

**"GrupaZ Architektura i Budownictwo"**  
**ul. Kazimierza Bartla 4, 51-618 Wrocław**

**PROJEKT KONSTRUKCJI ZABEZPIECZAJĄCEJ  
PRZED KATASTROFĄ ZABYTKOWY HANGAR NA  
SPRZĘT PŁYWAJĄCY AWF we WROCŁAWIU**

INWESTOR: AWF Wrocław, al.. I.J. Paderewskiego 35, 51-612 Wrocław

BRANZA: konstrukcyjno-budowlana

AUTOR: dr inż. Wojciech Seidel

Uprawniony do wykonywania samodzielnej funkcji projektanta i kierownika budowy i robót w specjalności konstrukcyjno-budowlanej, przez Urząd Wojewódzki we Wrocławiu, nr 116/86/UW

e-mail: seidel@o2.pl, tel. 609 260 280

Wrocław, 21.11.2019

### Zawartość opracowania:

0.	Zaświadczenia autora projektu o członkostwie w Dolnośląskiej Okręgowej Izbie Inżynierów Budownictwa i o uprawnieniach projektanta	3
1.	Podstawa opracowania	5
2.	Wprowadzenie	6
3.	Cel projektu	7
4.	Zestawienie obciążeń	8
	4.1. Dane wyjściowe	8
	4.2. Ciężar własny konstrukcji zabezpieczającej i dachu hangaru	8
	4.3. Obciążenia wiatrem	9
	4.4. Obciążenia śniegiem	10
	4.5. Obciążenia poziome od deformacji przechyłowych	11
5.	Obliczenia weryfikacyjne	12
	5.1. Założenia do obliczeń i zastosowany program komputerowy	12
	5.2. Graficzna prezentacja systemu konstrukcyjnego	13
6.	Opis techniczny konstrukcji zabezpieczającej	14
7.	Opis montażu	15

### Załączniki:

Rys. ZM-01 Rysunek zestawczo montażowy

Rys. K-01 Rysunek warsztatowy, słupy S-1 do S-4 i S-11 do S-14

Rys. K-02 Rysunek warsztatowy, słupy

Rys. K-03 Rysunek warsztatowy, rygle, wsporniki, stężenia

Rys. K-04 Rysunek wykonawczy, połączenia

Listy materiałowe

Rys. INW-01 Rysunek inwentaryzacyjny. Plan parter

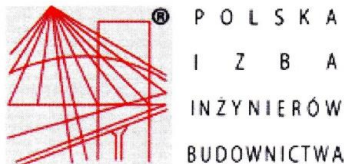
Rys. INW-02 Rysunek inwentaryzacyjny. Plan 1. piętro

Rys. INW-03 Rysunek inwentaryzacyjny. Elewacja 1, 2, 3, 4

Rys. INW-04 Rysunek inwentaryzacyjny. Przekrój A-A, B-B

Rys. INW-05 Rysunek inwentaryzacyjny. Odchylenia słupów

## 0. Zaświadczenia autora projektu o członkostwie w Dolnośląskiej Okręgowej Izbie Inżynierów Budownictwa i o uprawnieniach do projektowania



### Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

DOŚ-A8A-4CH-BMA \*

Pan Wojciech Ryszard Seidel o numerze ewidencyjnym DOŚ/BO/0525/04

adres zamieszkania ul. Wrocławska 105, 55-003 Ratowice

jest członkiem Dolnośląskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.

Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2019-05-01 do 2020-04-30.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2019-04-16 roku przez:

Janusz Szczepański, Przewodniczący Rady Dolnośląskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

(Zgodnie art. 5 ust 2 ustawy z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (Dz. U. 2001 Nr 130 poz. 1450) dane w postaci elektronicznej opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu są równoważne pod względem skutków prawnych dokumentom opatrzonym podpisami własnoręcznymi.)

\* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa [www.piib.org.pl](http://www.piib.org.pl) lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

URZĄD WOJEWÓDZKI  
we Wrocławiu  
Wydział Planowania Przestrzeni, Urbanistyki,  
Architektury i Nadzoru Budowlanego  
pl. Powstańców Warszawy 1

Wrocław, dnia 29.04. 86

116/86/UW

Nr \_\_\_\_\_

## DECYZJA

### O STWIERDZENIU PRZYGOTOWANIA ZAWODOWEGO

do pełnienia samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie

Na podstawie § 6 ust. 3, § 4 ust. 2, § 7  
§ 5 ust. 1, § 7, § 6 ust. 1 i 3 i § 13 ust. 1 pkt 2 lit. -  
rozporządzenia Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia 20 lutego 1975 r. w spra-  
wie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz.U. Nr 8, poz. 46) stwierdza się że:

Obywatel(ka) Wojciech Ryszard SEIDEL  
(imię i nazwisko)  
doktor inżynier budownictwa lądowego  
(tytuł naukowy — zawodowy)  
urodzony(a) dnia 16 stycznia 50 r. w Koźuchowie  
posiada przygotowanie zawodowe upoważniające do wykonywania samodzielnej funkcji  
projektanta i kierownika budowy i robót  
(rodzaj funkcji)  
w specjalności konstrukcyjno — budowlanej  
(rodzaj specjalności techniczno-budowlanej)  
w zakresie \_\_\_\_\_  
(specjalizacja zawodowa)

Obywatel(ka) Wojciech Ryszard Seidel jest upoważniony(a) do:  
(imię i nazwisko)

- do sporządzania projektów w zakresie rozwiązań konstrukcyjno-budowlanych budynków oraz innych budowli, z wyłączeniem linii, węzłów i stacji kolejowych, dróg oraz lotniskowych dróg startowych i manipulacyjnych, mostów, budowli hydrotechnicznych i melioracyjnych,
- do sporządzania w budownictwie osób fizycznych projektów w zakresie rozwiązań architektonicznych:
  - budynków inwentarskich i gospodarczych, adaptacji projektów typowych i powtarzalnych innych budynków oraz sporządzania planów zagospodarowania działki związanych z realizacją tych budynków,
  - budowli nie będących budynkami,
- do kierowania, nadzorowania i kontrolowania budowy i robót, kierowania i kontrolowania wytwarzania konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz oceniania i badania stanu technicznego w zakresie wszelkich budynków oraz innych budowli, z wyłączeniem linii, węzłów i stacji kolejowych, dróg oraz lotniskowych dróg startowych i manipulacyjnych, mostów, budowli hydrotechnicznych i wodnomelioracyjnych.

Otrzymuje:  
dr inż. Wojciech Seidel  
ul. Wróblewskiego 25/303  
51-627 Wrocław

s. a. Gł. Architekt Województwa  
Dyrektor Wydziału  
mgr inż. arch. Mirosław Sowa

m. p.

(podpis i pieczęć)

## 1. Podstawa opracowania:

Formalną podstawą wykonania projektu zabezpieczenia zabytkowego hangaru przed katastrofą jest zamówienie Akademii Wychowania Fizycznego z dnia **15.02.2019 r.**

Podstawowe normy i materiały źródłowe:

- [1] PN-EN 1993-1-1:2006 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [2] PN-EN 1995-1-1:2010 Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych. Część 1-1: Postanowienia ogólne i reguły dotyczące budynków.
- [3] PN-EN 1996-1-1:2005 Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych.
- [4] PN-EN 1991-1-1 Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-1: Oddziaływania ogólne - Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
- [5] PN-EN 1991-1-4:2008 Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje Część 1-4: Oddziaływania ogólne - Oddziaływania wiatru.
- [6] PN-EN 1991-1-3:2005 Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje Część 1-3: Oddziaływania ogólne - Obciążenie śniegiem.
- [7] Archiwalna dokumentacja projektowa obiektu (poniemiecka), w postaci rysunku wykonanego w skali 1:100, wykonana 20 marca 2013 r, zawierająca:
  - Widok boczny budynku od strony wschodniej (Seiten-Ansicht),
  - Rzut przyziemia (Grundriss),
  - Rzut parteru (Grundriss),
  - Widok frontowy budynku od strony południowej (Vorder-Ansicht),
  - Przekrój poprzeczny (Schnitt),
  - Plan sytuacyjny w skali 1:3000 (Lageplan 1:3000),
  - Plan sytuacyjny w skali 1:500 (Lageplan 1:500),
  - Ponadto na rysunku podano podstawowe informacje z obliczeń statycznych dotyczące rozpiętości obliczeniowych i obciążeń działających na strop nad przyziemiem.
- [8] Ekspertyza Mykologiczno-Budowlana, opracowana przez Rzecznawcę Mykologiczno-Budowlanego, mgr inż. Pawła Schuhmachera w grudniu 2012 r.
- [9] Ekspertyza – Ocena Techniczna, określająca utrzymanie w stanie istniejącym budynku hangaru na sprzęt pływający we Wrocławiu przy ul. Rzeźbiarskiej 4.
- [10] Ekspertyza techniczna budynku hangaru na sprzęt pływający, usytuowanego na terenie AKADEMII WYCHOWANIA FIZYCZNEGO przy ul. Rzeźbiarskiej 4, we Wrocławiu, opracowana 22.02.2019 r. przez dr inż.. Wojciecha Seidla
- [11] Pismo PINB dla miasta Wrocławia, nr 95/19, z dnia 10 września 2019 r.

## 2. Wprowadzenie

Przedmiotem niniejszego projektu jest zabezpieczenie budynku hangaru na łódzie wiosłowe i żaglowe, wybudowanego w 1913 r., przed grożącą mu katastrofą budowlaną, co wykazano w wykonanych ekspertyzach stanu technicznego [8], [9] i [10].

Budynek, usytuowany przy ul. Rzeźbiarskiej we Wrocławiu, jest w posiadaniu Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu i ze względu na stan techniczny nie jest użytkowany. Przedmiotowy obiekt budowlany jest aktualnie pod nadzorem konserwatorskim i jest wpisany do rejestru zabytków nr A/2366/441/Wm z dnia 12.04.1988 r.

Na zalecenie Miejskiego Konserwatora Zabytków, PINB we Wrocławiu, wezwał pismem [11], do usunięcia nieprawidłowości w stanie technicznym obiektu, mogących stanowić zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi oraz bezpieczeństwa mienia.

W dniu 5 września 2019 r. miała miejsce kontrola budynku "Hangar na sprzęt pływający" z udziałem Miejskiego Konserwatora Zabytków, w osobie Zdzisława Żaka, przedstawicieli PINB we Wrocławiu, przedstawicieli AWF Wrocław oraz przedstawicieli biura projektowego GrupaZ z Wrocławia. Na spotkaniu ustalono m.in., że należy wykonać projekt rewitalizacji "Hangaru na sprzęt pływający" i po jego uzgodnieniu i akceptacji przez Miejskiego Konserwatora Zabytków, przeprowadzić rewitalizację. W trybie pilnym należy wykonać projekt a następnie zabezpieczenie przedmiotowego budynku przed zawaleniem i dalszą destrukcją wywołaną głównie przeciekaniem dachu.

Dla przedmiotowego budynku, oprócz wymienionych wcześniej ekspertyz, wykonano inwentaryzację geodezyjną systemu konstrukcyjnego budynku hangaru. Celem pomiarów było ustalenie zaistniałych trwałych deformacji (przechyłów) elementów konstrukcyjnych (głównie słupów drewnianych ścian) w wyniku przekroczenia stanów granicznych nośności i użytkowania. Raport z tej inwentaryzacji, dokumentujący aktualny stan deformacji budynku, jest załącznikiem Z-01 do niniejszego projektu.

Analiza przemieszczeń i deformacji elementów konstrukcyjnych przedmiotowego hangaru wykazała, że w wielu miejscach przekraczają one wartości dopuszczalne dla konstrukcji drewnianych.

Analizy przemieszczeń i deformacji elementów konstrukcyjnych oraz analizy statyczno-wytrzymałościowe przeprowadzone w ekspertyzie [10], wskazują, że konstrukcja hangaru na łódzie może ulec katastrofie budowlanej. Katastrofa może nastąpić w formie różnych mechanizmów zniszczenia, a mianowicie:

1. Mechanizm przechyłowy, poprzeczny
2. Mechanizm przechyłowy, podłużny
3. Mechanizm rozporowy, poprzeczny
4. Mechanizm złożony

Wymienione wyżej trzy pierwsze mechanizmy zniszczenia są typami prostymi, czwarty mechanizm zniszczenia (najbardziej prawdopodobny) jest złożony z mechanizmów prostych, które mogą wystąpić lokalnie, w różnych obszarach budynku.

### **3. Cel projektu**

Głównym celem niniejszego opracowania jest projekt systemu konstrukcyjnego, zabezpieczającego hangar na łódzie przed katastrofą budowlaną i przed dalszą destrukcją spowodowaną głównie przeciekami w istniejącym dachu. Konstrukcja zabezpieczająca ma za zadanie przeniesienie obciążeń mogących powstać podczas uruchamiania się wymienionych w punkcie 2 potencjalnych mechanizmów zniszczenia i nie dopuścić do zawalenia się hangaru. Ponadto, nad hangarem skonstruowany zostanie dach zabezpieczający go przed opadami atmosferycznymi i dalszą destrukcją budynku. W dalszej części opracowania przeprowadzone zostaną analizy zmierzające do ustalenia optymalnego systemu konstrukcyjnego, spełniającego określone tu zadania.

## 4. Zestawienie obciążeń

### 4.1 Dane wyjściowe

Dla przypadku analizowanego systemu konstrukcyjnego, zabezpieczającego budynek hangaru na łódzie, przyjęto obciążenia od ciężaru własnego, naporu wiatru, ciężaru śniegu, oraz dodatkowo obciążenia poziome, które mogą powstać w przypadku uruchamiania poszczególnych mechanizmów zniszczenia hangaru. Ustalono je w oparciu o reguły ustalania przemieszczeń wstępnych dla obliczeń wg teorii II-rzędu.

### 4.2. Ciężar własny konstrukcji zabezpieczającej i dachu hangaru

#### LF.1 (Przypadek obciążenia nr 1)

Program komputerowy zastosowany w wykonanych obliczeniach weryfikacyjnych generuje automatycznie ciężar własny elementów konstrukcyjnych zarówno stalowych jak i drewnianych.

#### LF.2 (Przypadek obciążenia nr 2)

Ciężar pokrycia dachowego w konstrukcji zabezpieczającej oraz ciężar drewnianych elementów hangaru określono i zestawiono poniżej:

papa termozgrzewalna podwójnie	$q_1 =$	0,15	kN/m <sup>2</sup>
plyty OSB 18 mm	$q_2 =$	0,20	kN/m <sup>2</sup>
Pokrycie dachu hangaru wraz z krokiewiami	$q_3 =$	0,50	kN/m <sup>2</sup>
Ciężar ściany hangaru	$q_4 =$	0,40	kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie krokwi konstrukcji zabezpieczającej od ciężaru pokrycia (rozstaw $e=0,9$ m):	$Q_k =$	0,32	kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie płatwi konstrukcji zabezpieczającej od ciężaru dachu hangaru:	$Q_p =$	2,10	kN/m



### 4.3. Obciążenie wiatrem

Obciążenie wiatrem wyznaczono wg PN-EN 1991-1-4:2008 *Oddziaływania na konstrukcje. Obciążenia wiatrem*. Wrocław położony jest w 1 strefie wiatrowej. Poziom posadowienia analizowanego obiektu znajduje się poniżej wysokości +300 m npm. Wartość bazowej, charakterystycznej prędkości wiatru w tym przypadku wynosi:

$$v_{b,0} = 22,0 \text{ m / s}$$

Ze względu na ukształtowanie, **przyjęto II kategorię terenu**.

Do wyznaczenia ciśnienia wiatru na wysokości "z" przyjęto, następujące wartości:

$$v_{b,0} = 22,0 \text{ m / s} \quad \text{bazowa prędkość wiatru na wysokości 10 m}$$

$$c_{r(z)} = 1,0 * (z / 10)^{0,17} \quad \text{współczynnik chropowatości}$$

$$c_{e(z)} = 2,3 * (z / 10)^{0,24} \quad \text{współczynnik ekspozycji}$$

$$z_{\min} = 2 \text{ m}$$

$$z_{\max} = 300 \text{ m}$$

$$q_b = 1/2 * \rho * v_b^2 = 302,5 \text{ N / m}^2$$

$$q_p(z) = q_b * c_{e(z)}$$

z [m]	$c_r(z)$	$c_e(z)$	$q_p(z)$
2	0,761	1,563	472,8
4	0,856	1,846	558,4
6	0,917	2,035	615,5
6,8	0,937	2,097	634,2
10,5	1,008	2,327	703,9

Poziom "0"

Poziom okapu

Poziom kalenicy

### Obciążenie wiatrem w kierunku poprzecznym (Y)

#### LF.3 (Przypadek obciążenia nr 3)

Obciążenie wiatrem od ścian nawietrznej i zawietrznej hangaru, na wysokości okapu, wyznaczono z zależności:

$$W_e = c_s c_d * c_f * q_p(z_e) * h/2 \quad \text{wysokość ściany } h = 4,8 \text{ m}$$

$$c_s c_d = 1,00 \quad \text{współczynnik konstrukcyjny}$$

$$c_{f1} = 0,80 \quad \text{współczynnik aerodynamiczny dla ściany nawietrznej}$$

$$c_{f2} = 0,50 \quad \text{współczynnik aerodynamiczny dla ściany zawietrznej}$$

$$q_p(z_e) = 634,2 \text{ Pa}$$

Jednostkowe obciążenie wiatrem na wysokości okapu  $z = 6,8 \text{ m}$

$$W_{e,1} = 1,218 \text{ kN / m}$$

$$W_{e,2} = 0,761 \text{ kN / m}$$

Obciążenie wiatrem połaci dachowych, nawietrznej i zawietrznej wyznaczono z zależności:

$$W_e = c_s c_d * c_f * q_p(z_e) * e \quad \text{rozstaw krokwi } e = 0,90 \text{ m}$$

$c_s c_d = 1,00$  współczynnik konstrukcyjny  
 $c_{f1} = 0,20$  współczynnik aerodynamiczny dla połaci nawietrznej  
 $c_{f2} = 0,70$  współczynnik aerodynamiczny dla połaci zawietrznej  
 $q_p(z_e) = 703,9 \text{ Pa}$

Jednostkowe obciążenie wiatrem na wysokości kalenicy  $z = 10,5 \text{ m}$

$$W_{e,1} = 0,127 \text{ kN / m}$$

$$W_{e,2} = 0,443 \text{ kN / m}$$

### Obciążenie wiatrem w kierunku podłużnym (X)

#### LF.4 (Przypadek obciążenia nr 4)

Jak LF.3 - lecz zmiana kierunków obciążenia

### 4.4. Obciążenie śniegiem

Obciążenie wiatrem wyznaczono wg PN-EN 1991-1-3:2005 *Oddziaływania na konstrukcje Część 1-3: Oddziaływania ogólne - Obciążenie śniegiem*. Wrocław położony jest w 1 strefie śniegowej. Poziom posadowienia analizowanego obiektu znajduje się poniżej wysokości +300 m npm. Wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem gruntu w tym przypadku wynosi:

#### LF 5 - obciążenie śniegiem: ( Strefa 1, H < 300)

Wariant 1: Obciążenie równomierne obu połaci

$$s_k = 0,70 \text{ kN / m}^2$$

Kąt pochylenia połaci:

$$\alpha = 45,0^\circ$$

Współczynnik kształtu dachu:

$$\mu_1 = 0,40$$

Współczynnik ekspozycji:

$$c_e = 1,0$$

$$s_1 = \mu_1 * s_k = 0,28 \text{ kN / m}^2$$

$$\text{Obciążenie krokwi (rozstaw } e = 0,9 \text{ m): } 0,25 \text{ kN / m}$$

#### LF 6 - obciążenie śniegiem: ( Strefa 1, H < 300)

Wariant 2: Obciążenie nierównomierne obu połaci, po stronie nawietrznej połowa obciążenia

#### 4.5. Obciążenia poziome od deformacji przechyłowych

Obciążenia poziome wynikające z analizy zinventaryzowanych przechyłów konstrukcji hangaru, ustalono z zależności geometrycznej. Maksymalna wartość odchylenia od pionu słupa konstrukcyjnego hangaru wyniosła 11 cm. Maksymalna wartość siły poziomej dla przechyłu 11 cm wynosi 25/1000 sumarycznego ciężaru ścian i dachu hangaru. Przyłożono ją na poziomie płatwi podpierających konstrukcję hangaru. Wartości sił poziomych wyznaczono z zależności:

Ciężar ściany oraz połaci dachowej hangaru po jednej stronie budynku Q w [kN]:

$$Q = q_3 \cdot h + q_4 \cdot l = 0,50 \cdot 4,8 + 0,40 \cdot 4,5 = 4,20$$

#### LF 7 - obciążenie poziome od mechanizmów przechyłowych

Siła pozioma H [kN/m]:

$$H = Q \cdot 0,025 = 0,105 \text{ kN/m}$$

Na każdą krokiew przypadnie:

$$H_k = H \cdot 0,90 = 0,095 \text{ kN/m}$$

## **5. Obliczenia weryfikacyjne**

### **5.1. Założenia do obliczeń i zastosowany program komputerowy**

Podstawą do zdefiniowania modelu systemu konstrukcyjnego zabezpieczającego hangar na łódzie przed katastrofą był pierwotny projekt koncepcyjny i analizy statyczno-wytrzymałościowe. W wyniku kolejnych korekt i optymalizacji ustalono ostateczny system konstrukcyjny zabezpieczenia hangaru. Optymalnym rozwiązaniem okazała się konstrukcja mieszana, stalowo-drewniana. Jej wizerunek przedstawiono w punkcie 5.2.

Do obliczeń statycznych i wymiarowania badanego obiektu zastosowano program autorstwa firmy pcae GmbH z Hannoveru. Program prowadzi analizę systemów prętowych, wg teorii pierwszego i drugiego rzędu. Automatycznie sprawdza stany graniczne nośności i wyniki podaje w postaci współczynnika wykorzystania nośności analizowanego przekroju z uwagi na złożony stan naprężeń. Stateczność prętów sprawdzana jest za pomocą dodatkowego modułu programu dla wskazanych prętów. Wybrane wyniki w postaci graficznej, obrazujące wskaźniki wykorzystania przekroju, przedstawiono w punkcie 6. Kompletnie wydruki z obliczeń komputerowych, z uwagi na ich obszerność, pozostają w archiwum autora opracowania.

Na podstawie wyników obliczeń wykonano rysunki konstrukcyjne, wykonawcze, które są integralną częścią projektu.

## 5.2. Graficzna prezentacja systemu konstrukcyjnego



*Rys. 1. Aksonometria konstrukcji zabezpieczającej hangar przed katastrofą zdefiniowanej do obliczeń*

## 6. Opis techniczny konstrukcji zabezpieczającej

Aksonometrię zabezpieczającego systemu konstrukcyjnego przedstawiono w punkcie 5.2 niniejszego projektu.

System konstrukcyjny zabezpieczający zabytkowy hangar na sprzęt pływający Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu powstał w wyniku analiz i optymalizacji pod kątem niezbędnej nośności do przeniesienia obciążeń pochodzących od mechanizmów zniszczenia, możliwych do powstania w przypadku potencjalnej katastrofy, oraz obciążeń wiatrem i śniegiem.

Analizy statyczno-wytrzymałościowe wykazały, że optymalnym rozwiązaniem będzie system prętowy, mieszany, stalowo-drewniany. Wzięto tu pod uwagę to, że istniejąca konstrukcja drewniana hangaru jest w istotnym stopniu zdeformowana, i z technicznego punktu widzenia niektóre elementy wymagają dopasowania na budowie, co łatwiej wykonać w technologii drewnianej.

System konstrukcyjny składa się ze słupów stalowych z kształtownika HEA120, spiętych ze sobą ryglami w dwóch poziomach. Pierwszy z nich to poziom bezpośrednio pod drewnianymi belkami stropowymi, drugi na poziomie okapu. System słupów i rygli został usztywniony przestrzennie stężeniami typu X. Do konstrukcji stalowej należy zamocować elementy drewniane bezpośrednio podpierające lub zabezpieczające przed przesuwem elementy drewniane hangaru.

Na konstrukcji stalowej zaprojektowano nową więźbę dachową, usytuowaną bezpośrednio nad istniejącym dachem hangaru. Pokrycie więźby dachowej stanowią płyty wodoodporne OSB-3, gr. 18 mm i wymiarach 1250x2500 mm. Rozstaw krokwi dobrano tak by płyty mogły być montowane w całości, bez zbędnych cięć i przy minimalnej ilości odpadów. Na pokrycie przewidziano papę termozgrzewalną zabezpieczoną przed odrywaniem na krawędziach listwami dociskowymi.

Ilościowe zestawienie materiałów konstrukcyjnych przedstawiono w przypadku drewna - na rysunku ZM-01, a w przypadku stali na listach materiałowych.

## 7. Opis montażu

Konstrukcja hangaru zagrożona jest zawaleniem. Z tego powodu montaż możliwy jest w okresie braku śniegu i przy pogodzie praktycznie bezwietrznej tj. gdy prędkość ta nie przekracza 2 m/sek.

Montaż konstrukcji zabezpieczającej należy poprzedzić wytyczeniem osi systemowych wg rysunku ZM-01. Należy również wyznaczyć poziom zerowy.

Stalowe elementy wysyłkowe podzielono tak, by masa jednego elementu wysyłkowego nie przekroczyła 110 kg. Montaż należy przeprowadzić ręcznie ze wspomaganiami np. wózków do przewozu i innych tego typu urządzeń wg uznania firmy montującej. Nie ma możliwości montażu dźwigiem.

Pierwszy etap montażu należy rozpocząć od posadowienia dolnej części słupów. Przed przystąpieniem do ich montażu należy zdemontować i zabezpieczyć deski stropu nad piwnicą, w miejscach kolizji ze słupami. Słupy usytuowane wewnątrz hangaru należy posadowić na istniejącej posadzce lub stropie, pod dwa słupy zewnętrzne należy wykonać fundamenty F-1, o wymiarach 80x80x80 cm z betonu niezbrojonego C-35. Górna rzędna fundamentu F-1 na poziomie posadowienia słupów tj.  $\pm 0,100$ . Posadzka hangaru nie jest na tym samym poziomie a jej rzędne wahają się w granicach od  $\pm 0,000$  do  $+0,080$  m. W tej sytuacji przyjęto jednakowy dla wszystkich słupów poziom posadowienia na rzędnej  $+0,100$  m. Przestrzeń pod stopą słupa, wynikającą z różnicy poziomów, należy wypełnić podlewką cementową. Kotwienie słupów należy wykonać za pomocą kotew wklejanych HILTI HIT M16x300 z prętem gwintowanym w klasie 8.8. Słupy S-1 do S-3 należy dodatkowo zakotwić do ścian, a słupy S-5 i S-6 należy dodatkowo zakotwić do stropu.

Słupy należy spiąć ze sobą za pomocą rygli usytuowanych bezpośrednio pod belkami stropowymi hangaru. Po zamontowaniu rygli należy podeprzeć belki stropu na ryglach, za pomocą klinów drewnianych. Montaż rygli R-6 wymaga wykucia otworu w murze, powyżej nadproża, na którym opierają się belki stropowe hangaru.

W drugim etapie montażu należy zamontować górne części słupów, spiąć je ryglami i stężyć stężeniami.

Przed montażem słupów S-7 i S-8, należy w miejscu słupów zamontować w piwnicy rozpory szalunkowe, wysokonośne o nośności min. 50 kN. Pod głowicą podpory należy zastosować element drewniany dopasowany do krzywizny istniejącego stropu.

W trzecim etapie montażu należy zamontować na konstrukcji stalowej elementy drewniane do podparcia konstrukcji dachowej hangaru i zamocowania słupków drewnianych ścian hangaru. W miejscu przebiegu płatwi D-12 należy zdemontować deski podbitki i je zabezpieczyć. Położenie płatwi D-12 do podparcia konstrukcji dachu hangaru należy dopasować na budowie. W tym celu należy odpowiednio dopasować elementy podporowe D-8 i D-9. Elementy konstrukcyjne więźby dachowej hangaru należy połączyć z płatwią D-12 za pomocą połączeń ciesielskich BMF. Szczegóły tych połączeń należy uzgodnić z projektantem w ramach nadzoru autorskiego. Tą samą procedurę przewidziano dla zamocowania słupków ścian hangaru do belek D-15.

W czwartym etapie montażu należy zamontować na konstrukcji stalowej nową więźbę dachową. Płatwie okapowe D-6 oraz belkę kalenicową D-5 można łączyć na długości za pomocą styków zakładkowych o długości min 60 cm, zapewniających ciągłą pracę belki. Połączenia elementów drewnianych nowej więźby dachowej należy wykonać na śruby (podkładki do drewna), wkręty ciesielskie TORX lub połączenia ciesielskie BMF. Szczegóły połączeń pokazano na rys. K-04.

W piątym etapie montażu należy wykonać pokrycie więźby dachowej. Płyty wodoodporne OSB-3, gr. 18 mm i wymiarach 1250x2500 mm należy zamontować do krokwi za pomocą wkrętów do drewna 4x50 w rozstawie max 30 cm, w strefach krawędziowych dachu (okap, kalenica, krawędź zewnętrzna) rozstaw wkrętów należy zagęścić do 10 cm. Rozkład płyt pokazano na rys. ZM-01. Na pokrycie przewidziano papę termozgrzewalną zabezpieczoną przed odrywaniem na krawędziach listwami dociskowymi.