testów odbioru fabrycznego.
- i. Dokumentacja techniczna, w tym modele 3D, instrukcje, instrukcje serwisowe, rysunki techniczne, opis procedur instalacyjnych i serwisowych itp. Szczegółowa lista zostanie ustalona podczas spotkania FDR.

## 18. Harmonogram (projekt, produkcja, dostawa)

Wykonawca przedstawi szczegółowy harmonogram wszystkich działań opisanych w niniejszej specyfikacji i dostarczy go w ciągu jednego miesiąca od daty podpisania Umowy (Tabela 8).

- 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 i sposób dostawy dla wszystkich elementów, które mają 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.

**Tabela 8.** Zestawienie głównych etapów projektu.

Etap		Komponenty, które są wymagane by uznać etap za zrealizowany	Data ukończenia etapu
1.1	Spotkanie startowe (wideokonferencja)	Harmonogram projektu	Do 3 tygodni od podpisania kontraktu
1.2	PDR (Wstępny Przegląd Projektu)	Wykonawca powinien zidentyfikować wszystkie kwestie techniczne i proponowane rozwiązania techniczne.	2 miesiące od podpisania kontraktu
1.3	FDR (Finalny Przegląd Projektu)	Zakończenie szczegółowego projektu. Akceptacja FDR przez Zamawiającego, zgoda na produkcję.	4 miesiące od podpisania kontraktu
1.4	FAT (Testy odbiorcze u Producenta)	Uzgodnione testy powinny zostać wykonane przez Wykonawcę i zatwierdzone przez Zamawiającego.	Do 17 miesięcy od podpisania kontraktu
1.5	Dostawa wszystkich komponentów linii SMAUG	Wszystkie elementy powinny być dostarczone pod wskazany adres i sprawdzone pod kątem ewentualnych uszkodzeń.	18 miesięcy od podpisania kontraktu

1.6	Instalacja wszystkich komponentów linii SMAUG	<p>Instalacja komponentów linii powinna być przeprowadzona przez Wykonawcę pod nadzorem Zamawiającego.</p> <p>Uzgodnione testy powinny zostać wykonane przez Zamawiającego pod nadzorem Wykonawcy (jeśli wymagane) i dostarczone urządzenia powinny przejść pomyślnie wszystkie testy. Personel zostanie przeszkolony przez Wykonawcę w zakresie właściwego utrzymania i bezpiecznej eksploatacji dostarczonego sprzętu.</p>	21 miesięcy od podpisania kontraktu
-----	---	--	-------------------------------------

## 19. Lista załączników

Dokumenty referencyjne załączono w poniższych załącznikach. W Załącznikach znajdują się opisy technologiczne stosowane w SOLARIS, z którymi Wykonawca ma obowiązek się zapoznać i przestrzegać. Załączniki stanowią integralną część opisu przedmiotu zamówienia.

- a. Załącznik ALIGN1 – Wytyczne z zakresu pozycjonowania
- b. Załącznik CS0 – Standardy Solaris dla systemu kontroli
- c. Załącznik CS1 – Standardy systemów motoryzacji
- d. Załącznik FE1-BM Założenia dla sekcji front endu 02BM - ogólne
- e. Załącznik MECH1 – Mechanika
- f. Załącznik MECH2 – Orientacja wiązki w VC2
- g. Załącznik MECH10-BM02 – Opis obszaru linii BM02
- h. Załącznik MECH11-BM02 – Wymiary obszaru linii BM02
- i. Załącznik MECH12-BM02 – Wymiary obszaru linii BM02(DWG)
- j. Załącznik MECH13-BM02 – Opis obszaru front endu BM02
- k. Załącznik MECH14-BM02 – Wymiary obszaru front endu BM02
- l. Załącznik MECH15-BM02 – klatka eksperymentalna i optyczna
- m. Załącznik RAY-TRACING-BM02
- n. Załącznik SOURCE – parametry źródła promieniowania synchrotronowego
- o. Załącznik VAC1 – Wytyczne dla komponentów UHV w SOLARIS
- p. Załącznik VAC2 – Technologie i materiały dla urządzeń UHV w Solaris
- q. Załącznik VIB1 – Charakterystyka wibracyjna posadzki w hali eksperymentalnej
- r. Załącznik WAT-CA1 – Standardy sprężonego powietrza
- s. Załącznik WAT-CW1 – Standardy wody chłodzącej