

## Opis Przedmiotu Zamówienia (po zmianach z dnia 17.02.2023 r)

Wypożyczenie modelarni i pracowni komputerowej - urządzenia  
Zamówienie realizowane w ramach projektu pn. Budowa Laboratorium Aerodynamiki Środowiskowej Politechniki Krakowskiej (projekt numer RPMP.01.01.00-12-0141/18)

Przedmiotem zamówienia jest dostawa:

**Zadanie 1 – Zestaw termoanemometrów**

**Zadanie 2 - System do wizualizacji pola wektorowego PIV**

**Specyfikacja:**

### **Zadanie 1 – Zestaw termoanemometrów**

**kompletny 10-kanalowy zestaw czujników termoanemometrycznych.** W ramach przedmiotu zamówienia powinny zostać uwzględnione następujące elementy:

- moduł pomiarowy (umożliwiający jednoczesny pomiar 10 kanałów) lub 2 moduły o łącznej liczbie kanałów co najmniej 10.
- 10 kanałów anemometrów do pomiaru prędkości i turbulencji powietrza
- zakres częstotliwości próbkowania każdego z kanałów w przedziale od 0 do 10kHz każdy
- zakres mierzonych prędkości co najmniej od 10 cm/s do 30m/s lub szerszy
- dodatkowy 1 kanał przeznaczony na dedykowaną sondę temperaturową do kompensacji temperaturowej w przestrzeni pomiarowej
- możliwość ustawienia „offsetu” – odcięcia poziomu szumów
- możliwość ustawienia wzmocnienia w zakresie od 2-krotności do 5-krotności lub szerszym
- przetwornik analogowo-cyfrowy obsługujący wszystkie kanały jednocześnie tj. 11 kanałów, o maksymalnej przepustowości co najmniej 110kS/s (próbki/sekundę)
- czujniki termoanemometryczne 1- włóknowe proste o długości włókna poniżej 2mm i średnicy do 5µm (zestaw 10 szt. miniaturowych czujników)
- czujniki termoanemometryczne 2- włóknowe proste o długości włókien poniżej 2mm i średnicy do 5µm (zestaw 5 szt. miniaturowych czujników)
- lance do sond 1D proste o dł. co najmniej 20 cm z okablowaniem zestaw (10 szt.)
- lance do sond 2D proste o dł. co najmniej 20 cm z okablowaniem zestaw (5 szt.)
- okablowanie o długości 20m łączące lance z modułem (10 szt.)
- oprogramowanie do kalibracji, akwizycji i analizy danych z czujników termoanemometrycznych **obsługujące wszystkie wyżej wymienione komponenty;**  
**Oprogramowanie należy zainstalować i uruchomić na komputerze (przenośnym)**  
**Zamawiającego o parametrach: System operacyjny - Windows 11 Pro PL 64bit,**

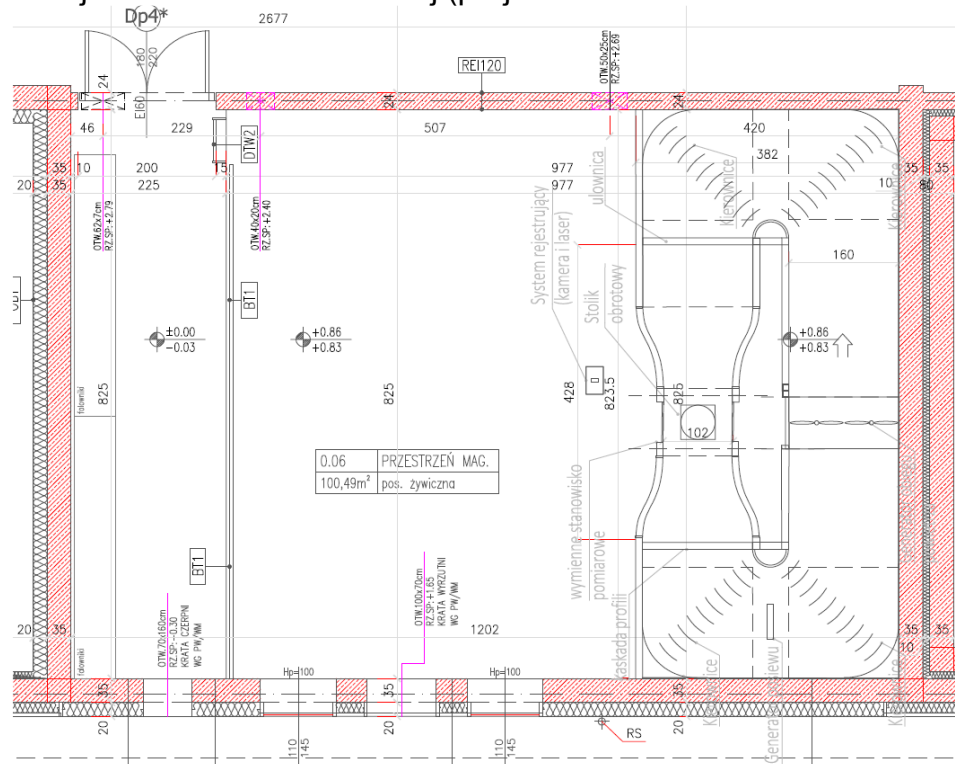
Procesor (14 rdzeni, 20 wątków, 2.30-4.70 GHz, 24 MB cache), Pamięć RAM DDR4 32 GB, Dysk twardy SSD 1 TB, Karta graficzna 8 GB GDDR6;

- zasilacz przystosowany do napięcia sieciowego (230V)
- kalibrator czujników termooanemometrycznych zasilany sprężonym powietrzem umożliwiający wytworzenie strumienia powietrza o poziomie turbulencji poniżej 1% w zakresie co najmniej od 1,5 do 30m/s lub szerszym. Kalibrator z możliwością nastawienia dowolnej wartości z zakresu co najmniej od 1.5 do 30m/s. Kalibrator przenośny z uchwytem na sondy 1D i 2D i wagą do 20kg
- dedykowany zestaw do precyzyjnego nastawu kalibratora zawierający:
  - miernik różnicy ciśnienia umożliwiający pomiary o wartości z zakresu od 0,5-100 Pa lub szerszym, z sygnałami wyjściowymi 0-10 V lub 0-5V
  - barometr o dokładności poniżej <1,5 hPa i zakresie co najmniej od 900 do 1100 hPa, z sygnałami wyjściowymi 0-10 V lub 0-5V
  - czujnik temperatury o dokładności poniżej 0,5°C umożliwiający pomiar z zakresu od - 0°C do +40°C z sygnałami wyjściowymi 0-10 V lub 0-5V
  - przetwornik analogowo-cyfrowy sygnałów miernika ciśnienia barometru i termometru z podłączeniem do komputera
  - Filtr powietrza na wlocie do kalibratora

Minimalny okres gwarancji na elementy zestawu: 12 miesięcy

## **Zadanie 2 - System do wizualizacji pola wektorowego PIV**

**System do wizualizacji pola wektorowego PIV** - do Laboratorium Aerodynamiki Środowiskowej, w ramach projektu pn. Budowa Laboratorium Aerodynamiki Środowiskowej Politechniki Krakowskiej (projekt numer RPMP.01.01.00-12-0141/18).



Rys. 1. Rzut pomieszczenia wraz z systemem PIV oraz układem kształtującym przepływ o obiegu zamkniętym

Zamawiający posiada:

1. Generator posiewu Laskin 40 firmy LaVision o istotnych parametrach:
  - liczba generowanych cząstek posiewu  $10^8/s$ ,
  - średnia wielkość generowanych cząstek posiewu  $0,9\mu m$ ,
  - współpraca z olejem DEHS,
  - maksymalne ciśnienie pracy przynajmniej 3 bar
2. Laser Litron LDY 304 PIV firmy LaVision o istotnych parametrach:
  - liczba wnęk: 2
  - energia impulsu: 30 mJ/wnękę, przy 527 nm i repetycji 1000Hz
  - max. częstość repetycji: 20kHz
  - średnica wiązki lasera: 5mm
  - rozbieżność wiązki: 3mrad
  - laser klasy 4, zgodnie z EN60825-10:2001-11
  - wewnętrzny układ chłodzenia
3. Kamera Imager Pro HS 4M firmy LaVision o istotnych parametrach:
  - rozdzielczość: 2016x2016 pikseli
  - szybkość: 1279Hz przy pełnej rozdzielczości kamery, możliwość pracy z częstotliwością 4500 Hz przy rozdzielczości zredukowanej do 1000x1000pix
  - wielkość piksela:  $11 \times 11 \mu m$
  - dynamika A/D: 12 bit
  - pamięć wewnętrzna: 36GB
  - zakres temperatury pracy: +5... 40°C
4. Synchronizator High Speed Controller firmy LaVision o istotnych parametrach:
  - rozdzielczość czasowa 10ns,
  - liczba wejść/wyjść 16,
  - interface USB,
  - sterowania z poziomu PC
5. System komputerowy wraz z oprogramowaniem DAVIS firmy LaVision o istotnych parametrach:
  - możliwość obsługi wyżej wymienionych komponentów systemu PIV
  - akwizycja i analiza obrazów z wykorzystaniem algorytmów PIV
  - moduł analizy 2D PIV
6. Optyka noża świetlnego:
  - transmisja 90% dla 527nm
  - regulacja w zakresie 0,35-2 metry
  - soczewki do generacji kątów: 10 stopni, 20 stopni
7. Ramię optyczne:
  - przeznaczone do współpracy z wymienionym laserem
  - długość całkowita 1,8 m
  - liczba zwierciadeł 7
  - liczba przegubów 360 stopni 6
  - układ balansu

Zamawiający dopuszcza możliwość zaoferowania równoważnych wymienionych komponentów systemu PIV o parametrach nie gorszych niż powyższe wymienione jako istotne parametry.

W ramach przedmiotu zamówienia powinny zostać uwzględnione następujące elementy:

1. Wykonanie układu kształtującego przepływ o obiegu zamkniętym (zgodnie ze schematem rys.1, rys.2), zawierającego:
  - a. układ generujący obieg powietrza (zestaw wentylatorów osiowych - zakres prędkości przepływu 0,1 – 20m/s lub szerszy),
  - b. układ kształtujący przepływ – zestaw dysz lub elementów zabudowy (m.in. kierownice, dyfuzor konfuzor),
  - c. układ generujący posiew, w tym montaż i kalibracja pracy urządzenia generującego posiew do wymaganych wartości w ramach układu kształtującego przepływ oraz systemu sterowania lub przegląd i adaptacja aktualnie posiadanego przez Zamawiającego generatora posiewu Laskin 40 firmy LaVision (**generator zastępczy o parametrach nie gorszych niż wymienione w pkt. 1 „Zamawiający posiada”, oraz średniej wielkości cząstek posiewu w granicach 0,8-2um**). Zapas 10 litrów płynu DEHS.
  - d. wymienne stanowisko pomiarowe (obrotowy stolik roboczy wraz z obudową i zestawem luster umożliwiających pomiary dla różnych obiektów, w tym także w trybie makro)
  - e. pozostałe elementy sterujące pracą systemu oraz złączą i zamocowania (w tym m.in. mocowanie elementów optyki oraz systemu luster), akcesoria i kable.
2. Montaż systemu rejestrującego (sensorów CTA, systemu optycznego, lasera, zasilacza, synchronizatora oraz systemu komputerowego z akwizycją danych), wstępny rozruch, kalibracja parametrów pracy systemu do zamierzonych wartości,
3. Usługa serwisowa lasera Litron LDY 304 PIV firmy LAVISION; **Serwis należy wykonać przez osobę uprawnioną z odpowiednim potwierdzeniem (kryterium kluczowe do oceny równoważności: kompletny serwis urządzenia):**
  - a. diagnostyka, serwis (wymianą zwierciadeł lasera szt. 2 oraz dostarczenie 2 szt. zapasowych - oznaczenie producenta M104)
  - b. uszczelnienie węża układu chłodzącego zasilacza lasera, justowanie i kalibracja lasera.
  - c. Wymiana filtra wody i wody w układzie chłodzenia
  - d. Przegląd i konserwacja lasera wraz z wymianą filtra wody oraz wody po roku od pierwszego serwisu **lub dostawa nowego lasera o parametrach nie gorszych niż posiadanego Litron LDY 304 wymienionych jako istotne w pkt. 2 „Zamawiający posiada”**
4. Stelaż pod laser o następujących parametrach: wykonany z profili aluminiowych, na kołach i z wysuwanymi stopami. Stelaż mieszczący posiadany przez Zamawiającego laser Litron LDY 304 PIV wraz z ramieniem optycznym firmy LaVision. (**Kryterium kluczowe do oceny równoważności: wysokość podstawy pod głowicę lasera w zakresie 700-1000mm, przystosowany do zapewnienia stabilnej pracy lasera wraz z ramieniem optycznym**).
5. Uchwyt na optykę noża świetlnego połączoną z ramieniem optycznym umożliwiający zamocowanie optyki na wysokości regulowanej w zakresie 0,7-2m nad poziomem podłogi.
6. Statyw na kamerę Imager Pro HS 4M firmy LaVision (**posiadana przez Zamawiającego**) umożliwiający ustawienie kamery w zakresie 0,7-2 m (**kryterium**

kluczowe do oceny równoważności: głowica kulowa z szybką blokadą, zapewniający stabilną pracę kamery w trakcie pomiarów PIV).

7. Lutro przystosowane do odbijania wiązki laserowej w postaci noża świetlnego o wymiarze nie mniejszym niż 200mm, płaskość lustra nie gorsza niż 4-6lambda (2.szt.).

8. Lustro przystosowane do obijania obrazu o powierzchni użytecznej nie mniejszej niż 200x200mm, płaskość lustra nie gorsza niż 4-6lambda (2.szt.). Możliwość użycia 1 lustra do obu celów. Mocowanie lustra nad tunelem na wysokości 2m, na tym samym uchwycie co optyka noża świetlnego. Możliwość regulacji kąta zamocowania.

9. System komputerowy (oprogramowanie wraz z systemem gromadzenia danych uzyskanych w trakcie pomiarów) kompatybilny z posiadanymi przez Zamawiającego, komponentami systemu PIV firmy LAVISION (wymienionymi w pkt. 5 „Zamawiający posiada”), umożliwiającą synchronizację z zestawem czujników termooanemometrycznych, lub adaptację/rozbudowę posiadanego zestawu do nowej funkcjonalności tj. synchronizacji z zestawem czujników termooanemometrycznych i wyzwalanie systemu PIV za ich pomocą. Komputer o minimalnych parametrach:

- a. Procesor uzyskujący testach cpubenchmark minimum 49 000 punktów
- b. Minimum 32GB pamięci RAM DDR4
- c. Dysk systemowy SSD M2 minimum 500GB
- d. Dysk szybkiego zapisu SSD M2 minimum 2TB, szybkość zapisu >6000MB/s
- e. Dyski na dane HDD 2x minimum 8TB
- f. Dyski na dane HDD w kieszeniach łatwo wyjmowanych 2x minimum 2TB
- g. Karta graficzna, 2GB GDDR5, obsługa minimum 3 monitorów
- h. Karty sieciowe 1Gb/s i 10Gb/s
- i. Moduł bezprzewodowej sieci lokalnej
- j. Windows 11 professional
- k. Zestaw klawiatura + mysz bezprzewodowe
- l. Monitor minimum 27 cali
- m. Program pomiarowy z analizą PIV 2D wykorzystujący bezpośrednio wymienione komponenty posiadanego przez Zamawiającego systemu PIV LAVISION lub równoważne zaoferowane komponenty

n. Biurko pod komputer o wymiarach blatu minimum 150x60 z regulacją wysokości w zakresie 700-1300mm z zestawem 4 skrętnych kół i 4 stopy wysuwane

10. Jednostkę synchronizującą do systemu PIV, obsługującą elementy hardware posiadanego przez Zamawiającego systemu PIV firmy LAVISION lub równoważne zaoferowane komponenty o minimum 6 kanałach wyjściowych synchronizujących, współpracującą z programem pomiarowym PIV oraz z zestawem czujników termooanemometrycznych CTA

11. Obiektyw (2 szt.) o mocowaniu kompatybilnym z mocowaniem Nikon oraz adapterem M42, obiektyw typu makro o ogniskowej minimum 85mm oraz co najmniej 135mm

12. Kamery umożliwiające podgląd/monitoring pracy elementów znajdujących się wewnątrz układu, w tym

- a. Kamera o rozdzielczości min. 1280x1024 pikseli (wraz z elementami mocującymi) (2 szt.)



- [illegible]

- c. Przed przystąpieniem do realizacji przedmiotu zamówienia wymagana jest inwentaryzacja przestrzeni przeznaczonej dla systemu PIV;
- d. W ramach przedmiotu zamówienia wymagane jest opracowanie dokumentacji koncepcyjnej, zawierającej komplet rysunków technicznych (elementów zestawu) w porozumieniu z Zespołem LIW PK;
- e. Układ generujący obieg powietrza powinien posiadać sterowanie automatyczne w ramach którego wymagana jest wizualizacja pracy systemu (w tym w szczególności: prędkość wewnątrz przestrzeni pomiarowej, prędkość obrotowa układu wentylatorów);
- f. Układ generujący obieg powietrza w zakresie sterowania automatycznego powinien posiadać funkcjonalność współpracy z zestawem czujników termooanemometrycznych CTA, w ramach której możliwe będzie synchronizacja z i wyzwalanie systemu PIV za ich pomocą po osiągnięciu zadanych parametrów pracy systemu;
- g. W ramach przedmiotu zamówienia wymagana jest instrukcja techniczna z obsługi systemu PIV dla personelu;
- h. Wsparcie techniczne przez okres co najmniej 12 miesięcy, w tym czynny udział w 2 pracach badawczych (každorazowo po 3 dni)
- i. Transport, montaż i ustawienie urządzenia wraz z kompletnym systemem optycznym

j. W zestawie komplet narzędzi niezbędnych do pracy oraz obsługi systemu oraz zapas płynu chłodzącego (40l)

W cenie należy uwzględnić wszystkie wymagania określone dla każdego zestawu (zadania) w specyfikacji istotnych warunków oraz wszelkie koszty, jakie poniesie Wykonawca z tytułu należytej oraz zgodnej z obowiązującymi przepisami realizacji przedmiotu zamówienia.

Warunki dostawy i miejsce dostawy/wykonania (nazwa adres jednostki org. nr budynku, nr pok.):

**Laboratorium Aerodynamiki Środowiskowej, Al. Jana Pawła II 37 (budynek przy kompleksie biurowym Podium), 31-864 Kraków**

Zamawiający dopuszcza składanie ofert równoważnych. W przypadkach, kiedy w opisie przedmiotu zamówienia wskazane zostały znaki towarowe, patenty, pochodzenie, źródło lub szczególny proces, charakteryzujące określone produkty lub usługi, oznacza to, że Zamawiający nie może opisać przedmiotu zamówienia za pomocą dostatecznie dokładnych określeń i jest to uzasadnione specyfiką przedmiotu zamówienia. W takich sytuacjach ewentualne wskazania na znaki towarowe, patenty, pochodzenie, źródło lub szczególny proces, należy odczytywać z wyrazami „lub równoważne”