

| | |
|-------------|--|
| INWESTYCJA | Hangar AEROSFERA |
| ADRES | Kąkolewo, gm. Grodzisk Wlkp. |
| INWESTOR | Instytut Chemii Bioorganicznej PAN Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe |
| ZAKRES | KONECPCJA / PROJEKT PRZETARGOWY KONSTRUKCJI |
| NR PROJEKTU | PN00949 |

Opracował inż. mgr Jerzy Kolbusz

Poznań, 02.09.2021

OPIS TECHNICZNY

- CZĘŚĆ KONSTRUKCYJNA -

1. PODSTAWY OPRACOWANIA

- 1.1. Zlecenie na wykonanie prac projektowych – Instytut Chemii Bioorganicznej PAN – Poznańskie Centrum Superkomputerowo – Sieciowe z sierpnia 2021 r.
- 1.2. Wytyczne przekazane przez Inwestora:
 - 1.2.1. Program funkcjonalno-użytkowy
 - 1.2.2. Koncepcja architektoniczna
 - 1.2.3. Koncepcja architektoniczna – Warunki techniczne ochrony przeciwpożarowej
- 1.3. Opinia geotechniczna opracowana przez Geoprofil Andrzej Stube z listopada 2018 r.
- 1.4. Uzgodnienia przeprowadzone z Zamawiającym
- 1.5. Obowiązujące przepisy i normy.

2. PRZEDMIOT I CEL OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest projekt koncepcyjny z elementami projektu przetargowego w zakresie głównych elementów konstrukcyjnych hangaru bezzałogowych statków powietrznych z zapleczem laboratoryjno-badawczym planowanym na terenie lotniska w Kąkolewie.

Celem opracowania jest przedstawienie rozwiązań w zakresie głównych elementów konstrukcyjnych – fundamentów, słupów, belek, stropów, konstrukcji dachu – z określeniem ich gabarytów, stopnia zbrojenia i ilości stali w stopniu umożliwiającym wycenę tychże elementów.

Z opracowania wyłączone zostały:

- lekka obudowa
- elementy wydzielenia wewnętrznego – ściany działowe murowane, ścianki typu STG
- elementy nie będące konstrukcją główną, takie jak: podstawy pod urządzenia, podwieszenia instalacji, podstawy pod panele fotowoltaiczne, konstrukcje przybramowe i okienne itp.
- posadzka przemysłowa.

3. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

Obciążenia:

Obciążenie śniegiem – II strefa

Obciążenia wiatrem – I strefa, teren A / kategoria terenu I, budowla niepodatna

Obciążenia użytkowe posadzki:

- obciążenie równomiernie rozłożone - 50 kN/m^2

Obciążenia stropów - antresola:

- przyjęto obciążenie użytkowe – $2,00 \text{ kN/m}^2$
- na stropie antresoli A2 możliwość zainstalowania wciągarki o udźwigu $2,50 \text{ kN}$

Obciążenia połączeń dachowej:

- obciążenia stałe – pokrycie połączeń dachowej
- obciążenia użytkowe – klimatyczne – śnieg, wiatr
- inne obciążenia:
 - a/ instalacje podwieszone do płatwi – przyjęto $0,20 \text{ kN/m}^2$
 - b/ instalacja fotowoltaiczna – przyjęto $0,35 \text{ kN/m}^2$
 - c/ zawiesia – $2 \times 7,50 \text{ kN}$ umieszczone w węzłach pasów dolnych dźwigarów kratowych
 - d/ obciążenie od kurtyn/siatek zabezpieczających w poziomie pasa dolnego – $0,50 \text{ kN/mb}$

Ad b/ Instalacja fotowoltaiczna. Z Zamawiającym uzgodniono:

- konstrukcja dachu hali będzie przystosowana do zainstalowania w przyszłości paneli fotowoltaicznych na powierzchni ok. 260 m^2 . Panele ułożone zostaną na obu płaszczyznach połączeń dachowej po 130 m^2 . Przyjęto, że będą to pola o długości ok. 3 modułów – $3 \times 6 \text{ m} = 18 \text{ m}$ (obciążające 4 kratownice) i szerokości ok. $3 \times 2,7 \text{ m} = 8,1 \text{ m}$ (obciążające po 4 węzły górne kratownic po obu stronach kalenicy). Płaszczyzna paneli będzie równoległa do połączeń dachu – nie wytworzy dodatkowych worków śnieżnych oraz nie zmieni warunków obciążenia wiatrem połączeń dachowej. Podkonstrukcja oparta będzie bezpośrednio na pasach górnych kratownic w węzłach kratownic – w rozstawie $2,70 \times 6,00 \text{ m}$.

Ad c/ Zawiesia:

- konstrukcja dachu będzie przygotowana do podwieszenia w dwóch dowolnych węzłach pasów dolnych dźwigarów kratowych instalacji typu wciągarki z kratownicami scenicznymi dla podwieszenia instalacji pomiarowych, oświetleniowych, kurtyn, ekranów itp. wywierających obciążenie punktowe max. $7,50 \text{ kN}$ (maksymalne, łączne

obciążenie na zawiesiach na 1 dźwigar – 15 kN). Z Zamawiającym uzgodniono podział pasa dolnego dźwigarów na pola: po ok. 2,75 m – 5 x 5,50 m – 2,75 m.

Ad d/ Kurtyny/siatki zabezpieczające

Obciążenie od kurtyn/siatek zabezpieczających zlokalizowanych prostopadle do dźwigarów kratowych przeniesione będzie poprzez belki $L_M = 6,00$ m mocowane do zawiesi w poziomie pasa dolnego kratownic. Proponowany przekrój belek, dla obciążeń 0,50 kN/m, rura kwadratowa 100 x 100 x 4 ze stali klasy S235.

W kalenicy będzie możliwość instalacji anten określonych w PFU (8 anten po 0,1 kN każda).

4. WARUNKI GRUNTOWO – WODNE

Warunki gruntowo-wodne określone zostały na podstawie dokumentacji geotechnicznej [1.3.].

Badany teren jest płaski – maksymalna deniwelacja wynosi ok. 0,12 m, rzędne terenu w obrębie hangaru – 100,07 – 100,18 m n.p.m.

Warunki gruntowe określono jako proste.

Wierzchnią warstwę stanowi gleba o miąższości 20 – 30 cm. Poniżej zalegają piaski drobne w stanie średniozagęszczonym – $I_D = 0,4 – 0,5$ o miąższości 0,4 – 0,8 m (1,80 m w otworze 6, poza obrysem budynku), a poniżej piaski gliniaste i gliny piaszczyste głównie twardoplastyczne z grupy zaliczonej do II C – stopień konsolidacji B, $I_L = 0,15$ (lokalnie II D – $I_L = 0,05$). Lokalnie, na głębokości ok. 2,0 m, zlokalizowano wkładki gruntów spoistych o $I_L = 0,20$ (warstwa II B), a w otworze 2 – $I_L = 0,35$ (warstwa II A). W otworze 6, poza obrysem budynku, na głębokości ok. 5,0 m dowiercono się do stropu warstwy III A – piasków gliniastych, twardoplastycznych $I_L = 0,15$, stopień konsolidacji A.

Wodę gruntową nawiercono w dwóch otworach na głębokości ok. 2,70 m (otwór 2) i 3,00 m (otwór 1). Poziom wód gruntowych może się wahać o ok. +/- 0,50 m.

Warunki gruntowe uznano jako kwalifikujące się do posadowienia bezpośredniego.

5. OGÓLNY OPIS BUDYNKU

Obiekt składa się z części halowej ok. 1 600 m² z pomieszczeniami wewnętrznymi i antresolą oraz zewnętrznej dobudówki zlokalizowanymi w parterze o powierzchni ok. 230 m². Hala główna jest obiektem jednokondygnacyjnym, jednonawowym. Maksymalna wysokość hali – 14,50 m, wolna przestrzeń manewrowa w hangarze – do wysokości 10,50 m. Budynek jest niedylatowany i niepodpiwniczony.

Przyjęte rozwiązania konstrukcyjne:

- konstrukcja szkieletowa – słupy żelbetowe prefabrykowane, belki i płyty stopowe – żelbetowe, prefabrykowane
- posadowienie bezpośrednie na stopach i ławach żelbetowych, prefabrykowanych i monolitycznych
- dach o konstrukcji stalowej lub, alternatywnie, z prefabrykowanych dźwigarów sprężonych
- pokrycie lekkie – blacha trapezowa lub płyty panelowe z izolacją termiczną.

6. POZIOM PORÓWNAWCZY I POZIOM POSADOWIENIA

Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto jako poziom porównawczy (poziom posadzki hali):

$$\pm 0,00 = 100,30 \text{ m n.p.m.}$$

Fundamenty posadowione będą na rzędnych:

- stopy -1,20 = 99,10 m n.p.m.
- ławy -1,10 = 99,20 m n.p.m.

Uwaga ! Ostateczny poziom $\pm 0,00$ określony zostanie na etapie PB wg projektu architektonicznego i drogowego.

7. OPIS ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH

7.1. Fundamenty

Zasadnicza konstrukcja szkieletowa hali (słupy) posadowiona jest na stopach fundamentowych. W niniejszym opracowaniu przyjęto rozwiązanie stóp prefabrykowanych połączonych monolitycznie ze słupami (stoposłupy). Wymiary stóp fundamentowych pokazano na rzucie fundamentów, ich grubość została przyjęta stała – 0,50 m. Wielkość stóp fundamentowych podyktowana jest przede wszystkim koniecznością zapewnienia stateczności obiektu w obu kierunkach w warunkach maksymalnych obciążeń poziomych (wiatr) przy minimalnych obciążeniach pionowych (jedynie ciężar własny i odciążające działanie wiatru). W przypadku stoposłupów o gabarytach przekraczających możliwości transportowe (max. 3,00 x 3,00 m – transport ponadgabarytowy) należy założyć konieczność wykonania dolewek monolitycznych w warunkach budowy. Możliwe są także inne, alternatywne sposoby łączenia słupów ze stopami w sposób sztywny (klasycznie - z szklankami lub np. poprzez rury typu Robusta, łączniki typu „peiko”). Prefabrykaty – stoposłupy przyjęto jako wykonane z betonu C35/45 i zbrojone stalą klasy A-IIIIN.

Dla alternatywnej wersji rozwiązania dachu – dźwigarów strunobetonowych - ze względu na większe obciążenie pionowe korzystnie wpływające na stateczność układu, możliwe było zredukowanie wielkości stóp fundamentowych w osiach 1 i 7.

Ławy fundamentowe $h \times b = 40 \times 60$ cm są elementem uzupełniającym zastosowanym dla ścian murowanych wypełniających układy szkieletowe. Przyjęto je jako monolityczne wykonane z betonu C20/25 i zbrojone podłużnie stalą klasy A-IIIN.

7.2. Podwaliny

Wokół hali i fragmentów przyległych przewidziano wykonanie podwalin żelbetowych, prefabrykowanych, trójwarstwowych z izolacją termiczną.

7.3. Słupy

Zasadniczym elementem konstrukcyjnym hangaru są żelbetowe słupy prefabrykowane. W niniejszym opracowaniu założono wykonanie słupów połączonych monolitycznie z częściami stopowymi (stoposłupów) – patrz p. 7.1. Wymiary słupów pokazano na rzutach. Przekroje słupów podyktowane są zarówno koniecznością przeniesienia obciążeń maksymalnych, jak i wymogiem zapewnienia sztywności i stateczności obiektu we obu kierunkach w warunkach maksymalnych obciążeń poziomych (wiatr).

Słupy w osiach 1 i 7 przenoszą obciążenie z głównych dźwigarów dachowych, słupy w osiach A i I przenoszą obciążenie z belek skrajnych konstrukcji dachu. Wszystkie te słupy przenoszą obciążenia poziome od oddziaływania wiatru na ściany zewnętrzne.

W osiach B i 8 oraz w pobliżu osi H/2 znajdują się słupy podpierające konstrukcję stropów antresoli. Słupy w osi B i H/2 współpracują także z układami podłużnymi w przenoszeniu obciążeń poziomych. Słupy w osi 8 nie pełnią takiej roli.

Słupy w osiach A, 7 oraz H-I/1 i I/2 zostaną wyposażone w krótkie wsporniki do oparcia prefabrykowanych belek żelbetowych podtrzymujących stop antresoli.

Słupy zaprojektowano z betonu C35/45 zbrojonego stalą klasy A-IIIN.

7.4. Belki

W osiach A/2-7, B/2-7, 7//C-I, 8/C-I oraz 1/H-I i 2/H-2 na poziomie stropu nad parterem zainstalowane zostaną prefabrykowane belki żelbetowe dla oparcia płyt stropowych antresol. Belki o przekroju $h \times b = 45 \times 35$ cm zaprojektowano z betonu C35/45 zbrojonego stalą klasy A-IIIN.

7.5. Stropy

Stropy nad pomieszczeniami parterowymi wewnątrz i na zewnątrz hangaru przyjęto z płyt kanałowych prefabrykowanych, sprężonych o symbolu SP20 A4 R60. Płyty stropowe zostaną uzupełnione wieńcami i wylewkami monolitycznymi z betonu C25/30 zbrojonego stalą klasy A-IIIN.

7.6. Główne dźwigary dachowe

Jako rozwiązanie podstawowe przyjęto dźwigary dachowe w formie kratownicy stalowych o rozpiętości ok. 33 m i wysokości w kalenicy 3,4 m. Geometria kratownicy wyniknęła z warunków statycznych, przyjętego pochylenia połaci dachowej – 5,6° oraz uzgodnionego podziału pasa dolnego – patrz p. 3 c/. Dolną krawędź pasa dolnego przyjęto na rzędnej 10,65 m, aby zapewnić wymaganą przestrzeń wolną do wysokości 10,50 m. Przekroje pasów i zakratowań ilustrują załączone rysunki – stal S235JR. Kratownice przewidziano jako symetryczne wykonywane w dwóch częściach i scalane w osi kalenicy w warunkach budowy połączeniami na śruby wysokiej wytrzymałości – HV. Dźwigary wymagają zabezpieczenia ich stateczności układem stężeń połaciowych oraz trzema liniami stężeń pionowych wskazanymi na rysunkach.

7.7. Główne dźwigary dachowe strunobetonowe

– rozwiązanie alternatywne

Jako rozwiązanie przyjęto dźwigary dachowe prefabrykowane, strunobetonowe. Dźwigary dobrano wg katalogu fy Pekabex. Przyjęto dźwigary o symbolu IVO 1500/500 z pasem górnym w spadku 5°.

7.8. Płatwie

Przyjęto płatwie stalowe z profili IPE 200 (płatwie pośrednie) i IPE 160 (płatwie skrajne oraz podwójne w kalenicy) ze stali S235JR. Płatwie są belkami wolnopodpartymi o pasie górnym umieszczonym w płaszczyźnie pasów górnych dźwigarów kratowych lub ułożonymi za pomocą podcięcia na pasach górnych dźwigarów strunobetonowych. Połączenie z dźwigarami – na złącza śrubowe. Rozstaw płatwi – co 2,70 m.

7.9. Belki skrajne

W osiach A i I na słupach żelbetowych ułożone zostaną belki skrajne o rozpiętości 5,40 m. Na belkach tych, w środku ich rozpiętości, oparte są płatwie. Belki zaprojektowano z profilu IPE 200 ze stali S235JR.

7.10. Stężenia połaciowe

W poziomie płatwi i pasów górnych dźwigarów zaprojektowano system stężeń połaciowych. Krzyżulce stężeń przyjęto z prętów wiotkich $\Phi 25$ ze stali S355JR wyposażonych w nakrętki napinające M24 (śruby rzymskie), a słupkami stężeń są płatwie.

Stężenia połaciowe poprzeczne zabezpieczają górne, ściskane pasy dźwigarów kratowych, przed wyboczeniem oraz zapewniają równomierny rozkład obciążeń poziomych i tym samym równomierną, bez deformacji, pracę układu konstrukcyjnego dachu po kierunku podłużnym. Stężenia połaciowe poprzeczne, celem ujednolicenia rozwiązań konstrukcyjnych, zlokalizowano w przedskrajnych polach połaci dachowej.

Stężenia połaciowe podłużne, zlokalizowane wzdłuż osi 1 i 7, zapewniają równomierny rozkład obciążeń poziomych i tym samym równomierną, bez deformacji, pracę układu konstrukcyjnego dachu po kierunku poprzecznym.

7.10. Stężenia pionowe

Stężenia pionowe dachu zlokalizowano w osiach 2' (między osiami 2 i 3), 4 i 5' (między osiami 5 i 6). Pasy dolne stężeń pionowych przyjęto z profili zamkniętych, kwadratowych 100 x 100 x 4 ze stali S235JR, funkcję pasów górnych pełnią płatwie. Krzyżulcami stężeń pionowych są pręty wiotkie $\Phi 25$ ze stali S355JR wyposażone w nakrętki napinające M24 (śruby rzymskie). Krzyżulce przewidziano w polach przedskrajnych (2 pręty na krzyż) i skrajnych (1 pręt). Stężenie pionowe stabilizują położenie dźwigarów głównych oraz zabezpieczają pas dolny przed wyboczeniem w sytuacji pojawienia się w nim sił ściskających (od ssania wiatru przy minimalnym obciążeniu połaci dachowej).

Dla rozwiązania alternatywnego – dźwigarów strunobetonowych – stężenia pionowe nie są wymagane.

7.11. Pokrycie dachu

Pokrycie dachu musi spełniać warunki nośności, sztywności oraz wymagania izolacyjności termicznej $U \geq 0,30 \text{ W/(m}^2 \times \text{K)}$. Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto rozwiązanie z pokryciem z paneli z rdzeniem z wełny mineralnej gr. 120 mm. Alternatywą może być pokrycie z blachy trapezowej ocieplonej wełną mineralną. Ostateczny dobór pokrycia dokonany zostanie na etapie PB.

8. KLASY EKSPOZYCJI ELEMENTÓW ŻELBETOWYCH

Przyjęto klasę ekspozycji stóp fundamentowych – XC4/XA1

Przyjęto klasę ekspozycji elementów żelbetowych – XC3

9. KLASA KOROZYJNOŚCI ELEMENTÓW STALOWYCH

Przyjęto klasę korozyjności środowiska dla elementów stalowych – C2

Zabezpieczenie antykorozyjne elementów stalowych - zestawem malarskim dla środowiska korozyjności min. C2 dla elementów wewnętrznych, okres trwałości średni lub poprzez ocynk.

10. ZABEZPIECZENIA P.POŻ.

Wymagania dotyczące wymagań ochrony p.poż. ujęto w opracowaniu [1.2.3.].

Budynek zakwalifikowano do kategorii PM, gęstość obciążenia ogniowego $Q \leq 500 \text{ MJ} / \text{m}^2$. Budynkowi przyporządkowano klasę odporności pożarowej „E” – klasy odporności ogniowej elementów budynku – bez wymagań.

Wszystkie elementy konstrukcji budynku muszą być wykonane z materiałów nierozprzestrzeniających ognia – NRO.

11. SZACUNKOWE ZUŻYCIE MATERIAŁU

Szacunkowe zużycie stali zbrojeniowej:

| | |
|----------------------|-----------------------|
| - słupy żelbetowe | 250 kg/m ³ |
| - belki żelbetowe | 150 kg/m ³ |
| - stopy fundamentowe | 120 kg/m ³ |

Szacunkowe zestawienie stali profilowej

| | |
|-----------------------------|------------------|
| 1. Wersja stalowa dźwigarów | [kg] |
| a. kratownice | 18 900 |
| - naddatek 11% | 2 080 |
| b. płatwie | 11 690 |
| - naddatek 5% | 585 |
| c. stężenia pościowe | 1 530 |
| - naddatek 5% | 75 |
| d. stężenie pionowe | 1 870 |
| - naddatek 5% | 95 |
| e. belki ściany szczytowej | 1 560 |
| - naddatek 5% | 80 |
| łącznie | 38 465 kg |
| 2. Wersja strunobetonowa | [kg] |
| a. płatwie | 11 690 |
| - naddatek 5% | 585 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| b. stężenia połaciowe | 1 530 |
| - naddatek 5% | 75 |
| c. belki ściany szczytowej | 1 560 |
| - naddatek 5% | 80 |
| łącznie | 15 520 kg |

Opracował:

mgr inż. Jerzy Kolbusz

Poznań, wrzesień 2021 r.