

II. CZĘŚĆ OBLICZENIOWA

1. Normy.

- PN-EN 1990:2004 Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji
- PN-EN 1991-1-1:2004 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje
Część 1-1 Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach
- PN-EN 1991-1-2:2006 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje
Część 1-2 Oddziaływania ogólne. Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru
- PN-EN 1991-1-3:2005 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje
Część 1-3 Oddziaływania ogólne. Obciążenia śniegiem
- PN-EN 1991-1-4:2008 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje
Część 1-4 Oddziaływania ogólne. Obciążenia wiatrem
- PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu
Część 1-1 Reguły ogólne i reguły dla budynków
- PN-EN 1992-1-2:2008 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu
Część 1-2 Reguły ogólne. Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe
- PN-EN 1993-1-1:2006 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych
Część 1-1 Reguły ogólne i reguły dla budynków
- PN-EN 1993-1-2:2007 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych
Część 1-2 Reguły ogólne. Obliczanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe.
- PN-EN 1993-1-8:2006 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych
Część 1-8 Projektowanie węzłów
- PN-EN 1996-1-1:2010+Ap1:2013-05 Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych
Część 1-1 Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych.
- PN-EN 1996-1-2:2010 Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych
Część 1-2 Reguły ogólne. Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe.
- PN-EN 1996-2:2010+Ap1:2010 Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych
Część 2 Wymagania projektowe, dobór materiałów i wykonanie murów
- PN-EN 1996-3:2010+Ap1:2016-05 Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych
Część 3 Uproszczone metody obliczania murowych konstrukcji niezbrojonych
- PN-EN 1997-1:2008 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne
Część 1 Zasady ogólne
- PN-EN 1997-2:2009 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne
Część 2 Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego

2. Przyjęte założenia obliczeniowe.

2.1. Dane materiałowe

- klasa betonu:
 - fundamenty: C25/30 W8
 - pozostałe: C20/25
- gatunek stali zbrojeniowej:
 - B500SP –zbrojenie główne, strzemiona i zbrojenie rozdzielcze

2.2. Otulina zbrojenia

- fundamenty spód: $c_{nom}=50\text{mm}$
- fundamenty bok i góra, ściany fund. bok: $c_{nom}=35\text{mm}$
- słupy i belki kondygnacji nadziemnej: $c_{nom}=30\text{mm}$
- stropy, schody, szyby: $c_{nom}=25\text{mm}$

2.3. Dopuszczalne przemieszczenia

- Podciągi żelbetowe, żebra stropu, stropy żelbetowe
 - ugięcia całkowite: **$L/250$**
 - ugięcia czynne: **$L/500$**

2.4. Klasa ekspozycji i konstrukcji

- fundamenty i ściany fund.: XC2 – środowisko mokre, sporadycznie suche
- część nadziemna: XC1 – środowisko suche
- klasa konstrukcji: S4 – 50 lat

2.5. Obciążenia

2.5.2 Obciążenia stałe na strop nad parterem

L.p.	Opis oddziaływania	Rodzaj oddziaływania	Wartość char. kN/m ²	ψ	γ _F	Wartość obl. kN/m ²
1.	Posadzka [0,50kN/m ²]	stałe	0,50	--	1,35	0,68
2.	Wylewka cementowa gr. ok. 7 cm [1,70kN/m ²]	stałe	1,70	--	1,35	2,30
3.	Folia polietylenowa [0,020kN/m ²]	stałe	0,02	--	1,35	0,03
4.	Styropian gr. 6cm [0,03kN/m ²]	stałe	0,03	--	1,35	0,04
5.	Beton zwykły, przy zwykłym procencie zbrojenia i stali sprężającej grub. 18 cm [25,00kN/m ³ ·0,18m]	stałe	4,50	--	1,35	6,08
6.	Sufit podwieszony [0,30kN/m ²]	stałe	0,30	--	1,00	0,30
Σ:			7,05			9,41

2.5.2 Obciążenia stałe na strop nad I piętrzem

L.p.	Opis oddziaływania	Rodzaj oddziaływania	Wartość char. kN/m ²	ψ	γ _F	Wartość obl. kN/m ²
1.	Hydroizolacja w dwóch warstwach [0,15kN/m ²]	stałe	0,15	--	1,35	0,20
2.	Wełna mineralna śr. grubości 50cm [1,00kN/m ²]	stałe	1,35	--	1,35	1,82
3.	Folia polietylenowa [0,020kN/m ²]	stałe	0,02	--	1,35	0,03
4.	Beton zwykły, przy zwykłym procencie zbrojenia i stali sprężającej grub. 18 cm [25,00kN/m ³ ·0,18m]	stałe	4,50	--	1,35	6,08
5.	Zaprawa wapienno-cementowa grub. 1,5 cm [19,000kN/m ³ ·0,015m]	stałe	0,29	--	1,35	0,39
Σ:			6,31			8,52

2.5.3 Obciążenia zmienne na strop nad parterem

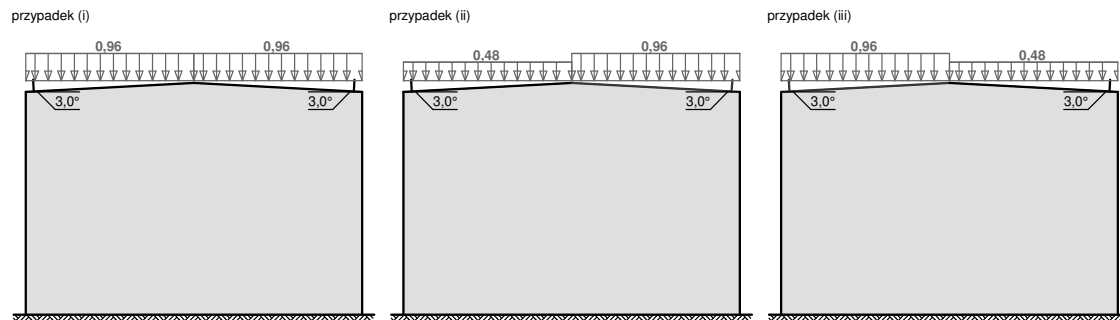
L.p.	Opis oddziaływania	Rodzaj oddziaływania	Wartość char. kN/m ²	ψ	γ _F	Wartość obl. kN/m ²
1.	Równomiernie rozłożone obciążenie użytkowe wg PN-EN 1991-1-1/6.3.1 - powierzchnia kategorii B [3,00kN/m ²]	zmienne	3,00	1,00	1,50	4,50
2.	Obciążenie od ciężaru własnego ścian działowych w przypadku przestawnych ścian działowych o ciężarze własnym >1,0 i ≤2,0 kN/m długości ściany wg PN-EN 1991-1-1/6.3.1.2(8) [0,80kN/m ²]	zmienne	0,80	1,00	1,50	1,20
3.	Obciążenie zastępcze od instalacji podwieszonych do stropu [0,20kN/m ²]	zmienne	0,20	1,00	1,50	0,30
Σ:			4,00			6,00

2.5.4 Obciążenia zmienne na strop nad I piętrzem

L.p.	Opis oddziaływania	Rodzaj oddziaływania	Wartość char. kN/m ²	ψ	γ _F	Wartość obl. kN/m ²
1.	Równomiernie rozłożone obciążenie użytkowe powierzchni dachu wg PN-EN 1991-1-1/6.3.4 - powierzchnia kategorii H [0,40kN/m ²]	zmienne	0,40	1,00	1,50	0,60
2.	Obciążenie zastępcze od instalacji podwieszonych do stropu [0,20kN/m ²]	zmienne	0,20	1,00	1,50	0,30
Σ:			0,60			0,90

2.5.5. Obciążenie śniegiem dachu

Obciążenie śniegiem wg PN-EN 1991-1-3 / Dachy dwupołaciowe (5.3.3)



Bardziej obciążona połać dachu - przypadek (ii/iii) - nierównomierny układ obciążenia:

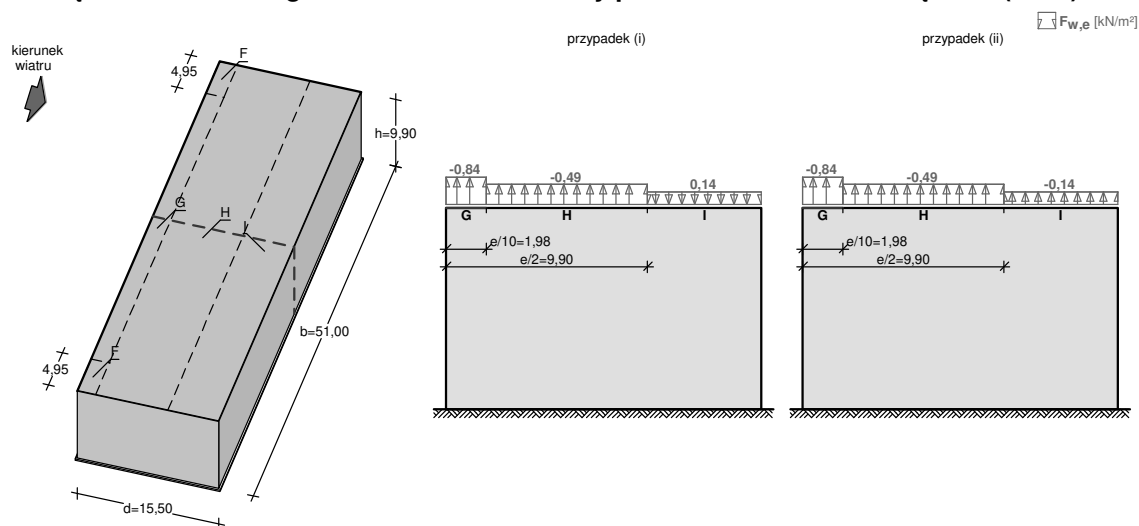
- Dach dwupołaciowy
- Warunki lokalizacyjne: normalne, przypadek A (brak wyjątkowo obfitych opadów śniegu i brak wyjątkowych zamieci)
- Sytuacja obliczeniowa: trwała lub przejściowa
- Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu (wg załącznika krajowego):
Strefa obciążenia śniegiem 3; $A = 280 \text{ m n.p.m.}$
 $s_k = 0,006 \cdot A - 0,6 = 1,080 \text{ kN/m}^2 < 1,2 \text{ kN/m}^2 \rightarrow s_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$
- Współczynnik ekspozycji:
Teren: normalny
 $C_e = 1,0$
- Współczynnik termiczny: $C_t = 1,0$
- Współczynnik kształtu dachu:
Kąt nachylenia połaci dachowej: $\alpha = 3,0^\circ$
Zabezpieczenie przed zsunieniem się śniegu z dachu
 $\mu_2 = 0,8$

Obciążenie charakterystyczne śniegiem:

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 0,96 \text{ kN/m}^2$$

2.5.6. Obciążenie wiatrem dachu

Obciążenie wiatrem wg PN-EN 1991-1-4 / Dachy płaskie - ciśnienie zewnętrzne (7.2.3)



Połać w przekroju $x/b = 0,53$ - pole G:

- Dach płaski o wymiarach: $b = 51,00 \text{ m}$, $d = 15,50 \text{ m}$
- Budynek o wysokości $h = 9,90 \text{ m}$
- Dach o krawędziach ostrych
- Wymiar $e = \min(b, 2 \cdot h) = 19,8 \text{ m}$

- Obliczany element: element konstrukcyjny
- Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru:
Strefa obciążenia wiatrem 3; A = 280 m n.p.m.
 $v_{b,0} = 22 \text{ m/s}$ (wg załącznika krajowego)
- Współczynnik kierunkowy: $c_{dir} = 1,0$
- Współczynnik sezonowy: $c_{season} = 1,00$
- Bazowa prędkość wiatru: $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 22,00 \text{ m/s}$
- Kategoria terenu II $\rightarrow z_0 = 0,05 \text{ m}$, $z_{min} = 2 \text{ m}$
- Wysokość odniesienia: $z_e = h = 9,90 \text{ m}$
- Współczynnik orografii: $c_o(z_e) = 1$
- Szczytowe ciśnienie prędkości obliczono za pomocą współczynnika chropowatości
- Współczynnik turbulencji: $k_l = 1,0$
- Współczynnik chropowatości: $c_r(z_e) = 1,0 \cdot (z_e/10)^{0,17} = 1,0 \cdot (9,9/10)^{0,17} = 1,00$ (wg załącznika krajowego)
- Średnia prędkość wiatru: $v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_o(z_e) \cdot v_b = 21,96 \text{ m/s}$
- Intensywność turbulencji: $I_v(z_e) = k_l / (c_o(z_e) \cdot \ln(z_e/z_0)) = 0,189$
- Gęstość powietrza: $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
- Szczytowe ciśnienie prędkości: $q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I_v(z_e)] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) = 700,5 \text{ Pa} = 0,701 \text{ kPa}$
- Współczynnik konstrukcyjny (przyjęto wg p.6.2.a): $c_{scd} = 1$
- Współczynnik ciśnienia zewnętrznego: $c_{pe} = c_{pe,10} = -1,2$
- Siła oddziaływania wiatru na powierzchnię zewnętrzną:
 $F_{w,e} = c_{scd} \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} = 1 \cdot 0,701 \cdot (-1,2) = -0,84 \text{ kN/m}^2$

3. Programy obliczeniowe.

- Pakiet programów **RM-Win** firmy Cadsis
- Arkusze obliczeniowe i własne opracowania

4. Pozycje obliczeniowe.

4.1. Fundamenty

4.1.1 Ława ł2 pod ściany zewnętrzne

Zestawienia obciążeń na podłoże od ławy fundamentowej

Ława pod najbardziej obciążoną ścianą

L.p.	Element	Obciążenie oblicz. [kN/m]
1.	Ze stropu nad I piętrem	18,0
2.	Ze stropu nad parterem	32,0
3.	Wieńce żelbetowe	7,0
4.	Ściana parteru i I piętra wys.:8,00m	27,0
5.	Ściana fundamentowa	15,0
6.	Ława fundamentowa	13,5
7.	Grunt na odsadzkach	16,0
RAZEM		q_d = 128,5

Na podstawie opinii geotechnicznej, do obliczeń przyjęto jednostkowy odpór graniczny gruntu dla ławy ciągłej $q > 150 \text{ kPa}$

Sprawdzenie nośności pod ławą

- Przyjęta szerokość ławy B=100cm i wysokości H=40cm
- Naprężenia pod ławą: $\sigma = 128,5 \text{ kN/m}^2 < q = 150 \text{ kN/m}^2$ OK
Nośność ławy nie jest przekroczona

4.1.3 Ława Ł4 pod ścianę wewnętrzną

Zestawienia obciążeń na podłoże od ławy fundamentowej

Ława pod najbardziej obciążoną ścianą

L.p.	Element	Obciążenie oblicz. [kN/m]
1.	Ze stropu nad I piętrem	53,0
2.	Ze stropu nad parterem	91,0
3.	Wieńce żelbetowe	5,0
4.	Ściana parteru i I piętra wys.:7,40m	25,0
5.	Ściana fundamentowa	15,0
6.	Ława fundamentowa	22,0
7.	Grunt na odsadzkach	25,0
RAZEM		q_d= 236,0

Na podstawie opinii geotechnicznej, do obliczeń przyjęto jednostkowy odpór graniczny gruntu dla ławy ciągłej $q > 150$ kPa

Sprawdzenie nośności pod ławą

- Przyjęta szerokość ławy $B=160$ cm i wysokości $H=40$ cm
- Naprężenia pod ławą: $\sigma = 147,5$ kN/m² < $q = 150$ kN/m² OK

Nośność ławy nie jest przekroczona

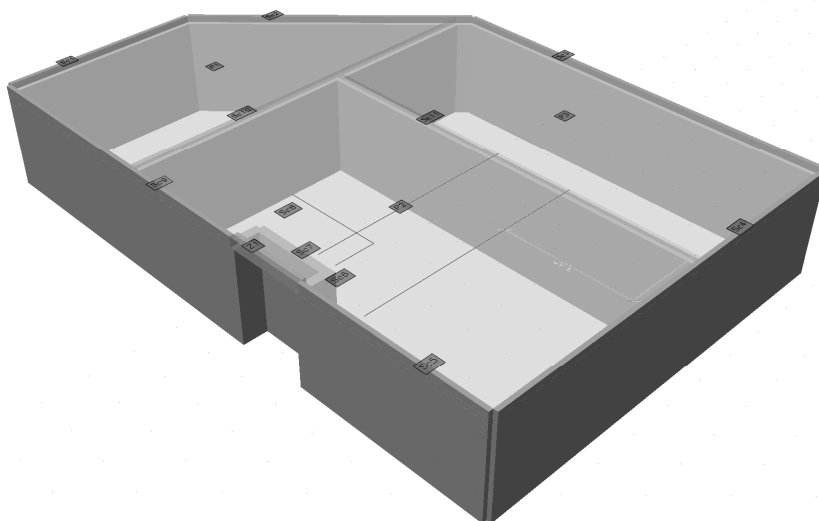
Pozostałe elementy fundamentów przyjęto konstrukcyjnie

4.2. Żelbetowe elementy konstrukcyjne parteru

Strop żelbetowy nad parterem

- Przyjęto płytę żelbetową grubości 18cm
- Schemat statyczny: założono dwukierunkową pracę statyczną stropu. Strop obliczoną Metodą Elementów Skończonych, zakładając rzeczywiste schematy i podparcie. Do obliczeń wykorzystano program PL-Win firmy Cadsis.

Zróżniono do schowka F11



- Statyka i wymiarowanie wg MES

- Zbrojenie: dołem prętami #10 i #12 w rozstawie co 10cm do co 25cm, górą nad podporami #12 co 10cm. Szczegóły zbrojenia w projekcie wykonawczym

Belka żelbetowa Bż-1.12 i Bż-1.13

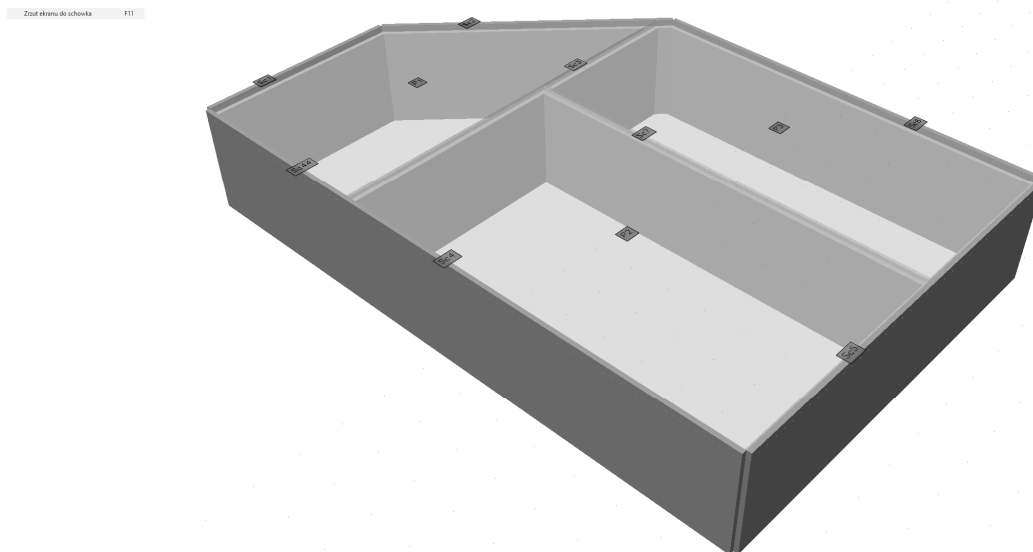
- Wymiary przekroju: $b = 24\text{cm}$, $h = 30\text{cm}$
- Schemat statyczny: wg modelu MES
- Statyka:
 - $M_{\text{obl max przęsło}}: 13,5 \text{ kNm}$
 - $Q_{\text{obl max}}: 30,5 \text{ kN}$
- Przyjęte zbrojenie:
 - Zbrojenie dolne: 4 # 12mm
 - Zbrojenie górne: 2 # 12mm
 - Strzemiona dwucięte: # 6 co 15cm

Pozostałe elementy parteru przyjęto konstrukcyjnie

4.3. Żelbetowe elementy konstrukcyjne I piętra

Strop żelbetowy nad I piętrzem

- Przyjęto płytę żelbetową grubości 18cm
- Schemat statyczny: założono dwukierunkową pracę statyczną stropu. Strop obliczoną Metodą Elementów Skończonych, zakładając rzeczywiste schematy i podparcie. Do obliczeń wykorzystano program PL-Win firmy Cadsis.



- Statyka i wymiarowanie wg MES
- Zbrojenie: dołem prętami #10 i #12 w rozstawie co 15cm, górą nad podporami #12 co 15cm. Szczegóły zbrojenia w projekcie wykonawczym

Belka żelbetowa Bż-2.1'

- Wymiary przekroju: $b = 24\text{cm}$, $h = 30\text{cm}$
- Schemat statyczny: wg modelu MES
- Statyka:
 - $M_{\text{obl max przęsło}}: 11,0 \text{ kNm}$
 - $Q_{\text{obl max}}: 15,7 \text{ kN}$
- Przyjęte zbrojenie:
 - Zbrojenie dolne: 4 # 12mm
 - Zbrojenie górne: 2 # 12mm
 - Strzemiona dwucięte: # 6 co 15cm

Pozostałe elementy żelbetowe I piętra przyjęto konstrukcyjnie