

OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE KONSTRUKCJI DLA OBIEKTÓW NR 16, 18 i KP-1 W RAMACH ROZBUDOWY OCZYSZCZALNI W RACZYCACH NA DZIAŁKACH NR 1385/2, 1386/2 I 1392/2

A) OBIEKT NR 16 – Blok biologicznego oczyszczania ścieków

1 Model obliczeniowy konstrukcji

Model obliczeniowy konstrukcji zbiornika retencyjnego z przepompownią został stworzony w programie Autodesk Robot Structural Analysis Professional. Do obliczeń przyjęto posadowienie obiektu na podsypce z pospółki zagęszczonej do $I_s=0.96$. Warstwę podsypki wykonano na gruncie rodzimym warstwy IA – piaski drobne zgodnie z otworem nr 1-2 (warunki najbardziej niekorzystne). Przyjęto obsypkę gruntem rodzimym układanym warstwami w postaci warstwy IA – piasek drobnych.

Dodatkowo bezpośrednio pod płytą należy wykonać warstwę ślizgową z dwóch warstw folii budowlanej grubej zapobiegającej powstawaniu dużych, niekorzystnych naprężeń wywołanych skurczem oraz innymi zjawiskami reologicznymi betonu.

Wykonanie zbiornika należy etapować, nie dopuścić do możliwości skrępowania elementów co mogłoby doprowadzić do zarysowania i przekroczenia dopuszczalnych szerokości rozwarcia rys.

Wszystkie przerwy robocze, styki elementów np. ściana-płyta, uszczelniać za pomocą odpowiednich taśm, blach bentonitowych oraz innych systemowych rozwiązań uszczelniających, zgodnie z wytycznymi producenta.

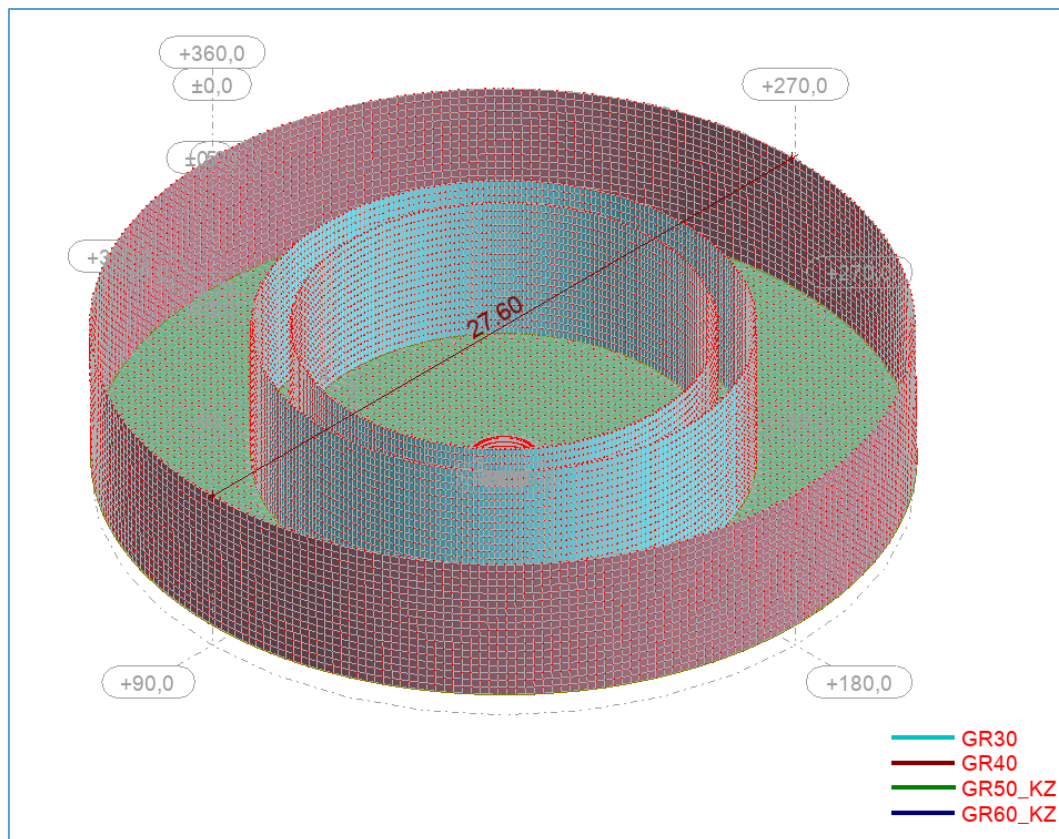
Ściany zbiornika należy ocieplić min. 5cm warstwą styrodury XPS w celu zabezpieczenia przed niekorzystnymi wpływami temperatury

Obliczenia wykonano na podstawie modelu globalnego oraz elementów wydzielonych w celu uproszczenia i przejrzystości całości obliczeń.

Założenia obliczeniowe:

- stal zbrojeniowa: A-IIIN (B500SP)
- beton: C35/45 W10 F150
- klasa ekspozycji: XA3 – środowisko agresywne chemicznie
- Otulina zbrojenia: 5cm

Widok modelu obliczeniowego:



2 Zestawienie obciążeń

- Obciążenie parciem ścieków:
 - W punkcie najwyższym

$$g_{w,0} = \frac{10,80kN}{m^3} * 0m = 0kN/m^2$$

- na dnie komory

$$g_{w,4.70} = \frac{10,80kN}{m^3} * 5,10m = 55,08kN/m^2$$

- Obciążenie naziomu:

Ze względu na minimalny poziom zasypania zbiornika nie przyjmowano dodatkowego obciążenia ścian parciem naziomu.

- Obciążenie parciem gruntu:

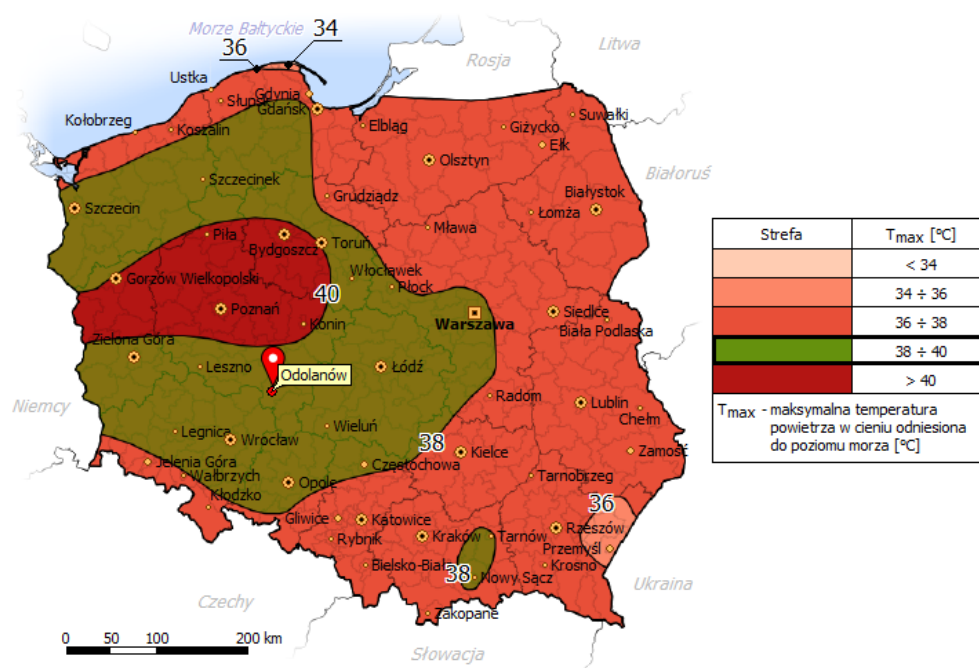
Ze względu na minimalny poziom obsypania zbiornika, nie przyjmowano dodatkowego obciążenia od parcia gruntu na ściany (obciążenie pomijalnie małe)

- obciążenie termiczne:

dan podstawowe:

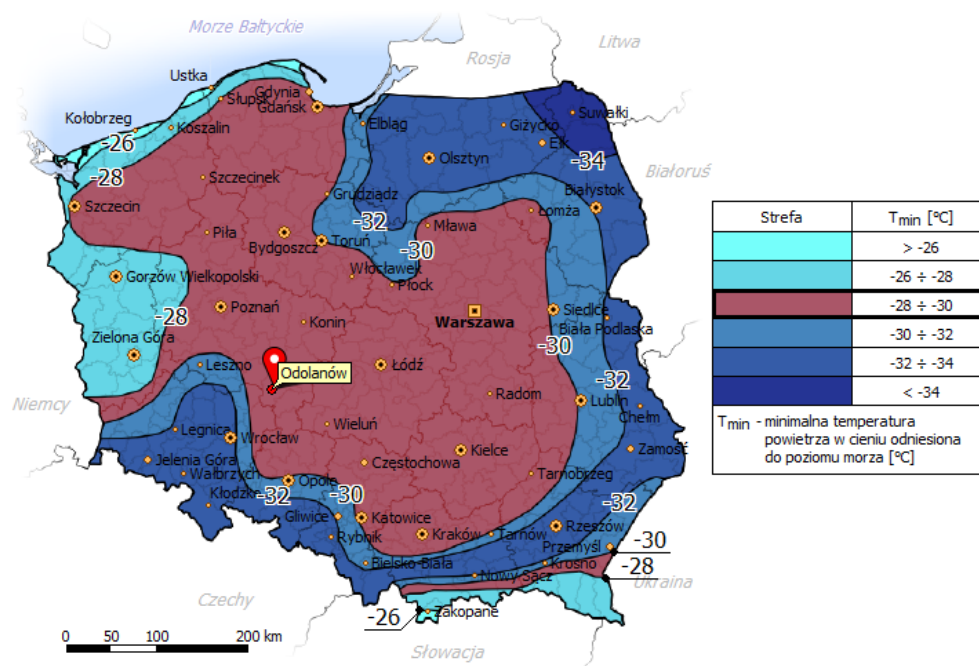
- Temperatura montażowa zbiornika : $T_0 = 8^{\circ}C$
- Temperatura cieczy (ścieków): $T_c = 20^{\circ}C$
- Temperatura powietrza atmosf. w lecie: $T_L = 40^{\circ}C$
- Temperatura powietrza atmosf. w zimie: $T_Z = -28^{\circ}C$

Polska - Mapa temperatur maksymalnych wg PN-EN 1991-1-5



Wartości maksymalnych temperatur powietrza w dniu odniesione do poziomu morza muszą być skorygowane ze względu na wysokość położenia obiektu nad poziomem morza zgodnie z wzorem: $T_{max}(H) = -0,0053 \cdot (^\circ\text{C}/\text{m}) \cdot H + T_{max}$

Polska - Mapa temperatur minimalnych wg PN-EN 1991-1-5



Wartości minimalnych temperatur powietrza w dniu odniesione do poziomu morza muszą być skorygowane ze względu na wysokość położenia obiektu nad poziomem morza zgodnie z wzorem: $T_{min}(H) = -0,0035 \cdot (^\circ\text{C}/\text{m}) \cdot H + T_{min}$

○ Kombinacja K1 – lato, zbiornik pusty

- Temperatura na zewnątrz zbiornika:

$$T_{zew} = 40^{\circ}C$$

- Temperatura w zbiorniku:

$$T_{wew} = 40^{\circ}C$$

- Różnica temperatur:

$$\Delta T = 40 - 40 = 0^{\circ}C$$

- Temperatura do równomiernego ogrzania:

$$T_{r,ogr} = \frac{T_{zew} + T_{wew}}{2} - T_0 = \frac{40 + 40}{2} - 8 = 32^{\circ}C$$

○ Kombinacja K2 – zima, zbiornik pusty

- Temperatura na zewnątrz zbiornika:

$$T_{zew} = -28^{\circ}C$$

- Temperatura w zbiorniku:

$$T_{wew} = -28^{\circ}C$$

- Różnica temperatur:

$$\Delta T = -28 - (-28) = 0^{\circ}C$$

- Temperatura do równomiernego ochłodzenia:

$$T_{r,ochl} = \frac{T_{zew} + T_{wew}}{2} - T_0 = \frac{-28 + (-28)}{2} - 8 = -36^{\circ}C$$

○ Kombinacja K3 – lato, zbiornik pełny

- Temperatura na zewnątrz zbiornika:

$$T_{zew} = 40^{\circ}C$$

- Temperatura w zbiorniku (temperatura cieczy):

$$T_{wew} = 20^{\circ}C$$

- Różnica temperatur:

$$\Delta T = T_{zew} - T_{wew} = 40 - 20 = 20^{\circ}C$$

- Temperatura do równomiernego ogrzania:

$$T_{r,ogr} = \frac{T_{zew} + T_{wew}}{2} - T_0 = \frac{40 + 20}{2} - 8 = 22^{\circ}C$$

- Kombinacja K4 – zima, zbiornik pełny

- Temperatura na zewnątrz zbiornika:

$$T_{zew} = -28^{\circ}C$$

- Temperatura w zbiorniku (temperatura cieczy):

$$T_{wew} = 20^{\circ}C$$

- Różnica temperatur:

$$\Delta T = T_{zew} - T_{wew} = -28 - 20 = -48^{\circ}C$$

- Temperatura do równomiernego ochłodzenia:

$$T_{r,ochł} = \frac{T_{zew} + T_{wew}}{2} - T_0 = \frac{-28 + 20}{2} - 8 = -12^{\circ}C$$

Ze względu na ocieplenie ścian zbiornika zredukowano obciążenia temperaturą o połowę. W obliczeniach przyjęto następujące wartości:

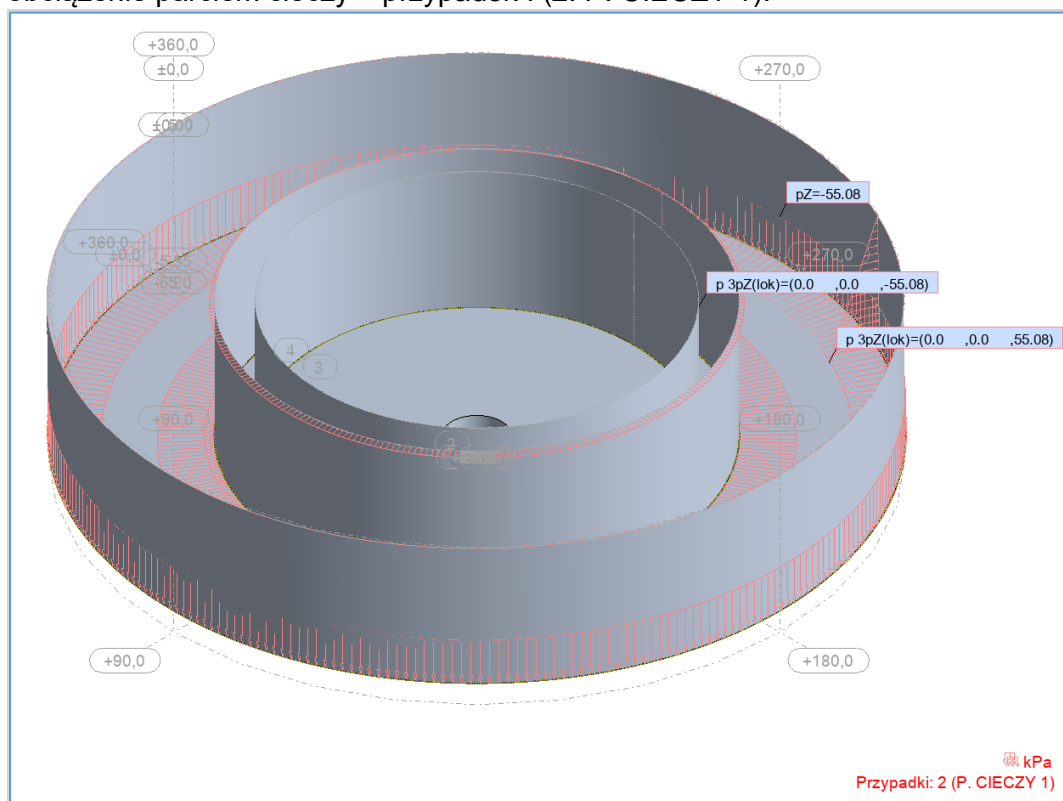
Kombinacja K1	$T_{r,ogr} = 16^{\circ}C$
Kombinacja K2	$T_{r,ochł} = -18^{\circ}C$
Kombinacja K3	$T_{r,ogr} = 11^{\circ}C$
Kombinacja K4	$T_{r,ochł} = -6^{\circ}C$

3 Obciążenia w modelu

- obciążenie ciężarem własnym (1. STA1)

Obciążenie ciężarem własnym zostało automatycznie uwzględnione w modelu obliczeniowym.

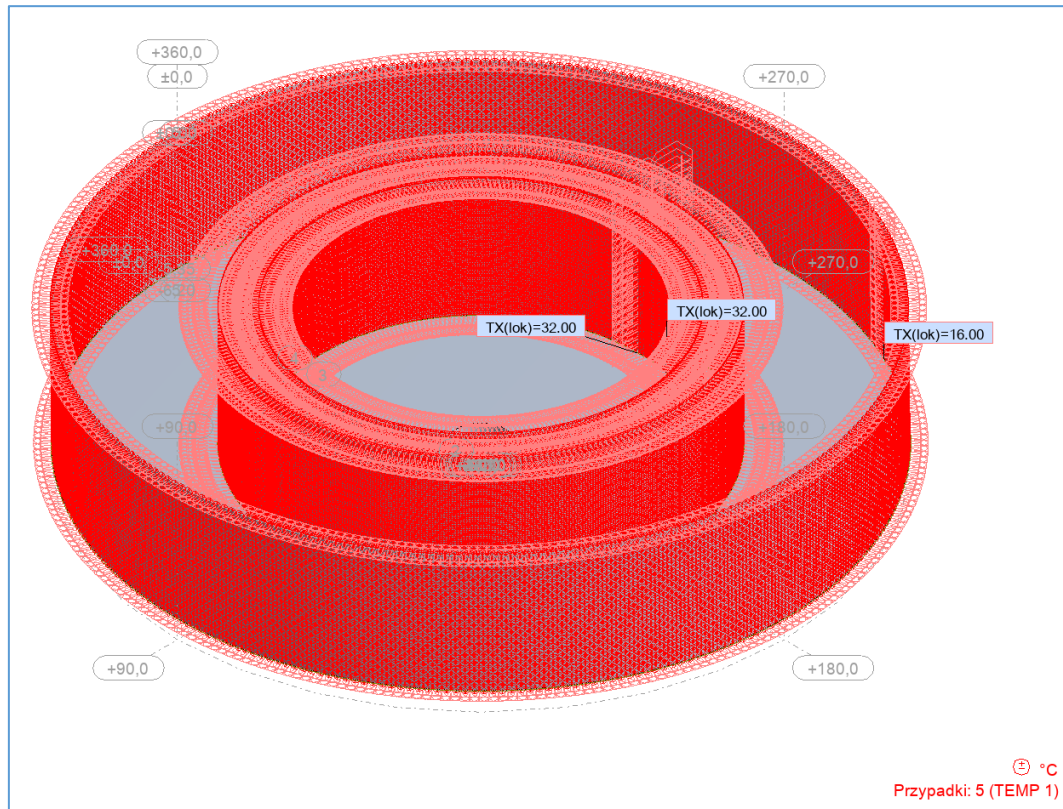
- obciążenie parciem cieczy – przypadek I (2. P. CIECZY 1):



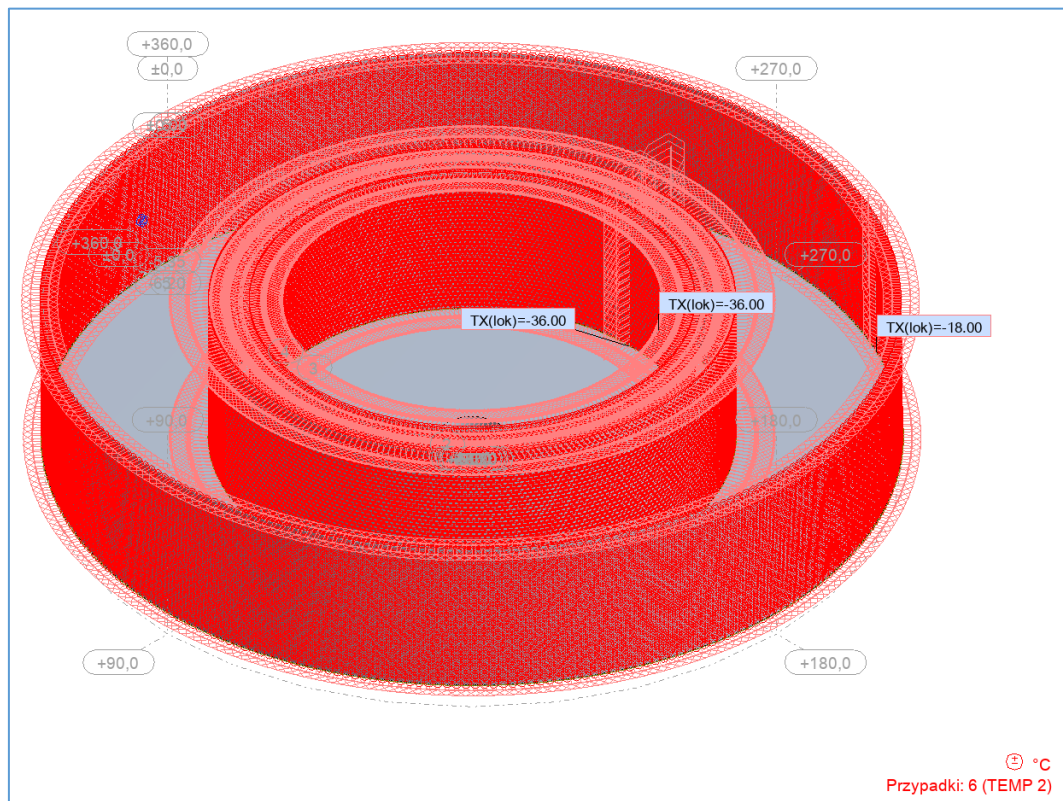
-

-

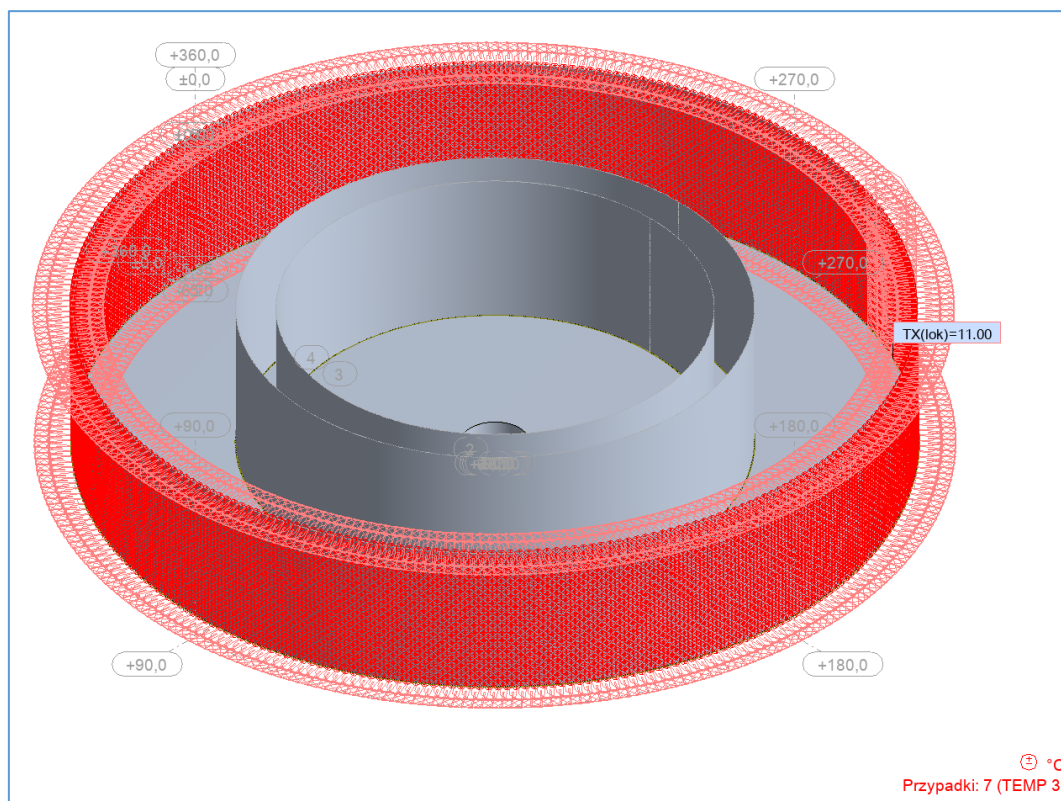
- obciążenie termiczne – temp. latem zbiornik pusty, nieobsypany (5. TEMP LATO Z. PUSTY)



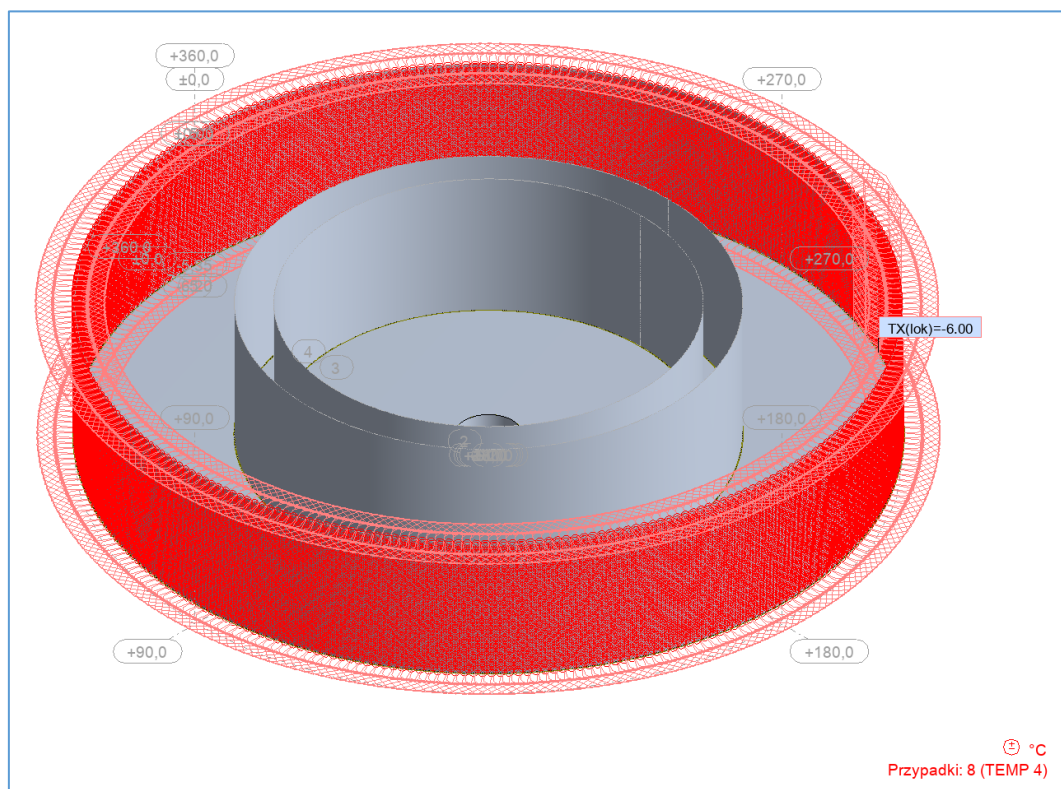
- obciążenie termiczne – temp. zimą zbiornik pusty, nieobsypany (6. TEMP ZIMA Z. PUSTY)



- obciążenie termiczne – temp. latem zbiornik pełny, obsypany (7. TEMP LATO Z. PEŁNY)



- obciążenie termiczne – temp. zimą zbiornik pełny, obsypany (8. TEMP ZIMA Z. PEŁNY)

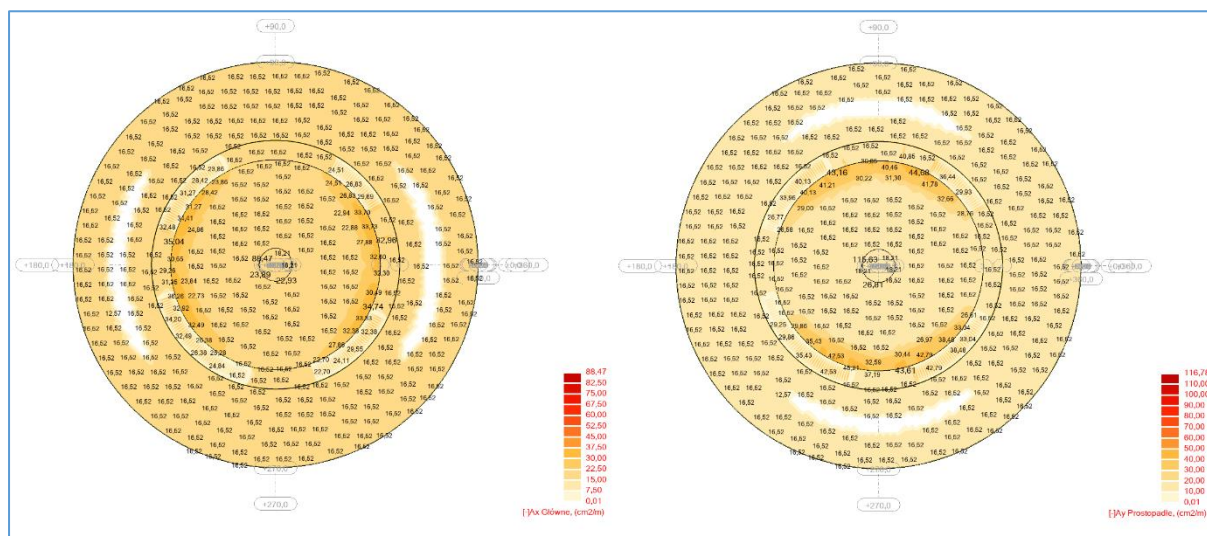


4 Kombinacje obciążeń

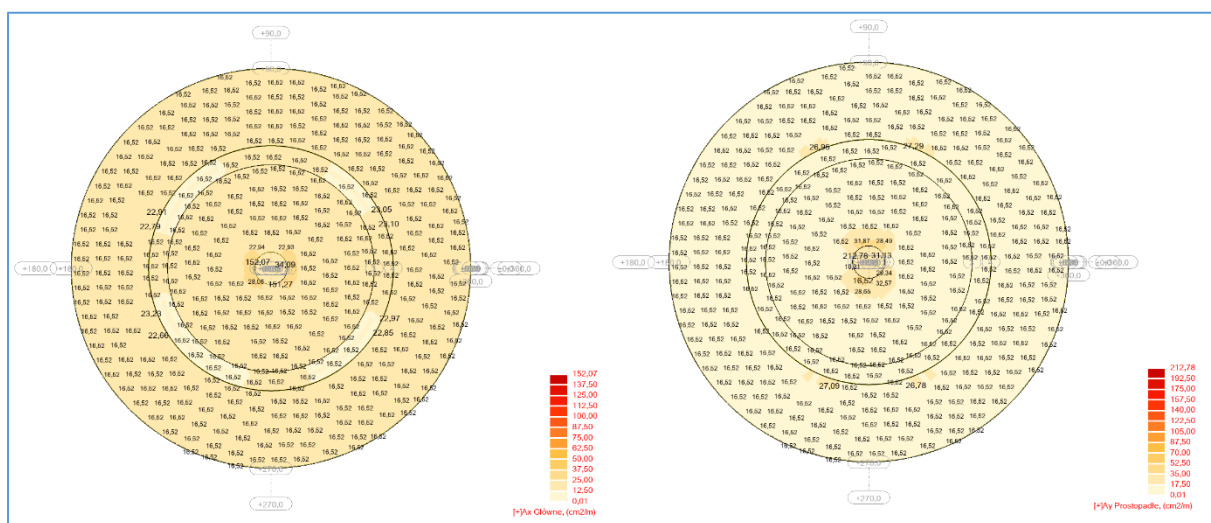
Kombinacja	Nazwa	Typ analizy	Typ kombi	Natura przypadku	Definicja
9 (K)	KOMB1	Kombinacja liniowa	SGN	Konstrukcyjn	$1*1.35+2*1.50$
10 (K)	KOMB2	Kombinacja liniowa	SGN	Konstrukcyjn	$1*1.35+3*1.50$
11 (K)	KOMB3	Kombinacja liniowa	SGN	Konstrukcyjn	$1*1.35+4*1.50$
12 (K)	KOMB4	Kombinacja liniowa	SGN	Konstrukcyjn	$1*1.35+(2+3)*1.50$
13 (K)	KOMB5	Kombinacja liniowa	SGN	Konstrukcyjn	$1*1.35+(2+4)*1.50$
14 (K)	KOMB6	Kombinacja liniowa	SGN	Konstrukcyjn	$1*1.35+(3+4)*1.50$
15 (K)	KOMB7	Kombinacja liniowa	SGN	Konstrukcyjn	$1*1.35+(2+3+4)*1.50$
16 (K)	KOMB8	Kombinacja liniowa	SGN	Konstrukcyjn	$1*1.35+5*1.50$
17 (K)	KOMB9	Kombinacja liniowa	SGN	Konstrukcyjn	$1*1.35+6*1.50$
18 (K)	KOMB10	Kombinacja liniowa	SGN	Konstrukcyjn	$1*1.35+(2+3+4+7)*1.50$
19 (K)	KOMB11	Kombinacja liniowa	SGN	Konstrukcyjn	$1*1.35+(2+3+4+8)*1.50$
20 (K)	KOMB12	Kombinacja liniowa	SGU:Q	Konstrukcyjn	$(1+2)*1.00$
21 (K)	KOMB13	Kombinacja liniowa	SGU:Q	Konstrukcyjn	$(1+3)*1.00$
22 (K)	KOMB14	Kombinacja liniowa	SGU:Q	Konstrukcyjn	$(1+4)*1.00$
23 (K)	KOMB15	Kombinacja liniowa	SGU:Q	Konstrukcyjn	$(1+2+3)*1.00$
24 (K)	KOMB16	Kombinacja liniowa	SGU:Q	Konstrukcyjn	$(1+2+4)*1.00$
25 (K)	KOMB17	Kombinacja liniowa	SGU:Q	Konstrukcyjn	$(1+3+4)*1.00$
26 (K)	KOMB18	Kombinacja liniowa	SGU:Q	Konstrukcyjn	$(1+2+3+4)*1.00$
27 (K)	KOMB19	Kombinacja liniowa	SGU:Q	Konstrukcyjn	$(1+5)*1.00$
28 (K)	KOMB20	Kombinacja liniowa	SGU:Q	Konstrukcyjn	$(1+6)*1.00$
29 (K)	KOMB21	Kombinacja liniowa	SGU:Q	Konstrukcyjn	$(1+2+3+4+7)*1.00$

5 Zbrojenie płyty fundamentowej

- zbrojenie dolne płyty fundamentowej w kierunku x-x oraz y-y:

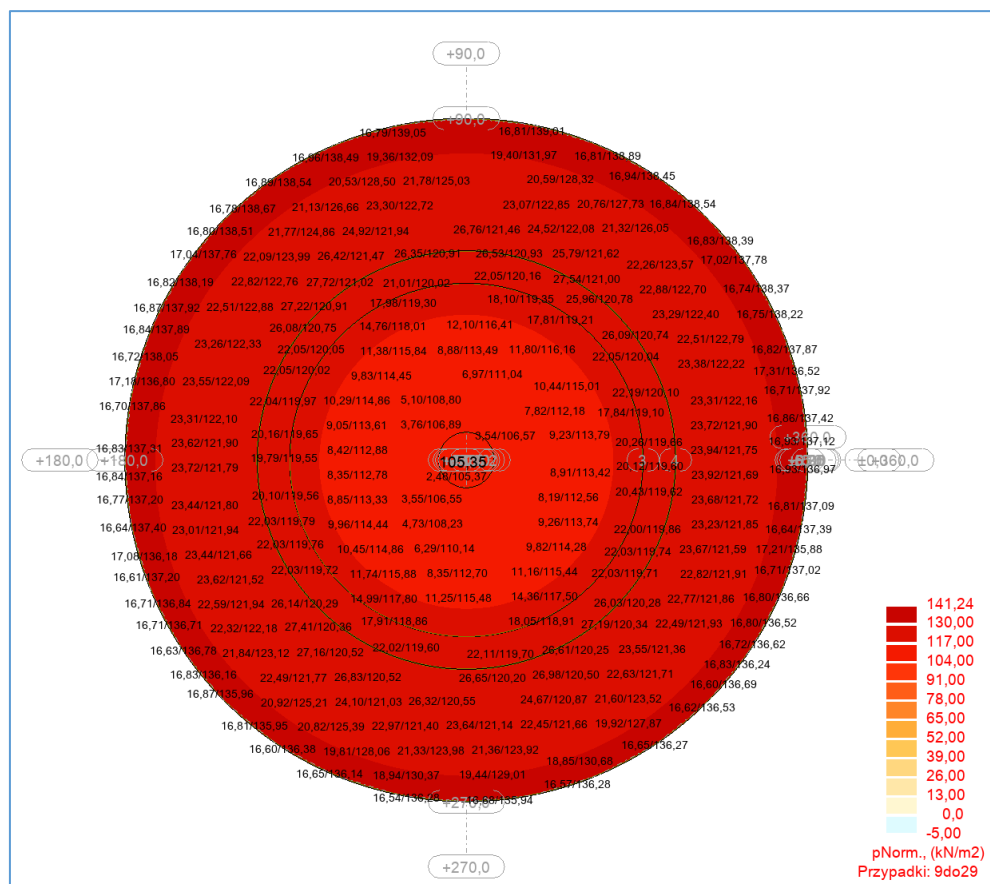


- zbrojenie górne płyty fundamentowej w kierunku x-x oraz y-y:



6 Naprężenia pod płytą fundamentową

Przyjęto posadowienie na podbudowie z pospółki zagęszczonej warstwami do $I_s = 0,98$. Dla wyżej wymienionego gruntu przyjęto maksymalny dopuszczalny odpór sprężysty podłoża na poziomie 250 – 300 kPa. Po wykonaniu wykopu oraz podsypki zagęszczonej, należy dokonać odbioru podbudowy i wpisem do dziennika budowy dopuścić podbudowę do dalszych etapów prac związanych z wykonaniem zbiornika.



Nośność podłoża gruntowego pod fundamentem została zapewniona.

7 Zbrojenie ścian zbiornika

Wzrost	Wzrost	Sily południkowe	Momenty południkowe	Sily równoleżnikowe	Momenty równoleżnikowe
m	Wzrost	kN/m	kN*m/m	kN/m	kN*m/m
ŚCIANA ZEWNĘTRZNA					
0,00 - 2,65m	20157 / 20447 / 20737 / 21027 / 21317 / 21607 / 21897 / 22187 / 22477 / 22767	37,36	15,72	772,05	78,28
2,65 - 5,30m	17091 / 17837 / 18127 / 18417 / 18997 / 19287 / 19577 / 19867	117,39	28,89	3174,2	145,41
ŚCIANA ŚRODKOWA					
0,00 - 2,65m	12707 / 12997 / 13287 / 13577 / 13867 / 14157 / 14447 / 14737 / 15027 / 15317	35,11	19,17	329,02	96,23
2,65 - 5,30m	9664 / 10387 / 10677 / 10967 / 11257 / 11547 / 11837 / 12127 / 12417	159,07	64,77	6541,17	325,15
ŚCIANA ŚRODKOWA - SKRAJNA					
0,00 - 2,65m	6551 / 6841 / 7131 / 7421 / 7711 / 8001 / 8291 / 8581 / 8871 / 9161	40,54	20,36	363,61	101,48
2,65 - 5,30m	3108 / 4231 / 4521 / 4811 / 5101 / 5391 / 5681 / 5971 / 6261 /	176,33	65,63	6452,48	329,1
ŚCIANA ZEWNĘTRZNA					
Panel/Wzrost/Przypadek	MOX (kN/m)	MYX (kN/m)	MOY (kN/m)	MYY (kN/m)	
10/ 17091/ 17 (K)	145,41>>	28,89	-28,50	3174,20	
10/ 19577/ 17 (K)	-81,31<<	-16,40	-45,11	774,64	
10/ 17091/ 17 (K)	145,41	28,89>>	-28,50	3174,20	
10/ 19577/ 17 (K)	-81,31	-16,40<<	-45,11	774,64	
10/ 17091/ 6	58,75	11,18	31,37>>	2140,52	
10/ 17091/ 16 (K)	-15,39	-2,79	-117,39<<	-2890,60	
10/ 17091/ 17 (K)	145,41	28,89	-28,50	3174,20>>	
10/ 17091/ 16 (K)	-15,39	-2,79	-117,39	-2890,60<<	
Panel/Wzrost/Przypadek	MOX (kN/m)	MYX (kN/m)	MOY (kN/m)	MYY (kN/m)	
10/ 20157/ 18 (K)	78,28>>	15,72	-32,05	433,93	
10/ 20157/ 17 (K)	-70,88<<	-14,26	-37,36	349,20	
10/ 20157/ 18 (K)	78,28	15,72>>	-32,05	433,93	
10/ 20157/ 17 (K)	-70,88	-14,26<<	-37,36	349,20	
10/ 22767/ 5	-0,13	-0,02	2,81>>	261,01	
10/ 20157/ 17 (K)	-70,88	-14,26	-37,36<<	349,20	
10/ 20157/ 9 (K)	34,97	6,97	-33,19	772,65>>	
10/ 22767/ 17 (K)	0,24	0,06	-8,53	-480,43<<	
ŚCIANA ŚRODKOWA					
Panel/Wzrost/Przypadek	MOX (kN/m)	MYX (kN/m)	MOY (kN/m)	MYY (kN/m)	
12/ 9664/ 17 (K)	325,15>>	64,77	25,43	6541,17	
12/ 9664/ 16 (K)	-255,76<<	-50,92	-159,07	-5890,99	
12/ 9664/ 17 (K)	325,15	64,77>>	25,43	6541,17	
12/ 9664/ 16 (K)	-255,76	-50,92<<	-159,07	-5890,99	
12/ 9664/ 6	205,03	40,83	66,12>>	4390,65	
12/ 9664/ 16 (K)	-255,76	-50,92	-159,07<<	-5890,99	
12/ 9664/ 17 (K)	325,15	64,77	25,43	6541,17>>	
12/ 9664/ 16 (K)	-255,76	-50,92	-159,07	-5890,99<<	
Panel/Wzrost/Przypadek	MOX (kN/m)	MYX (kN/m)	MOY (kN/m)	MYY (kN/m)	
12/ 12997/ 16 (K)	85,00>>	17,03	-28,11	137,17	
12/ 12997/ 17 (K)	-96,23<<	-19,17	-35,11	-114,36	
12/ 12997/ 16 (K)	85,00	17,03>>	-28,11	137,17	
12/ 12997/ 17 (K)	-96,23	-19,17<<	-35,11	-114,36	
12/ 12997/ 5	56,06	11,35	2,20>>	78,91	
12/ 12997/ 17 (K)	-96,23	-19,17	-35,11<<	-114,36	
12/ 13067/ 16 (K)	31,17	6,25	-18,48	303,39>>	
12/ 14157/ 17 (K)	-22,42	-4,39	-16,53	-329,02<<	
ŚCIANA ŚRODKOWA SKRAJNA					
Panel/Wzrost/Przypadek	MOX (kN/m)	MYX (kN/m)	MOY (kN/m)	MYY (kN/m)	
13/ 3108/ 17 (K)	329,10>>	65,63	33,21	6452,48	
13/ 3108/ 16 (K)	-204,08<<	-40,86	-176,33	-5823,87	
13/ 3108/ 17 (K)	329,10	65,63>>	33,21	6452,48	
13/ 3108/ 16 (K)	-204,08	-40,86<<	-176,33	-5823,87	
13/ 3108/ 6	180,18	37,51	73,96>>	4332,83	
13/ 3108/ 16 (K)	-204,08	-40,86	-176,33<<	-5823,87	
13/ 3108/ 17 (K)	329,10	65,63	33,21	6452,48>>	
13/ 3108/ 16 (K)	-204,08	-40,86	-176,33	-5823,87<<	
Panel/Wzrost/Przypadek	MOX (kN/m)	MYX (kN/m)	MOY (kN/m)	MYY (kN/m)	
13/ 6551/ 16 (K)	86,84>>	17,33	-31,46	157,07	
13/ 6551/ 17 (K)	-101,49<<	-20,36	-40,54	-74,12	
13/ 6551/ 16 (K)	86,84	17,33>>	-31,46	157,07	
13/ 6551/ 17 (K)	-101,49	-20,36<<	-40,54	-74,12	
13/ 9161/ 6	0,06	-0,02	3,67>>	-40,21	
13/ 6551/ 17 (K)	-101,49	-20,36	-40,54<<	-74,12	
13/ 6551/ 13 (K)	6,76	1,06	-32,45	363,61>>	
13/ 7421/ 17 (K)	-38,46	-7,77	-25,56	-308,13<<	



Przypadek 8 (Dobry)

WERYFIKACJA ŚCIAN ZBIORNIKA – PATRZ – ZAŁĄCZNIK 1 I 2 DO OBLICZEŃ STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH. ŚCIANY WEWNĘTRZNE SKRAJNE ZOSTAŁY ZBROJONE ANALOGICZNIE DO ŚCIAN ŚRODKOWYCH, ZE WZGLĘDU NA TEN SAM PRZEKRÓJ ORAZ ZBLIŻONE WARTOŚCI SIŁ PRZEKROJOWYCH.

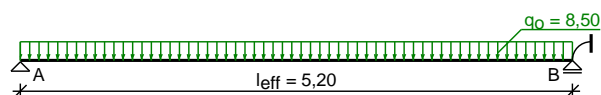
8 Zbrojenie płyty pomostowej

ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

Obciażenia powierzchniowe [kN/m²]:

Lp	Opis obciążenia	Obc.char.	γ _f	k _d	Obc.obl.
1.	OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE	2,00	1,50	--	3,00
2.	Płyta żelbetowa grub.20 cm	5,00	1,10	--	5,50
Σ:		7,00	1,21		8,50

SCHEMAT STATYCZNY



Rozpiętość obliczeniowa płyty $l_{\text{eff}} = 5,20 \text{ m}$

Grubość płyty **20,0 cm**

WYNIKI OBLICZEŃ STATYCZNYCH

Moment przęsłowy obliczeniowy $M_{\text{Sd}} = 26,51 \text{ kNm/m}$

Moment podporowy obliczeniowy $M_{\text{Sd,p}} = 21,55 \text{ kNm/m}$

Moment przęsłowy charakterystyczny $M_{\text{Sk}} = 22,18 \text{ kNm/m}$

Moment przęsłowy charakterystyczny długotrwały $M_{\text{Sk,lt}} = 22,18 \text{ kNm/m}$

Reakcja obliczeniowa $R_A = R_B = 22,10 \text{ kN/m}$

DANE MATERIAŁOWE

Parametry betonu:

Klasa betonu: **B45 (C35/45)** $\rightarrow f_{\text{cd}} = 23,33 \text{ MPa}$, $f_{\text{ctd}} = 1,47 \text{ MPa}$, $E_{\text{cm}} = 34,0 \text{ GPa}$

Ciężar objętościowy betonu $\rho = 25 \text{ kN/m}^3$

Wilgotność środowiska $\text{RH} = 50\%$

Wiek betonu w chwili obciążenia 28 dni

Współczynnik pełzania (obliczono) $\phi = 2,09$

Zbrojenie główne:

Klasa stali **A-IIIN (RB500W)** $\rightarrow f_{\text{yk}} = 500 \text{ MPa}$, $f_{\text{yd}} = 420 \text{ MPa}$, $f_{\text{tk}} = 550 \text{ MPa}$

Średnica prętów w przęśle $\phi_d = 12 \text{ mm}$

Średnica prętów nad podporą $\phi_g = 12 \text{ mm}$

Zbrojenie rozdzielcze (konstrukcyjne):

Klasa stali **A-IIIN (RB500)** $\rightarrow f_{\text{yk}} = 500 \text{ MPa}$, $f_{\text{yd}} = 420 \text{ MPa}$, $f_{\text{tk}} = 550 \text{ MPa}$

Średnica prętów $\phi = 10 \text{ mm}$

Otulenie:

Nominalna grubość otulenia prętów z góry płyty $c_{\text{nom,g}} = 50 \text{ mm}$

Nominalna grubość otulenia prętów z dołu płyty $c_{\text{nom,d}} = 50 \text{ mm}$

ZAŁOŻENIA

Sytuacja obliczeniowa: trwała

Graniczna szerokość rys $w_{\text{lim}} = 0,2 \text{ mm}$

Graniczne ugięcie $a_{\text{lim}} = l_{\text{eff}}/200$ - jak dla stropów (tablica 8)

WYMIAROWANIE wg PN-B-03264:2002 (metoda uproszczona)

Przęsło:

Zbrojenie potrzebne $A_s = 4,51 \text{ cm}^2/\text{mb}$. Przyjęto **$\phi 12$ co $10,0 \text{ cm}$** o $A_s = 11,31 \text{ cm}^2/\text{mb}$ ($\rho = 0,79\%$)

Warunek nośności na zginanie: $M_{\text{Sd}} = 26,51 \text{ kNm/mb} < M_{\text{Rd}} = 63,57 \text{ kNm/mb}$ (41,7%)

Szerokość rys prostopadłych: $w_k = 0,143 \text{ mm} < w_{\text{lim}} = 0,2 \text{ mm}$ (71,6%)

Maksymalne ugięcie od $M_{\text{Sk,lt}}$: $a(M_{\text{Sk,lt}}) = 16,36 \text{ mm} < a_{\text{lim}} = 26,00 \text{ mm}$ (62,9%)

Podpora:

Zbrojenie potrzebne $A_s = 3,65 \text{ cm}^2/\text{mb}$. Przyjęto **$\phi 12$ co $10,0 \text{ cm}$** o $A_s = 11,31 \text{ cm}^2/\text{mb}$ ($\rho = 0,79\%$)

Warunek nośności na zginanie: $M_{\text{Sd,p}} = 21,55 \text{ kNm/mb} < M_{\text{Rd,p}} = 63,57 \text{ kNm/mb}$ (33,9%)

Warunek nośności na ścinanie: $V_{\text{Sd}} = 22,10 \text{ kN/mb} < V_{\text{Rd1}} = 146,06 \text{ kN/mb}$ (15,1%)

Szerokość rys prostopadłych: $w_k = 0,143 \text{ mm} < w_{\text{lim}} = 0,2 \text{ mm}$ (71,6%)

Przyjęto zbrojenie rozdzielcze **$\phi 10$ co max. $20,0 \text{ cm}$** o $A_s = 3,93 \text{ cm}^2/\text{mb}$

B) OBIEKT NR 18 – Stanowisko do dezynfekcji samochodów asenizacyjnych

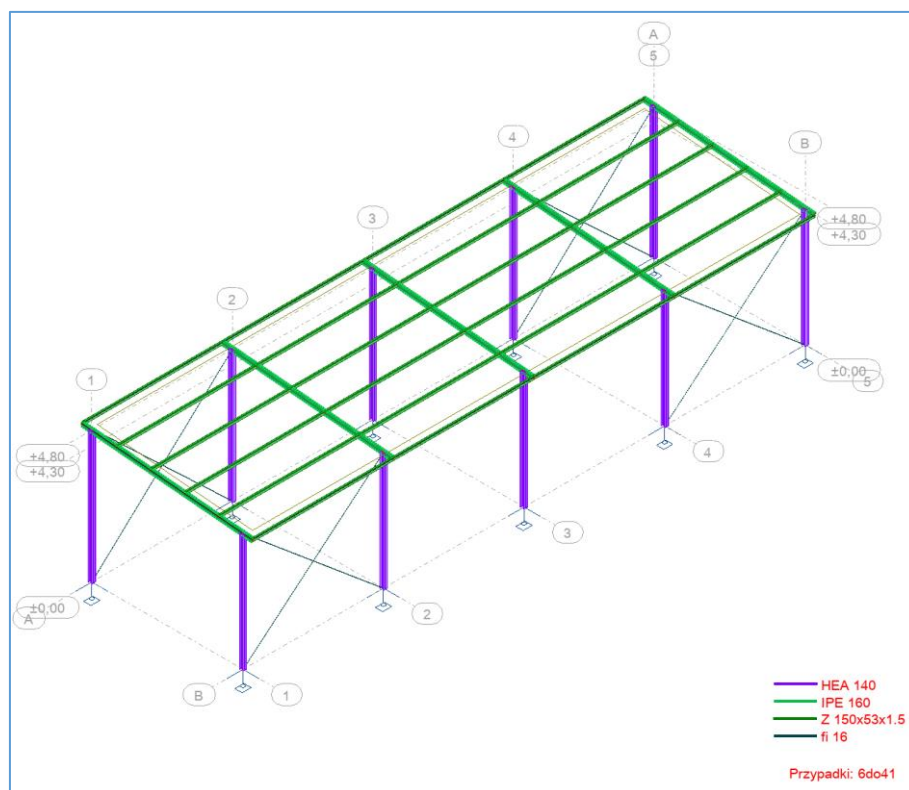
1. Model obliczeniowy konstrukcji

Model obliczeniowy konstrukcji stworzony został w programie Autodesk Robot Structural Analysis Professional. Model odzwierciedla rzeczywiste wymiary konstrukcji, podatność i sztywność elementów co wpływa na dokładność obliczeń statyczno – wytrzymałościowych.

Założenia obliczeniowe:

- Beton: C25/30
- Stal zbrojeniowa: A-IIIN (B500SP)
- Stal konstrukcyjna: S235J2 – zabezpieczona antykorozyjnie

Widok modelu obliczeniowego:



2. Zestawienie obciążeń

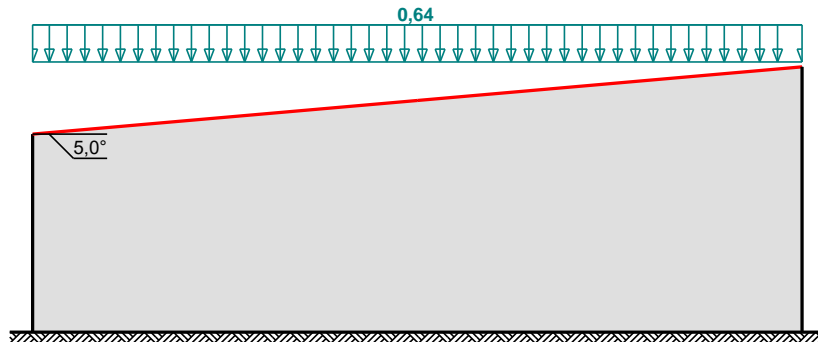
Obciążenie stałe

L.p.	Opis oddziaływania	Wartość char. kN/m ²
1.	Pokrycie dachu - blacha trapezowa [0,10kN/m ²]	0,10
2.	Instalacja podwieszona do konstrukcji dachu [0,20kN/m ²]	0,20
Σ:		0,30

Obciążenie śniegiem

Obciążenie śniegiem wg PN-EN 1991-1-3 / Dachy jednopołaciowe (5.3.2)

 s [kN/m²]



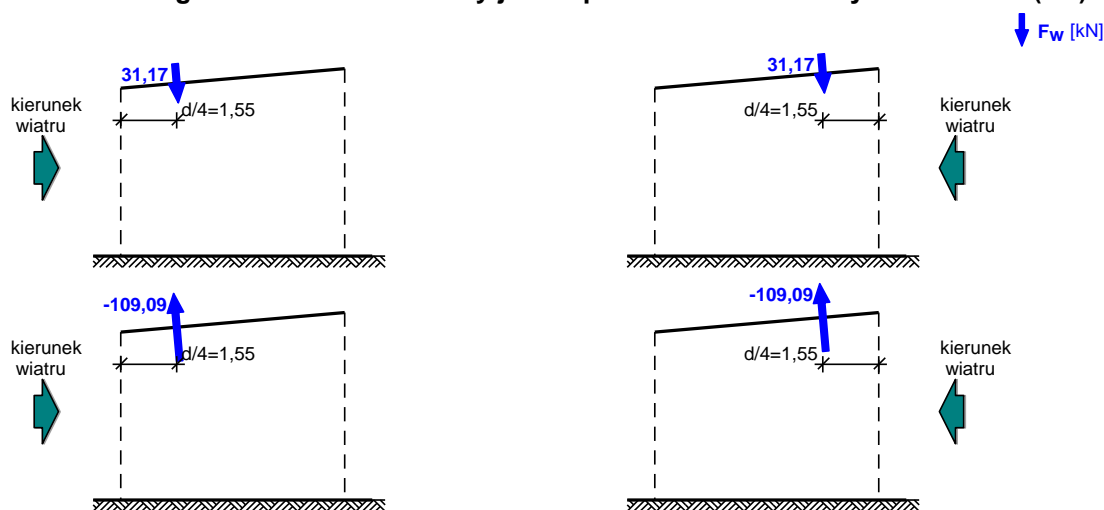
Cały dach - równomierny układ obciążenia:

- Dach jednopołaciowy
- 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):
 - Granica stref obciążenia śniegiem 1 i 2; A = 117 m n.p.m.
 - Dla strefy obciążenia śniegiem 1 → $s_{k,1} = 0,007 \cdot A - 1,4 = -0,581 \text{ kN/m}^2 < 0,7 \text{ kN/m}^2 \rightarrow s_{k,1} = 0,7 \text{ kN/m}^2$
 - Dla strefy obciążenia śniegiem 2 → $s_{k,2} = 0,9 \text{ kN/m}^2$
 - $s_k = (s_{k,1} + s_{k,2})/2 = (0,7+0,9)/2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$
- Współczynnik ekspozycji:
 - Teren: normalny
 - $C_e = 1,0$
- Współczynnik termiczny: $C_t = 1,0$
- Współczynnik kształtu dachu:
 - Kąt nachylenia połaci dachowej: $\alpha = 5,0^\circ$
 - $\mu_1 = 0,8$

Obciążenie charakterystyczne śniegiem:

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,80 = \mathbf{0,64 \text{ kN/m}^2}$$

Obciążenie wiatrem wg PN-EN 1991-1-4 / Wiatry jednospadowe - siła oddziaływania wiatru (7.3)



Wypadkowa siła oddziaływania wiatru:

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} = 1,000 \cdot 0,4 \cdot 0,591 \cdot 131,94 = \mathbf{31,17 \text{ kN}}$$

3. Obciążenia w modelu obliczeniowym

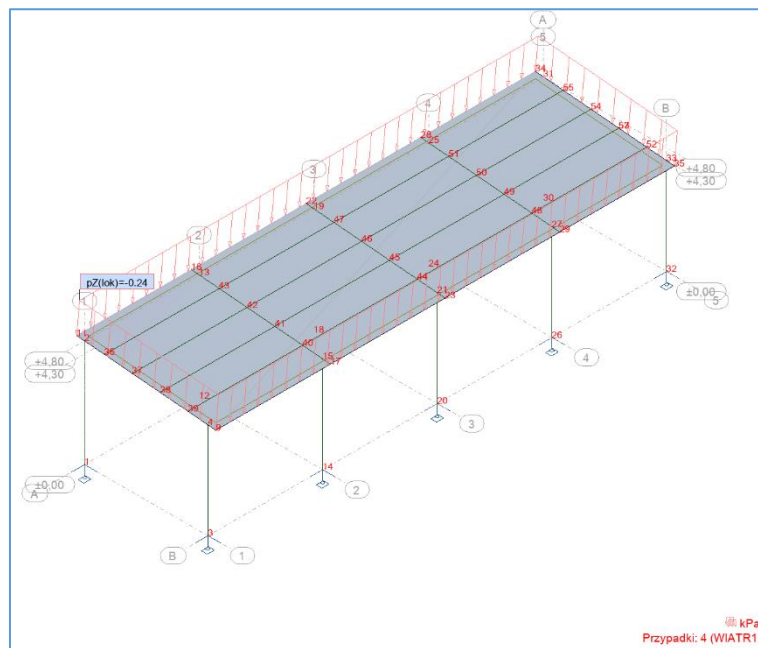
- Obciążenie stałe – ciężar własny

Obciążenie ciężarem własnym zostało automatycznie uwzględnione w modelu konstrukcji programu Autodesk Robot.

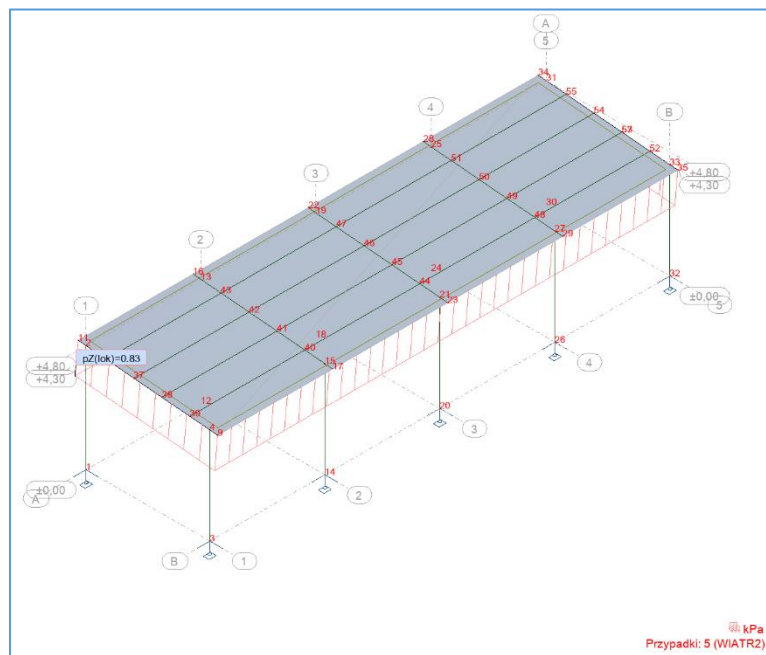
-

- [illegible]

- Obciążenie wiatrem (przypadek I):



- Obciążenie wiatrem (przypadek II):



4. Weryfikacja blachy trapezowej

	Dobór blachy trapezowej 4 przęsła	14.02.24 11:56 ver. 7.5.7
---	---	------------------------------

Dane wejściowe:

Rozpiętość przęsła: 1200 mm
Obciążenie obliczeniowe: 2,61 kN/m²
Obciążenie charakterystyczne: 1,77 kN/m²
Układ blachy: POZYTYW
Kryterium ugięcia: L/150

Szerokość podpory wewnętrznej: 50 mm

Do zadanych obciążeń dodano ciężar własny blachy ze współczynnikiem γ : 1,15

Wyniki (jedno przęsło):

T50P S320 t = 0,50 mm G = 0,041 kN/m² J_{min} = 15,020 cm⁴/m J_{max} = 19,730 cm⁴/m

Wykorzystanie nośności - warunek wytrzymałości 55,38%

Wykorzystanie nośności - warunek ugięcia 37,74%

Wyniki (dwa przęsła):

T50P S320 t = 0,50 mm G = 0,041 kN/m² J_{min} = 15,020 cm⁴/m J_{max} = 19,730 cm⁴/m

Wykorzystanie nośności - warunek wytrzymałości 56,90%

Wykorzystanie nośności - warunek ugięcia 38,78%

Wyniki (trzy przęsła):

T50P S320 t = 0,50 mm G = 0,041 kN/m² J_{min} = 15,020 cm⁴/m J_{max} = 19,730 cm⁴/m

Wykorzystanie nośności - warunek wytrzymałości 48,00%

Wykorzystanie nośności - warunek ugięcia 32,71%



Obliczenia zgodne z PN-EN 1993-1-3: Sierpień 2008

5. Weryfikacja płatwi zetowych

Przyjęto maksymalny rozstaw płatwi dachowych R = 1,20m. Obciążenia rozłożono na jedną z płatwi wewnętrznych (najbardziej niekorzystny przypadek)

Obciążenie obliczeniowe – pionowe w dół

L.p.	Opis oddziaływania	Wartość obl. kN/m
1.	Obciążenia stałe – pokrycie dachowe + instalacje (0,30kN/m ² * 1,20m * 1,35)	0,49
2.	Obciążenie śniegiem (0,64kN/m ² * 1,20m * 1,50)	1,15
3.	Obciążenie parciem wiatru (0,24kN/m ² * 1,20m * 1,50)	0,43
		Σ: 2,07

Obciążenie obliczeniowe – pionowe w górę

L.p.	Opis oddziaływania	Wartość obl. kN/m
1.	Obciążenie ssaniem wiatru (0,83kN/m ² *1,20m*1,50)	1,50
		Σ: 1,50



L = 5,125 m

Pokrycie blachą trapezową

Obciążenia:

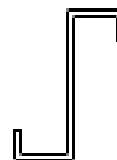
Przypadek 1: Obciążenie obliczeniowe (typ 1) $Q_d = 2,070 \text{ kN/m}$

Przypadek 2: Obciążenie obliczeniowe (typ 2) $Q_{dN} = 2,070 \text{ kN/m}$ $N = 5,000 \text{ kN}$

Przypadek 3: Ssanie wiatru $w = 1,500 \text{ kN/m}$

Przypadek 4: Obciążenie charakterystyczne (dla ugięcia $L/200$) $q = 1,420 \text{ kN/m}$

Do zadanych obciążeń dodano automatycznie ciężar własny płatwi.



Wyniki:

Najlepsza platew Z150x53x48x1.50 Stal S350GD Ciężar 0,042 kN/m

Wykorzystanie nośności:

Przypadek 1 73%

Przypadek 2 77%

Przypadek 3 66%

Przypadek 4 77%

Wymagana liczba tężników w każdym przęśle: 1

Obliczenia wykonane w oparciu o PN-EN 1993-1-3: Sierpień 2008

6. Wymiarowanie konstrukcji stalowej

Pręt	Profil	Materiał	Lay	Laz	Wytyż	Przypadek
1 Słup HEA_1	HEA 140	S 235	134.09	136.37	0.21	29 SGN/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50
2 Słup HEA_2	HEA 140	S 235	120.13	122.17	0.26	29 SGN/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50
3 Rygiel_3	IPE 160	S 235	94.98	67.76	0.40	29 SGN/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50
4 Słup HEA_4	HEA 140	S 235	134.09	136.37	0.62	29 SGN/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50
5 Słup HEA_5	HEA 140	S 235	120.13	122.17	0.35	29 SGN/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50
6 Rygiel_6	IPE 160	S 235	94.98	67.76	0.80	29 SGN/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50
7 Słup HEA_7	HEA 140	S 235	134.09	136.37	0.52	29 SGN/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50

8 Słup HEA_8	HEA 140	S 235	120.13	122.17	0.40	29 SGN/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50
9 Rygiel_9	IPE 160	S 235	94.98	67.76	0.62	29 SGN/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50
10 Słup HEA_10	HEA 140	S 235	134.09	136.37	0.62	29 SGN/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50
11 Słup HEA_11	HEA 140	S 235	120.13	122.17	0.35	29 SGN/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50
12 Rygiel_12	IPE 160	S 235	94.98	67.76	0.79	29 SGN/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50
13 Słup HEA_13	HEA 140	S 235	134.09	136.37	0.22	29 SGN/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50
14 Słup HEA_14	HEA 140	S 235	120.13	122.17	0.26	29 SGN/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50
15	IPE 160	S 235	94.98	67.76	0.39	29 SGN/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50
24 Stężenia_24	fi 16	S 235	1673.4 5	1673.4 5	0.00	8 SGN/3=1*1.35 + 2*1.35 + 4*0.90 + 3*0.75
25 Stężenia_25	fi 16	S 235	1673.4 5	1673.4 5	0.01	27 SGN/22=1*1.00 + 2*1.00 + 5*1.50
26 Stężenia_26	fi 16	S 235	1673.4 5	1673.4 5	0.00	5 WIATR2
27 Stężenia_27	fi 16	S 235	1673.4 5	1673.4 5	0.01	27 SGN/22=1*1.00 + 2*1.00 + 5*1.50
28 Stężenia_28	fi 16	S 235	1763.9 6	1763.9 6	0.04	29 SGN/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50
29 Stężenia_29	fi 16	S 235	1756.3 6	1756.3 6	0.02	29 SGN/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50
30 Stężenia_30	fi 16	S 235	1756.3 6	1756.3 6	0.01	27 SGN/22=1*1.00 + 2*1.00 + 5*1.50
31 Stężenia_31	fi 16	S 235	1756.3 6	1756.3 6	0.02	29 SGN/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50

OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH - RYGIEL

NORMA: *PN-EN 1993-1:2006/NA:2010/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYP ANALIZY: *Weryfikacja prętów*

GRUPA:

PRĘT: 6 Rygiel_6
0.35 m

PUNKT: 1

WSPÓŁRZĘDNA: x = 0.06 L =

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: $29 \text{ SGN}/24 = 1 \cdot 1.15 + 2 \cdot 1.15 + 4 \cdot 0.90 + 3 \cdot 1.50$
 $(1+2) \cdot 1.15 + 4 \cdot 0.90 + 3 \cdot 1.50$

MATERIAŁ:

S 235 (S 235) $f_y = 215.00 \text{ MPa}$



PARAMETRY PRZĘKROJU: IPE 160

$h=16.0 \text{ cm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=8.2 \text{ cm}$	$A_y=13.74 \text{ cm}^2$	$A_z=9.67 \text{ cm}^2$	$A_x=20.10 \text{ cm}^2$
$t_w=0.5 \text{ cm}$	$I_y=869.00 \text{ cm}^4$	$I_z=68.30 \text{ cm}^4$	$I_x=3.61 \text{ cm}^4$
$t_f=0.7 \text{ cm}$	$W_{ply}=123.86 \text{ cm}^3$	$W_{plz}=26.10 \text{ cm}^3$	

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N_{Ed} = 1.40 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -19.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -0.12 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = -0.06 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 432.15 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = -19.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$		$M_{z,Ed,max} = -0.12 \text{ kN}\cdot\text{m}$
	$V_{y,T,Rd} = 169.04 \text{ kN}$		
$N_{b,Rd} = 297.44 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 26.63 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 5.61 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = 23.67 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 26.63 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 5.61 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 119.26 \text{ kN}$
	$Mb,Rd = 25.31 \text{ kN}\cdot\text{m}$		$T_{t,Ed} = -0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			KLASA PRZĘKROJU = 1



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

$z = 1.00$	$M_{cr} = 80.64 \text{ kN}\cdot\text{m}$	Krzywa, LT - b	$XLT = 0.93$
$L_{cr,low} = 1.25 \text{ m}$	$\lambda_{LT} = 0.57$	$\phi_{LT} = 0.65$	$XLT_{mod} = 0.95$

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi y:

$L_y = 6.25 \text{ m}$	$\lambda_{m,y} = 0.97$
$L_{cr,y} = 6.25 \text{ m}$	$X_y = 0.69$
$\lambda_{m,y} = 94.98$	$k_{zy} = 1.00$



względem osi z:

$L_z = 6.25 \text{ m}$	$\lambda_{m,z} = 0.69$
$L_{cr,z} = 1.25 \text{ m}$	$X_z = 0.79$
$\lambda_{m,z} = 67.76$	$k_{zz} = 0.90$

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

Kontrola wytrzymałości przekroju:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/MN_{y,Rd} = 0.73 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/MN_{z,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/MN_{y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/MN_{z,Rd})^{1.00} = 0.56 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.20 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.02 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.01 < 1.00$ (6.2.6)

Kontrola stateczności globalnej pręta:

$\lambda_{m,y} = 94.98 < \lambda_{m,max} = 210.00$ $\lambda_{m,z} = 67.76 < \lambda_{m,max} = 210.00$ STABILNY
 $M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.77 < 1.00$ (6.3.2.1.(1))
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.71 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.80 < 1.00$ (6.3.3.(4))

PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE



Ugięcia (UKŁAD LOKALNY):

$u_y = 0.51 \text{ mm} < u_{y,max} = L/200.00 = 31.23 \text{ mm}$ Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: $40 \text{ SGU:CHR}/7 = 1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 4 \cdot 0.60 + 3 \cdot 1.00$
 $(1+2+3) \cdot 1.00 + 4 \cdot 0.60$

$u_z = 20.33 \text{ mm} < u_{z,max} = L/200.00 = 31.23 \text{ mm}$ Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: $40 \text{ SGU:CHR}/7=1*1.00 + 2*1.00 + 4*0.60 + 3*1.00$
 $(1+2+3)*1.00+4*0.60$



Przemieszczenia (UKŁAD GLOBALNY): Nie analizowano

Profil poprawny !!!

OBLICZENIA KONSTRUKCJI STAŁOWYCH - SŁUP

NORMA: PN-EN 1993-1:2006/NA:2010/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 4 Słup HEA_4
2.15 m

PUNKT: 2

WSPÓŁRZĘDNA: $x = 0.45 L =$

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: $29 \text{ SGN}/24=1*1.15 + 2*1.15 + 4*0.90 + 3*1.50$
 $(1+2)*1.15+4*0.90+3*1.50$

MATERIAŁ:

S 235 (S 235) $f_y = 215.00 \text{ MPa}$



PARAMETRY PRZEKROJU: HEA 140

$h=13.3 \text{ cm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=14.0 \text{ cm}$	$A_y=26.34 \text{ cm}^2$	$A_z=10.11 \text{ cm}^2$	$A_x=31.40 \text{ cm}^2$
$t_w=0.5 \text{ cm}$	$I_y=1030.00 \text{ cm}^4$	$I_z=389.00 \text{ cm}^4$	$I_x=8.16 \text{ cm}^4$
$t_f=0.9 \text{ cm}$	$W_{ply}=173.50 \text{ cm}^3$	$W_{plz}=84.85 \text{ cm}^3$	

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N_{Ed} = 30.79 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = 7.82 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = 0.01 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 675.10 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = 17.46 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = -0.03 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 326.84 \text{ kN}$
$N_{b,Rd} = 238.54 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 37.30 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 18.24 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = 3.64 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 37.30 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 18.24 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 125.43 \text{ kN}$
	$Mb,Rd = 34.81 \text{ kN}\cdot\text{m}$		$Tt,Ed = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			KLASA PRZEKROJU = 1



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

$z = 0.00$	$M_{cr} = 99.14 \text{ kN}\cdot\text{m}$	Krzywa,LT - b	$XL T = 0.91$
$L_{cr,upp}=4.80 \text{ m}$	$Lam_{LT} = 0.61$	$fi,LT = 0.68$	$XL T,mod = 0.93$

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi y:

$L_y = 4.80 \text{ m}$	$Lam_y = 1.37$
$L_{cr,y} = 7.68 \text{ m}$	$X_y = 0.40$
$Lam_y = 134.09$	$kzy = 0.98$



względem osi z:

$L_z = 4.80 \text{ m}$	$Lam_z = 1.39$
$L_{cr,z} = 4.80 \text{ m}$	$X_z = 0.35$
$Lam_z = 136.37$	$kzz = 1.06$

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

Kontrola wytrzymałości przekroju:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.05 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/MN_{y,Rd} = 0.21 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/MN_{z,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/MN_{y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/MN_{z,Rd})^{1.00} = 0.04 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.03 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

$$\tau_{\text{Ed}} / (f_y / (\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Kontrola stateczności globalnej pręta:

$$\lambda_{y, \text{Ed}} = 134.09 < \lambda_{y, \text{max}} = 210.00 \quad \lambda_{z, \text{Ed}} = 136.37 < \lambda_{z, \text{max}} = 210.00 \quad \text{STABILNY}$$

$$M_{y, \text{Ed, max}} / M_{b, \text{Rd}} = 0.50 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{\text{Ed}} / (X_y \cdot N_{\text{Rk}} / g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y, \text{Ed, max}} / (X_{LT} \cdot M_{y, \text{Rk}} / g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z, \text{Ed, max}} / (M_{z, \text{Rk}} / g_{M1}) = 0.61 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{\text{Ed}} / (X_z \cdot N_{\text{Rk}} / g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y, \text{Ed, max}} / (X_{LT} \cdot M_{y, \text{Rk}} / g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z, \text{Ed, max}} / (M_{z, \text{Rk}} / g_{M1}) = 0.62 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE



Ugięcia (UKŁAD LOKALNY): Nie analizowano



Przemieszczenia (UKŁAD GLOBALNY):

$$v_x = 0.30 \text{ mm} < v_{x, \text{max}} = L / 150.00 = 32.00 \text{ mm}$$

Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 40 SGU:CHR/7=1*1.00 + 2*1.00 + 4*0.60 + 3*1.00
(1+2+3)*1.00+4*0.60

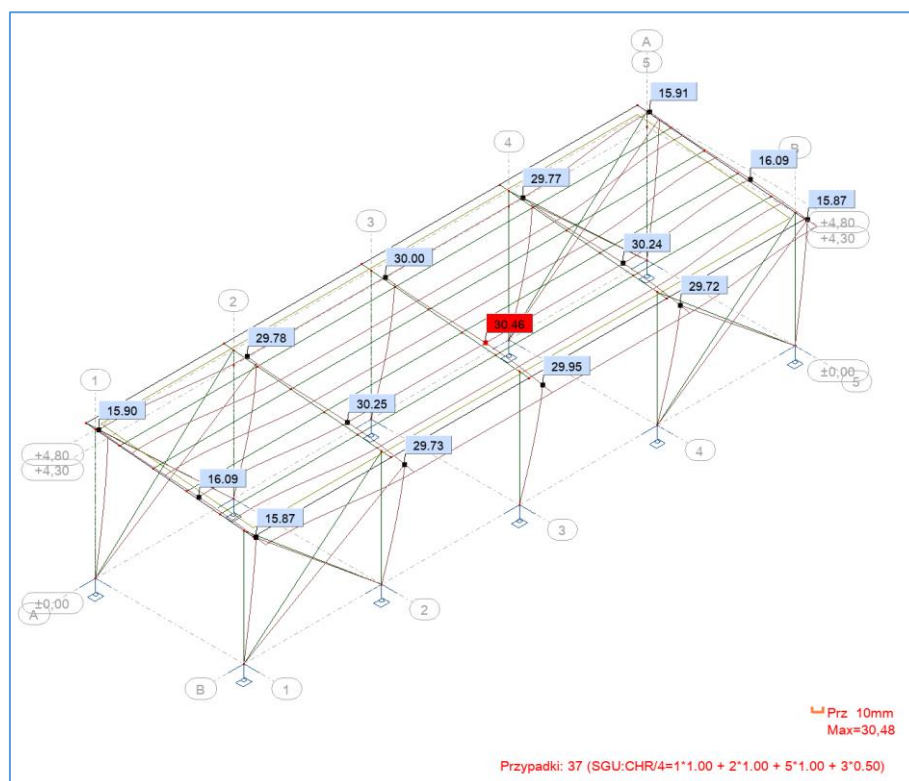
$$v_y = 30.07 \text{ mm} > v_{y, \text{max}} = L / 150.00 = 32.00 \text{ mm}$$

Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 5 WIATR2

Profil poprawny !!!

7. Przemieszczenia konstrukcji stalowej



8. Weryfikacja połączeń



Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2020

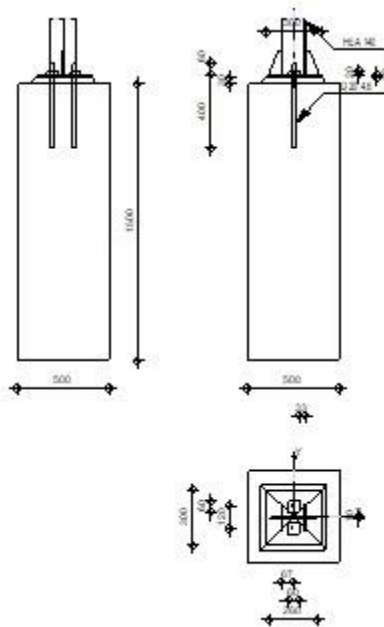
Obliczenia stóp słupów przegubowych

Eurocode 3: PN-EN 1993-1-8:2006/AC:2009 + CEB Design

Guide: Design of fastenings in concrete



Proporcja
0,56



OGÓLNE

Nr połączenia: 1
Nazwa połączenia: Stopa przegubowa
Węzeł konstrukcji: 12
Pręty konstrukcji: 4

GEOMETRIA

SŁUP

Profil:	HEA 140	
Nr pręta:	4	
$L_c =$	4,80 [m]	Długość słupa
$\alpha =$	0,0 [Deg]	Kąt nachylenia
$h_c =$	133 [mm]	Wysokość przekroju słupa
$b_{fc} =$	140 [mm]	Szerokość przekroju słupa
$t_{wc} =$	6 [mm]	Grubość środnika przekroju słupa
$t_{fc} =$	9 [mm]	Grubość półki przekroju słupa
$r_c =$	12 [mm]	Promień zaokrąglenia przekroju słupa
$A_c =$	31,40 [cm ²]	Pole przekroju słupa
$I_{yc} =$	1030,00 [cm ⁴]	Moment bezwładności przekroju słupa
Materiał:	S 235	
$f_{yc} =$	215,00 [MPa]	Wytrzymałość
$f_{uc} =$	340,00 [MPa]	Granica wytrzymałości materiału

PODSTAWA STOPY SŁUPA

$l_{pd} =$	300	[mm]	Długość
$b_{pd} =$	300	[mm]	Szerokość
$t_{pd} =$	20	[mm]	Grubość
Materiał:	S 235		
$f_{ypd} =$	235,00	[MPa]	Wytrzymałość
$f_{upd} =$	360,00	[MPa]	Granica wytrzymałości materiału

ZAKOTWIENIE

Płaszczyzna ścinania przechodzi przez NIEGWINTOWANĄ część śruby

Klasa =	4 . 6		Klasa kotew
$f_{yb} =$	240,00	[MPa]	Granica plastyczności materiału śruby
$f_{ub} =$	400,00	[MPa]	Wytrzymałość materiału śruby na rozciąganie
$d =$	20	[mm]	Średnica śruby
$A_s =$	2,45	[cm ²]	Powierzchnia przekroju czynnego śruby
$A_v =$	3,14	[cm ²]	Powierzchnia przekroju śruby
$n =$	2		Ilość rzędów śrub
$e_v =$	120	[mm]	Rozstaw pionowy

Wymiary kotew

$L_1 =$	60	[mm]
$L_2 =$	400	[mm]

Podkładka

$l_{wd} =$	60	[mm]	Długość
$b_{wd} =$	60	[mm]	Szerokość
$t_{wd} =$	20	[mm]	Grubość

ŻEBRO

$l_s =$	260	[mm]	Długość
$h_s =$	120	[mm]	Wysokość
$t_s =$	10	[mm]	Grubość
$d_1 =$	20	[mm]	Wycięcie
$d_2 =$	20	[mm]	Wycięcie

WSPÓŁCZYNNIKI MATERIAŁOWE

$\gamma_{M0} =$	1,00		Częściowy współczynnik bezpieczeństwa
$\gamma_{M2} =$	1,25		Częściowy współczynnik bezpieczeństwa
$\gamma_C =$	1,50		Częściowy współczynnik bezpieczeństwa

STOPA FUNDAMENTOWA

$L =$	500	[mm]	Długość stopy
$B =$	500	[mm]	Szerokość stopy
$H =$	1500	[mm]	Wysokość stopy

Beton

Klasa	C20/25		
$f_{ck} =$	20,00	[MPa]	Wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie

Warstwa wyrównawcza

$t_g =$	30	[mm]	Grubość warstwy wyrównawczej (podsypki)
$f_{ck,g} =$	12,00	[MPa]	Wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie
$C_{f,d} =$	0,30		Wsp. tarcia między płytą podstawy a betonem

SPOINY

$a_p =$	3	[mm]	Płyta główna stopy słupa
$a_s =$	4	[mm]	Żebro

OBCIĄŻENIA

Przypadek: 27: SGN/22=1*1.00 + 2*1.00 + 5*1.50 (1+2)*1.00+5*1.50

$N_{j,Ed}$	=	17,35	[kN]	Siła osiowa
$V_{j,Ed,y}$	=	0,03	[kN]	Siła ścinająca
$V_{j,Ed,z}$	=	3,44	[kN]	Siła ścinająca

REZULTATY

STREFA ROZCIĄGANA

ZERWANIE ŚRUBY KOTWIĄCEJ

A_b	=	2,45	[cm ²]	Czynne pole powierzchni śruby	[Tablica 3.4]
f_{ub}	=	400,00	[MPa]	Wytrzymałość materiału śruby na rozciąganie	[Tablica 3.4]
β	=	0,85		Współczynnik redukcyjny nośności śruby	[3.6.1.(3)]
$F_{t,Rd,s1}$	=	$\beta \cdot 0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_b / \gamma_{M2}$			
$F_{t,Rd,s1}$	=	59,98	[kN]	Nośność śruby na zerwanie	[Tablica 3.4]
γ_{Ms}	=	1,20		Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	CEB [3.2.3.2]
f_{yb}	=	240,00	[MPa]	Granica plastyczności materiału śruby	CEB [9.2.2]
$F_{t,Rd,s2}$	=	$f_{yb} \cdot A_b / \gamma_{Ms}$			
$F_{t,Rd,s2}$	=	49,00	[kN]	Nośność śruby na zerwanie	CEB [9.2.2]
$F_{t,Rd,s}$	=	$\min(F_{t,Rd,s1}, F_{t,Rd,s2})$			
$F_{t,Rd,s}$	=	49,00	[kN]	Nośność śruby na zerwanie	

WYRWANIE ŚRUBY KOTWIĄCEJ Z BETONU

f_{ck}	=	20,00	[MPa]	Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie	EN 1992-1:[3.1.2]
f_{ctd}	=	$0.7 \cdot 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} / \gamma_c$			
f_{ctd}	=	1,03	[MPa]	Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
η_1	=	1,00		Wsp. zależny od warunków betonowania i przyczepności	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
η_2	=	1,00		Wsp. zależny od średnicy kotwi	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
f_{bd}	=	$2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$			
f_{bd}	=	2,32	[MPa]	Dopuszczalna przyczepność obliczeniowa	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
h_{ef}	=	400	[mm]	Długość efektywna śruby kotwiącej	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
$F_{t,Rd,p}$	=	$\pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot f_{bd}$			
$F_{t,Rd,p}$	=	58,33	[kN]	Nośność obl. ze względu na wrywanie	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]

WYŁAMANIE STOŻKA BETONU

h_{ef}	=	167	[mm]	Długość efektywna śruby kotwiącej	CEB [9.2.4]
$N_{Rk,c}^0$	=	$7.5 [N^{0.5}/mm^{0.5}] \cdot f_{ck}^{0.5} \cdot h_{ef}^{1.5}$			
$N_{Rk,c}^0$	=	72,17	[kN]	Nośność charakterystyczna kotwi	CEB [9.2.4]
$s_{cr,N}$	=	500	[mm]	Krytyczna szerokość stożka betonu	CEB [9.2.4]
$c_{cr,N}$	=	250	[mm]	Krytyczna odległość od krawędzi fundamentu	CEB [9.2.4]
$A_{c,N0}$	=	2500,00	[cm ²]	Maksymalne pole powierzchni stożka	CEB [9.2.4]
$A_{c,N}$	=	1250,00	[cm ²]	Rzeczywiste pole powierzchni stożka	CEB [9.2.4]
$\psi_{A,N}$	=	$A_{c,N} / A_{c,N0}$			
$\psi_{A,N}$	=	0,50		Wsp. zależny od rozstawu kotwi i odległości od krawędzi	CEB [9.2.4]
c	=	190	[mm]	Minimalna odległość kotwi od krawędzi	CEB [9.2.4]
$\psi_{s,N}$	=	$0.7 + 0.3 \cdot c / c_{cr,N} \leq 1.0$			
$\psi_{s,N}$	=	0,93		Wsp. zależny od odległości kotwi od krawędzi fundamentu	CEB [9.2.4]
$\psi_{ec,N}$	=	1,00		Wsp. zależny od rozkładu sił rozciągających w kotwiach	CEB [9.2.4]
$\psi_{re,N}$	=	$0.5 + h_{ef} [mm] / 200 \leq 1.0$			
$\psi_{re,N}$	=	1,00		Wsp. zależny od zagęszczenia zbrojenia fundamentu	CEB [9.2.4]
$\psi_{ucr,N}$	=	1,00		Wsp. zależny stopnia zarysowania betonu	CEB [9.2.4]
γ_{Mc}	=	2,16		Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	CEB [3.2.3.1]
$F_{t,Rd,c}$	=	$N_{Rk,c}^0 \cdot \psi_{A,N} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ucr,N} / \gamma_{Mc}$			
$F_{t,Rd,c}$	=	15,50	[kN]	Nośność obliczeniowa kotwi na wyłamanie stożka betonu	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
ROZSADZANIE BETONU					
h_{ef}	=	400	[mm]	Długość efektywna śruby kotwiącej	CEB [9.2.5]

$$N_{Rk,c}^0 = 7.5[N^{0.5}/mm^{0.5}] * f_{ck}^{0.5} * h_{ef}^{1.5}$$

$N_{Rk,c}^0 = 268,33$	[kN]	Nośność obl. ze względu na wrywanie	CEB [9.2.5]
$s_{cr,N} = 800$	[mm]	Krytyczna szerokość stożka betonu	CEB [9.2.5]
$c_{cr,N} = 400$	[mm]	Krytyczna odległość od krawędzi fundamentu	CEB [9.2.5]
$A_{c,N0} = 6400,00$	[cm ²]	Maksymalne pole powierzchni stożka	CEB [9.2.5]
$A_{c,N} = 1250,00$	[cm ²]	Rzeczywiste pole powierzchni stożka	CEB [9.2.5]

$$\psi_{A,N} = A_{c,N}/A_{c,N0}$$

$\psi_{A,N} = 0,20$		Wsp. zależny od rozstawu kotwi i odległości od krawędzi	CEB [9.2.5]
$c = 190$	[mm]	Minimalna odległość kotwi od krawędzi	CEB [9.2.5]

$$\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 * c / c_{cr,N} \leq 1.0$$

$\psi_{s,N} = 0,84$		Wsp. zależny od odległości kotwi od krawędzi fundamentu	CEB [9.2.5]
$\psi_{ec,N} = 1,00$		Wsp. zależny od rozkładu sił rozciągających w kotwiach	CEB [9.2.5]

$$\psi_{re,N} = 0.5 + h_{ef}[mm]/200 \leq 1.0$$

$\psi_{re,N} = 1,00$		Wsp. zależny od zagęszczenia zbrojenia fundamentu	CEB [9.2.5]
----------------------	--	---	-------------

$\psi_{ucr,N} = 1,00$		Wsp. zależny stopnia zarysowania betonu	CEB [9.2.5]
-----------------------	--	---	-------------

$$\psi_{h,N} = (h/(2 * h_{ef}))^{2/3} \leq 1.2$$

$\psi_{h,N} = 1,20$		Wsp. zależny od wysokości fundamentu	CEB [9.2.5]
---------------------	--	--------------------------------------	-------------

$\gamma_{M,sp} = 2,16$		Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	CEB [3.2.3.1]
------------------------	--	---------------------------------------	---------------

$$F_{t,Rd,sp} = N_{Rk,c}^0 * \psi_{A,N} * \psi_{s,N} * \psi_{ec,N} * \psi_{re,N} * \psi_{ucr,N} * \psi_{h,N} / \gamma_{M,sp}$$

$F_{t,Rd,sp} = 24,53$	[kN]	Nośność obliczeniowa kotwi na rozsadzanie betonu	CEB [9.2.5]
-----------------------	------	--	-------------

NOŚNOŚĆ KOTWI NA ROZCIĄGANIE

$$F_{t,Rd} = \min(F_{t,Rd,s}, F_{t,Rd,p}, F_{t,Rd,c}, F_{t,Rd,sp})$$

$F_{t,Rd} = 15,50$	[kN]	Nośność kotwi na rozciąganie	
--------------------	------	------------------------------	--

ZGINANIE PŁYTY PODSTAWY

$l_{eff,1} = 228$	[mm]	Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 1 postaci zniszczenia	[6.2.6.5]
-------------------	------	---	-----------

$l_{eff,2} = 228$	[mm]	Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 2 postaci zniszczenia	[6.2.6.5]
-------------------	------	---	-----------

$m = 54$	[mm]	Odległość śruby od krawędzi usztywniającej	[6.2.6.5]
----------	------	--	-----------

$M_{pl,1,Rd} = 5,36$	[kN*m]	Nośność plastyczna płyty dla 1 postaci zniszczenia	[6.2.4]
----------------------	--------	--	---------

$M_{pl,2,Rd} = 5,36$	[kN*m]	Nośność plastyczna płyty dla 2 postaci zniszczenia	[6.2.4]
----------------------	--------	--	---------

$F_{T,1,Rd} = 397,82$	[kN]	Nośność płyty dla 1 postaci zniszczenia	[6.2.4]
-----------------------	------	---	---------

$F_{T,2,Rd} = 105,63$	[kN]	Nośność płyty dla 2 postaci zniszczenia	[6.2.4]
-----------------------	------	---	---------

$F_{T,3,Rd} = 31,01$	[kN]	Nośność płyty dla 3 postaci zniszczenia	[6.2.4]
----------------------	------	---	---------

$$F_{t,pl,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$$

$F_{t,pl,Rd} = 31,01$	[kN]	Nośność płyty przy rozciąganiu	[6.2.4]
-----------------------	------	--------------------------------	---------

NOŚNOŚĆ ŚRODNIKA SŁUPA PRZY ROZCIĄGANIU

$t_{wc} = 6$	[mm]	Grubość efektywna środnika słupa	[6.2.6.3.(8)]
--------------	------	----------------------------------	---------------

$b_{eff,t,wc} = 228$	[mm]	Szerokość efektywna środnika przy rozciąganiu	[6.2.6.3.(2)]
----------------------	------	---	---------------

$A_{vc} = 10,11$	[cm ²]	Pole powierzchni przy ścinaniu	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
------------------	--------------------	--------------------------------	------------------------

$\omega = 0,58$		Współczynnik redukcyjny przy interakcji ze ścinaniem	[6.2.6.3.(4)]
-----------------	--	--	---------------

$$F_{t,wc,Rd} = \omega * b_{eff,t,wc} * t_{wc} * f_{yc} / \gamma_{M0}$$

$F_{t,wc,Rd} = 155,62$	[kN]	Nośność środnika słupa	[6.2.6.3.(1)]
------------------------	------	------------------------	---------------

NOŚNOŚCI STOPY W STREFIE ROZCIĄGANEJ

$N_{j,Rd} = 31,01$	[kN]	Nośność stopy przy rozciąganiu osiowym	[6.2.8.3]
--------------------	------	--	-----------

KONTROLA NOŚNOŚCI POŁĄCZENIA

$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$	(6.24)	$0,56 < 1,00$	zweryfikowano	(0,56)
--------------------------------	--------	---------------	---------------	--------

ŚCINANIE

DOCISK ŚRUBY KOTWIĄCEJ DO PŁYTY PODSTAWY

Ścinanie siłą $V_{j,Ed,y}$

$\alpha_{d,y} = 1,36$		Wsp. położenia śrub w kierunku ścinania	[Tablica 3.4]
-----------------------	--	---	---------------

$\alpha_{b,y} = 1,00$		Wsp. do obliczeń nośności $F_{1,vb,Rd}$	[Tablica 3.4]
-----------------------	--	---	---------------

$k_{1,y} = 2,50$		Wsp. położenia śrub prostopadłe do kierunku ścinania	[Tablica 3.4]
------------------	--	--	---------------

$$F_{1,vb,Rd,y} = k_{1,y} * \alpha_{b,y} * f_{up} * d * t_p / \gamma_{M2}$$

$F_{1,vb,Rd,y} = 288,00$	[kN]	Nośność śruby kotwiącej na docisk do płyty podstawy	[6.2.2.(7)]
--------------------------	------	---	-------------

Ścinanie siłą $V_{j,Ed,z}$

$\alpha_{d,z} = 2,27$	Wsp. położenia śrub w kierunku ścinania	[Tablica 3.4]
$\alpha_{b,z} = 1,00$	Wsp. do obliczeń nośności $F_{1,vb,Rd}$	[Tablica 3.4]
$k_{1,z} = 2,50$	Wsp. położenia śrub prostopadłe do kierunku ścinania	[Tablica 3.4]

$$F_{1,vb,Rd,z} = k_{1,z} \cdot \alpha_{b,z} \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2}$$

$$F_{1,vb,Rd,z} = 288,00 \text{ [kN]} \quad \text{Nośność śruby kotwiącej na docisk do płyty podstawy} \quad [6.2.2.(7)]$$

ŚCIECIE ŚRUBY KOTWIĄCEJ

$\alpha_b = 0,37$	Wsp. do obliczeń nośności $F_{2,vb,Rd}$	[6.2.2.(7)]
$A_{vb} = 3,14 \text{ [cm}^2\text{]}$	Powierzchnia przekroju śruby	[6.2.2.(7)]
$f_{ub} = 400,00 \text{ [MPa]}$	Wytrzymałość materiału śruby na rozciąganie	[6.2.2.(7)]
$\gamma_{M2} = 1,25$	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[6.2.2.(7)]

$$F_{2,vb,Rd} = \alpha_b \cdot f_{ub} \cdot A_{vb} / \gamma_{M2}$$

$$F_{2,vb,Rd} = 37,00 \text{ [kN]} \quad \text{Nośność śruby na ściecie - bez efektu dźwigni} \quad [6.2.2.(7)]$$

$$\alpha_M = 2,00 \quad \text{Wsp. zależny od zamocowania kotwi w fundamencie} \quad \text{CEB [9.3.2.2]}$$

$$M_{Rk,s} = 0,23 \text{ [kN}\cdot\text{m]} \quad \text{Nośność charakterystyczna kotwi na zginanie} \quad \text{CEB [9.3.2.2]}$$

$$l_{sm} = 50 \text{ [mm]} \quad \text{Długość ramienia dźwigni} \quad \text{CEB [9.3.2.2]}$$

$$\gamma_{Ms} = 1,20 \quad \text{Częściowy współczynnik bezpieczeństwa} \quad \text{CEB [3.2.3.2]}$$

$$F_{v,Rd,sm} = \alpha_M \cdot M_{Rk,s} / (l_{sm} \cdot \gamma_{Ms})$$

$$F_{v,Rd,sm} = 7,76 \text{ [kN]} \quad \text{Nośność śruby na ściecie - z efektem dźwigni} \quad \text{CEB [9.3.1]}$$

WYWAŻANIE STOŻKA BETONU

$$N_{Rk,c} = 33,49 \text{ [kN]} \quad \text{Nośność obl. ze względu na wrywanie} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$k_3 = 2,00 \quad \text{Wsp. zależny długości zakotwienia} \quad \text{CEB [9.3.3]}$$

$$\gamma_{Mc} = 2,16 \quad \text{Częściowy współczynnik bezpieczeństwa} \quad \text{CEB [3.2.3.1]}$$

$$F_{v,Rd,cp} = k_3 \cdot N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$$

$$F_{v,Rd,cp} = 31,01 \text{ [kN]} \quad \text{Nośność betonu na wyważanie} \quad \text{CEB [9.3.1]}$$

ZNISZCZENIE KRAWĘDZI BETONU**Ścinanie siłą $V_{j,Ed,y}$**

$$V_{Rk,c,y}^0 = 181,10 \text{ [kN]} \quad \text{Nośność charakterystyczna kotwi} \quad \text{CEB [9.3.4.(a)]}$$

$$\psi_{A,V,y} = 0,64 \quad \text{Wsp. zależny od rozstawu kotwi i odległości od krawędzi} \quad \text{CEB [9.3.4]}$$

$$\psi_{h,V,y} = 1,00 \quad \text{Wsp. zależny od grubości fundamentu} \quad \text{CEB [9.3.4.(c)]}$$

$$\psi_{s,V,y} = 0,89 \quad \text{Wsp. wpływu krawędzi równoległych do siły ścinającej} \quad \text{CEB [9.3.4.(d)]}$$

$$\psi_{ec,V,y} = 1,00 \quad \text{Wsp. nierównomierności rozkładu siły ścinającej na kotwie} \quad \text{CEB [9.3.4.(e)]}$$

$$\psi_{\alpha,V,y} = 1,00 \quad \text{Wsp. zależny od kąta działania siły ścinającej} \quad \text{CEB [9.3.4.(f)]}$$

$$\psi_{ucr,V,y} = 1,00 \quad \text{Wsp. zależny od sposobu zbrojenia krawędzi fundamentu} \quad \text{CEB [9.3.4.(g)]}$$

$$\gamma_{Mc} = 2,16 \quad \text{Częściowy współczynnik bezpieczeństwa} \quad \text{CEB [3.2.3.1]}$$

$$F_{v,Rd,c,y} = V_{Rk,c,y}^0 \cdot \psi_{A,V,y} \cdot \psi_{h,V,y} \cdot \psi_{s,V,y} \cdot \psi_{ec,V,y} \cdot \psi_{\alpha,V,y} \cdot \psi_{ucr,V,y} / \gamma_{Mc}$$

$$F_{v,Rd,c,y} = 48,22 \text{ [kN]} \quad \text{Nośność betonu ze wzgl. na zniszczenie krawędzi} \quad \text{CEB [9.3.1]}$$

Ścinanie siłą $V_{j,Ed,z}$

$$V_{Rk,c,z}^0 = 171,89 \text{ [kN]} \quad \text{Nośność charakterystyczna kotwi} \quad \text{CEB [9.3.4.(a)]}$$

$$\psi_{A,V,z} = 0,69 \quad \text{Wsp. zależny od rozstawu kotwi i odległości od krawędzi} \quad \text{CEB [9.3.4]}$$

$$\psi_{h,V,z} = 1,00 \quad \text{Wsp. zależny od grubości fundamentu} \quad \text{CEB [9.3.4.(c)]}$$

$$\psi_{s,V,z} = 0,91 \quad \text{Wsp. wpływu krawędzi równoległych do siły ścinającej} \quad \text{CEB [9.3.4.(d)]}$$

$$\psi_{ec,V,z} = 1,00 \quad \text{Wsp. nierównomierności rozkładu siły ścinającej na kotwie} \quad \text{CEB [9.3.4.(e)]}$$

$$\psi_{\alpha,V,z} = 1,00 \quad \text{Wsp. zależny od kąta działania siły ścinającej} \quad \text{CEB [9.3.4.(f)]}$$

$$\psi_{ucr,V,z} = 1,00 \quad \text{Wsp. zależny od sposobu zbrojenia krawędzi fundamentu} \quad \text{CEB [9.3.4.(g)]}$$

$$\gamma_{Mc} = 2,16 \quad \text{Częściowy współczynnik bezpieczeństwa} \quad \text{CEB [3.2.3.1]}$$

$$F_{v,Rd,c,z} = V_{Rk,c,z}^0 \cdot \psi_{A,V,z} \cdot \psi_{h,V,z} \cdot \psi_{s,V,z} \cdot \psi_{ec,V,z} \cdot \psi_{\alpha,V,z} \cdot \psi_{ucr,V,z} / \gamma_{Mc}$$

$$F_{v,Rd,c,z} = 49,83 \text{ [kN]} \quad \text{Nośność betonu ze wzgl. na zniszczenie krawędzi} \quad \text{CEB [9.3.1]}$$

POŚLIZG STOPY

$$C_{f,d} = 0,30 \quad \text{Wsp. tarcia między płytą podstawy a betonem} \quad [6.2.2.(6)]$$

$$N_{c,Ed} = 0,00 \text{ [kN]} \quad \text{Siła ściskająca} \quad [6.2.2.(6)]$$

$$F_{f,Rd} = C_{f,d} \cdot N_{c,Ed}$$

$$F_{f,Rd} = 0,00 \text{ [kN]} \quad \text{Nośność na poślizg} \quad [6.2.2.(6)]$$

KONTROLA ŚCINANIA

$$V_{j,Rd,y} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,y}) + F_{f,Rd}$$

$$V_{j,Rd,y} = 15,51 \text{ [kN]} \quad \text{Nośność połączenia na ścinanie} \quad \text{CEB [9.3.1]}$$

$$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1,0 \quad 0,00 < 1,00 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,00)$$

$V_{j,Rd,z} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,z}) + F_{f,Rd}$			
$V_{j,Rd,z} = 15,51$ [kN]	Nośność połączenia na ścinanie		CEB [9.3.1]
$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$	$0,22 < 1,00$	zweryfikowano	(0,22)
$V_{i,Ed,y} / V_{i,Rd,y} + V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$	$0,22 < 1,00$	zweryfikowano	(0,22)

KONTROLA ŻEBER

Żebro równoległe do środka (na przedłużeniu środka słupa)

$M_1 = 0,00$ [kN*m]	Moment zginający żebro		
$Q_1 = 0,00$ [kN]	Siła ścinająca żebro		
$z_s = 23$ [mm]	Położenie osi obojętnej (od podstawy płyty)		
$I_s = 636,58$ [cm ⁴]	Moment bezwładności żebra		
$\sigma_d = 0,00$ [MPa]	Naprężenie normalne na styku żebra i płyty	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]	
$\sigma_g = 0,00$ [MPa]	Naprężenie normalne w górnych włóknach	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]	
$\tau = 0,00$ [MPa]	Naprężenie styczne w żębrze	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]	
$\sigma_z = 0,00$ [MPa]	Naprężenie zastępcze na styku żebra i płyty	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]	
$\max(\sigma_g, \tau / (0.58), \sigma_z) / (f_{yp}/\gamma_{M0}) \leq 1.0$ (6.1)	$0,00 < 1,00$	zweryfikowano	(0,00)

SPOINY MIĘDZY SŁUPEM I PŁYTĄ PODSTAWY

$\sigma_{\perp} = 3,65$ [MPa]	Naprężenie normalne w spoinie		[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} = 3,65$ [MPa]	Naprężenie styczne prostopadłe		[4.5.3.(7)]
$\tau_{yII} = 0,02$ [MPa]	Naprężenie styczne równoległe do $V_{j,Ed,y}$		[4.5.3.(7)]
$\tau_{zII} = 2,01$ [MPa]	Naprężenie styczne równoległe do $V_{j,Ed,z}$		[4.5.3.(7)]
$\beta_W = 0,80$	Współczynnik zależny od wytrzymałości		[4.5.3.(7)]
$\sigma_{\perp} / (0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}) \leq 1.0$ (4.1)	$0,01 < 1,00$	zweryfikowano	(0,01)
$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{yII}^2 + \tau_{zII}^2))} / (f_u / (\beta_W \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)	$0,02 < 1,00$	zweryfikowano	(0,02)
$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{zII}^2 + \tau_{\perp}^2))} / (f_u / (\beta_W \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)	$0,02 < 1,00$	zweryfikowano	(0,02)

SPOINY PIONOWE ŻEBER

Żebro równoległe do środka (na przedłużeniu środka słupa)

$\sigma_{\perp} = 0,00$ [MPa]	Naprężenie normalne w spoinie		[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} = 0,00$ [MPa]	Naprężenie styczne prostopadłe		[4.5.3.(7)]
$\tau_{II} = 0,00$ [MPa]	Naprężenie styczne równoległe		[4.5.3.(7)]
$\sigma_z = 0,00$ [MPa]	Sumaryczne naprężenie zastępcze		[4.5.3.(7)]
$\beta_W = 0,80$	Współczynnik zależny od wytrzymałości		[4.5.3.(7)]
$\max(\sigma_{\perp}, \tau_{II} \cdot \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_W \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)	$0,00 < 1,00$	zweryfikowano	(0,00)

SPOINY POZIOME ŻEBER

Żebro równoległe do środka (na przedłużeniu środka słupa)

$\sigma_{\perp} = 0,00$ [MPa]	Naprężenie normalne w spoinie		[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} = 0,00$ [MPa]	Naprężenie styczne prostopadłe		[4.5.3.(7)]
$\tau_{II} = 0,02$ [MPa]	Naprężenie styczne równoległe		[4.5.3.(7)]
$\sigma_z = 0,03$ [MPa]	Sumaryczne naprężenie zastępcze		[4.5.3.(7)]
$\beta_W = 0,80$	Współczynnik zależny od wytrzymałości		[4.5.3.(7)]
$\max(\sigma_{\perp}, \tau_{II} \cdot \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_W \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)	$0,00 < 1,00$	zweryfikowano	(0,00)

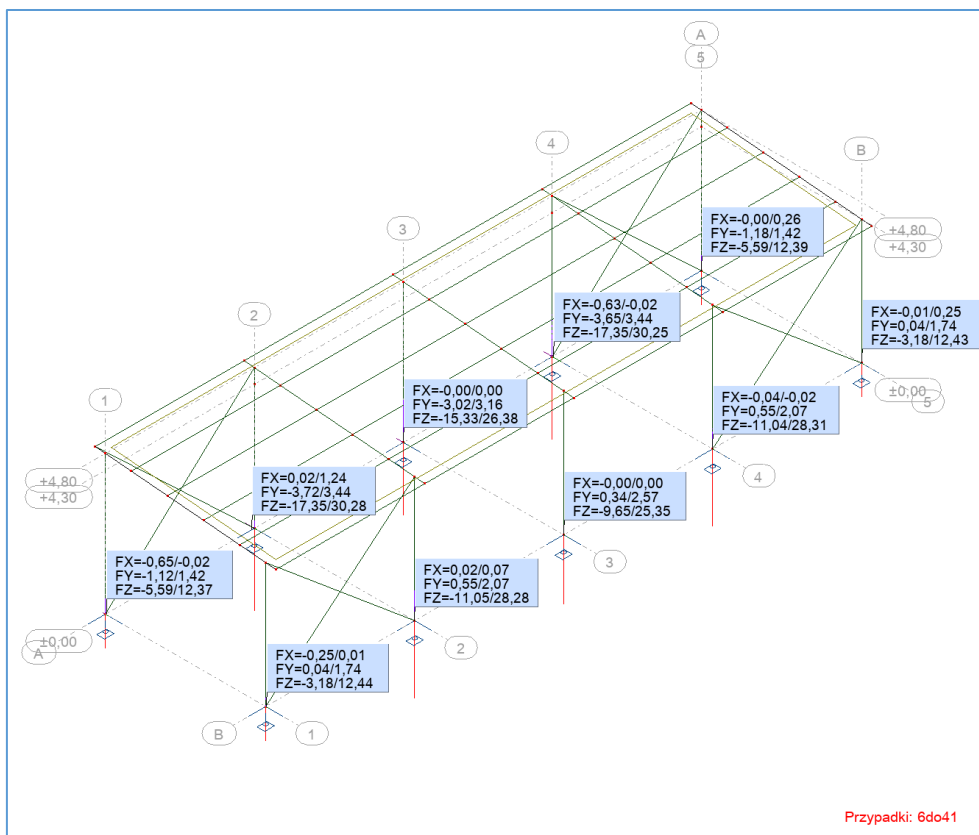
NAJSŁABSZY KOMPONENT:

FUNDAMENT NA WYRYWANIE STOŻKA BETONU

Połączenie zgodne z normą Proporcja 0,56

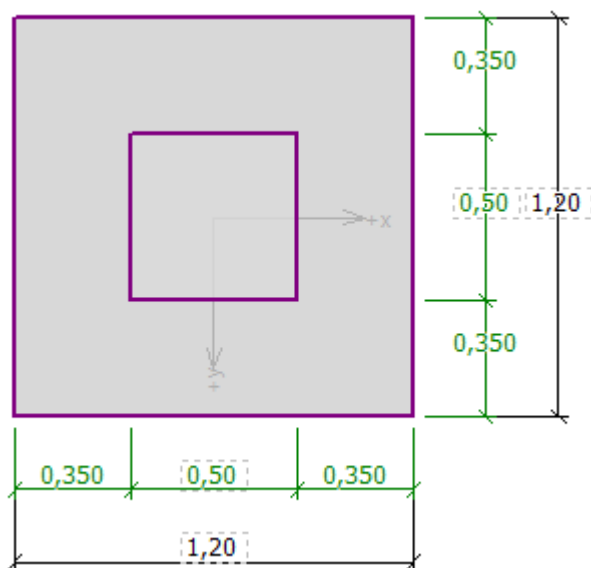
9. Weryfikacja fundamentów

Zrzut reakcji podporowych dla projektowanej wiaty:



Wymiarowanie stopy fundamentowej (najbardziej niekorzystny przypadek):

Wymiary i kształt fundamentu:



Weryfikacja SGN

Sprawdzenie nośności fundamentu - 1.SG
Sprawdzenie nośności pionowej

Kształt naprężenia kontaktowego : prostokątny

Najniekorzystniejszy stan obciążeniowy nr 1. (Siła Nr 1)

Nośność obliczeniowa podłoża fundamentowego $R_d = 585,12 \text{ kPa}$

Maksymalne naprężenie kontaktowe $\sigma = 48,32 \text{ kPa}$

Współczynnik bezpieczeństwa = $12,11 > 1,50$

Nośność pionowa SPEŁNIA WYMAGANIA

Analiza mimośrodów obciążenia

Maks. mimośród w kierunku długości fundamentu $e_x = 0,006 < 0,333$

Maks. mimośród w kierunku szerokości fundamentu $e_y = 0,019 < 0,333$

Maks. mimośród przestrzenny $e_t = 0,020 < 0,333$

Mimośród obciążenia fundamentu SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie nośności poziomej

Najniekorzystniejszy stan obciążeniowy nr 1. (Siła Nr 1)

Nośność pozioma fundamentu $R_{dh} = 40,19 \text{ kN}$

Maksymalna siła pozioma $H = 3,92 \text{ kN}$

Współczynnik bezpieczeństwa = $10,25 > 1,50$

Nośność pozioma SPEŁNIA WYMAGANIA

Nośność fundamentu SPEŁNIA WYMAGANIA

Weryfikacja SGU

Osiadanie i obrót fundamentu - wyniki

Sztywność fundamentu:

Średni moduł odkształcenia $E_{def} = 34,65 \text{ MPa}$

Fundament jest sztywny w kierunku podłużnym ($k=33,14$)

Fundament jest sztywny w kierunku poprzecznym ($k=33,14$)

Analiza mimośrodów obciążenia

Maks. mimośród w kierunku długości fundamentu $e_x = 0,005 < 0,333$

Maks. mimośród w kierunku szerokości fundamentu $e_y = 0,016 < 0,333$

Maks. mimośród przestrzenny $e_t = 0,017 < 0,333$

Mimośród obciążenia fundamentu SPEŁNIA WYMAGANIA

Całkowite osiadanie i obrót fundamentu:

Osiadanie fundamentu = $0,1 \text{ mm}$

Głębokość aktywna = $0,70 \text{ m}$

Obrót w kierunku x = $0,011 (\tan^*1000)$; ($6,0E-04 \text{ }^\circ$)

Obrót w kierunku y = $0,037 (\tan^*1000)$; ($2,1E-03 \text{ }^\circ$)

Wymiarowanie zbrojenia:

- przyjęto zbrojenie dolne stopy fundamentowej obu kierunkach: #12 co 15cm
- zbrojenie trzonu: 12 #12 (po 4 na każdym boku)
- przed wykonaniem fundamentów należy osadzić kosze kotwowe umożliwiające montaż konstrukcji stalowej

C) OBIEKT NR KP-1 – Komora przyłączeniowo-pomiarowa

1. Model obliczeniowy konstrukcji

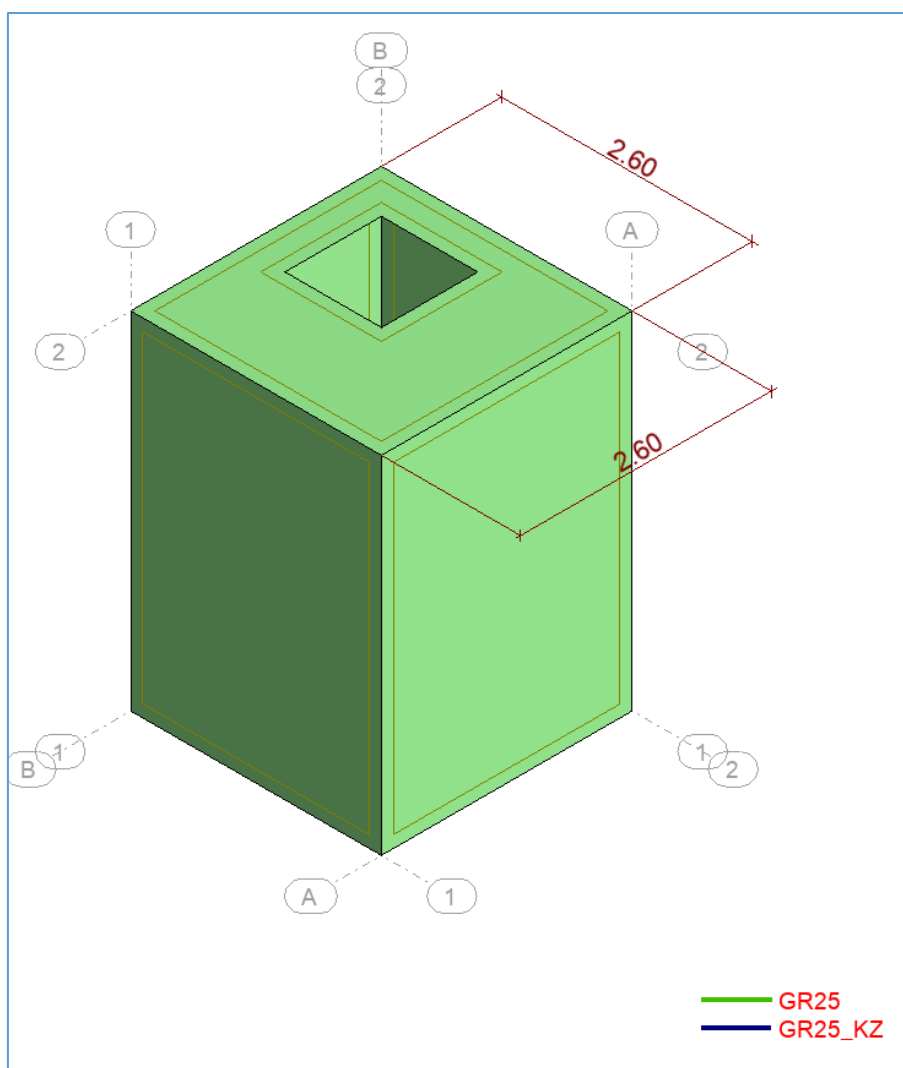
Model obliczeniowy konstrukcji komory przyłączeniowej został stworzony w programie Autodesk Robot. Do obliczeń przyjęto posadowienie obiektu na podsypce z pospółki zagęszczonej do $I_s=0,98$. Warstwę podsypki wykonano na gruncie rodzimym warstwy IA – piaski drobne (przyjęto najbardziej niekorzystny grunt) zgodnie z otworem geologicznym nr 6 i 7. Przyjęto obsypkę gruntem rodzimym układanym warstwami w postaci warstwy IIB – piaski średnie.

Wszystkie przerwy robocze w betonowaniu należy zabezpieczać systemowymi taśmami oraz blachami bentonitowymi w celu zapewnienia szczelności.

Założenia główne:

- Beton: C35/45 W10 F150
- Stal zbrojeniowa: A-IIIN (B500SP)
- Klasa ekspozycji: XA3 – środowisko agresywne chemicznie
- Otulina zbrojenia: 5cm

Widok modelu obliczeniowego:



2. Zestawienie obciążeń

- Obciążenie parciem ścieków:
 - W punkcie najwyższym

$$g_{w,0} = \frac{10,80kN}{m^3} * 0m = 0kN/m^2$$

- na dnie komory

$$g_{w,4.70} = \frac{10,80kN}{m^3} * 3,35m = 36,18kN/m^2$$

- Obciążenie parciem gruntu:

Współczynnik parcia gruntu

- parcie czynne

$$K_{agh} = K_{aph} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 0,380$$

- parcie spoczynkowe

$$K_{0gh} = K_{0ph} = 1 - \sin \varphi = 0,540$$

Zwiększone parcie czynne (parcie pośrednie e'_a)

$$K'_{agh} = K'_{pph} = \mu K_{agh} + (1 - \mu) K_{0gh} = 0,595$$

Parcie gruntu od jego ciężaru własnego

- Na poziomie terenu

$$e'_{agh} = K'_{agh} \gamma z = 0,595 * \frac{19,00kN}{m^3} * 0m = 0kN/m^2$$

- Na dnie komory

$$e'_{agh1} = K'_{agh} \gamma z = 0,595 * \frac{19,00kN}{m^3} * 3,35m = 37,90kN/m^2$$

Parcie gruntu od obciążenia naziomu

Przyjęto naziom w pobliżu komory równy 10kPa

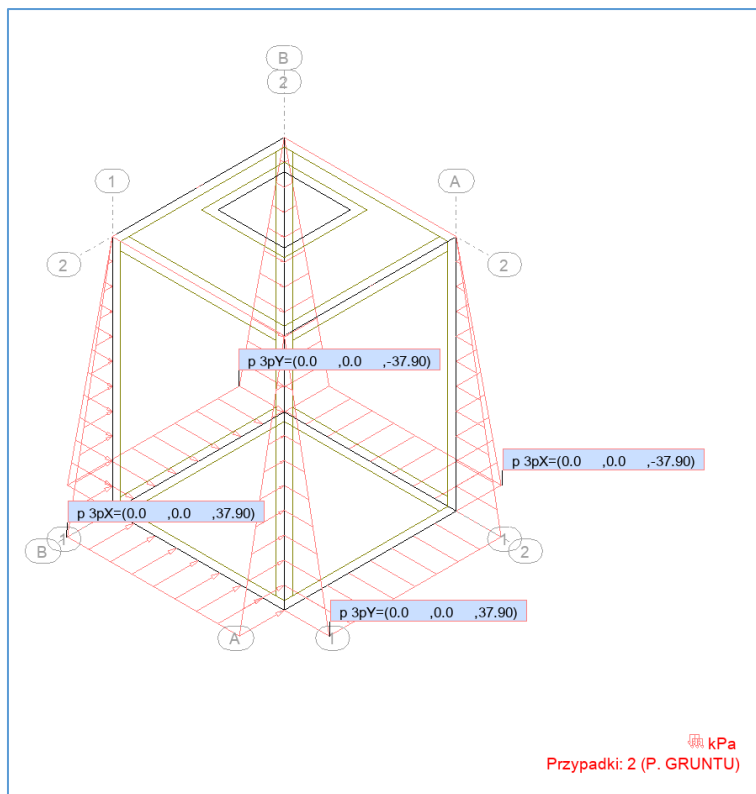
$$e'_{aph} = K'_{aph} q = 0,595 * 10 \frac{kN}{m} = 6,00kN/m^2$$

3. Obciążenia w modelu obliczeniowym

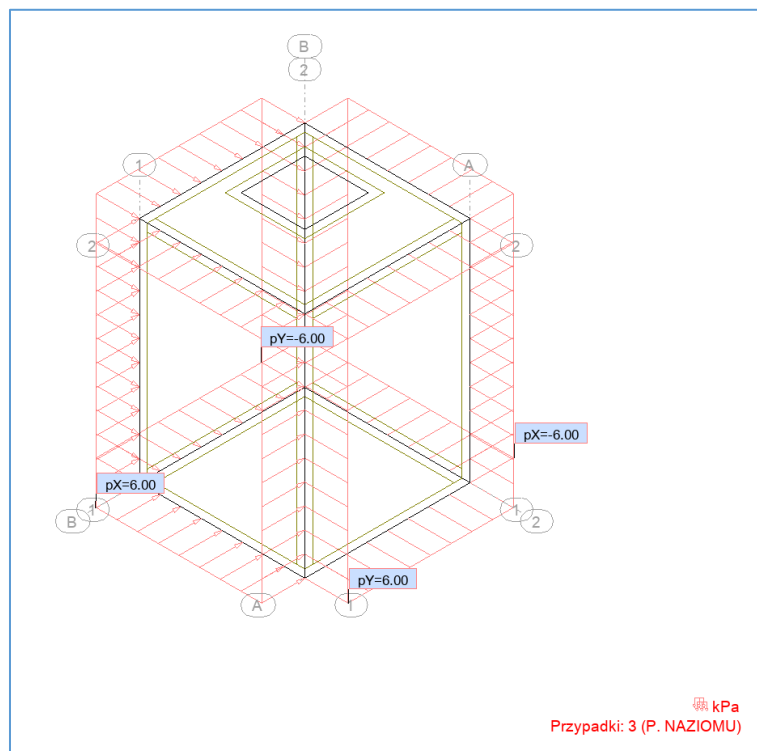
- Obciążenie ciężarem własnym

Obciążenie ciężarem własnym zostało automatycznie uwzględnione w modelu obliczeniowym.

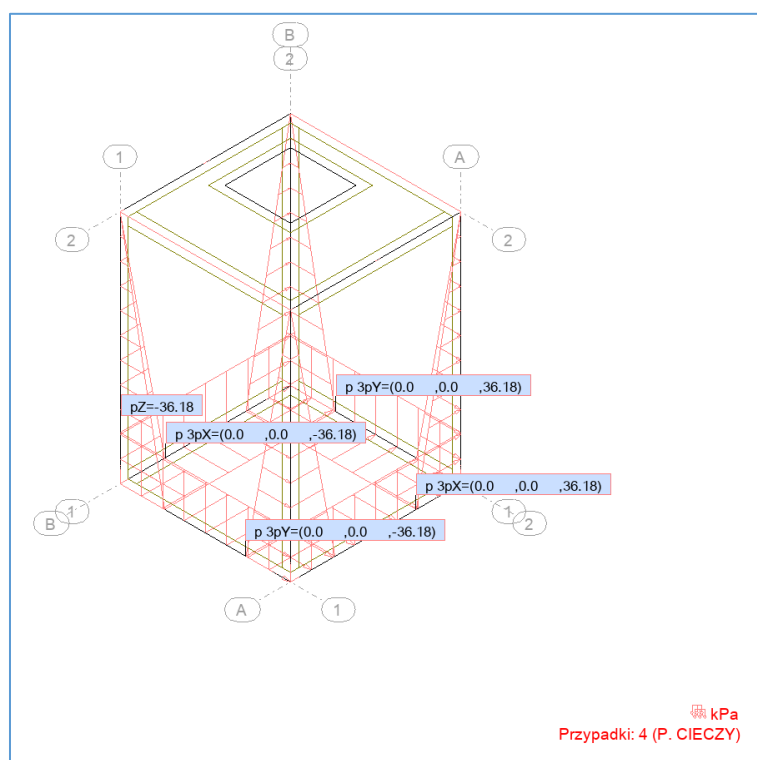
- Obciążenie parciem gruntu:



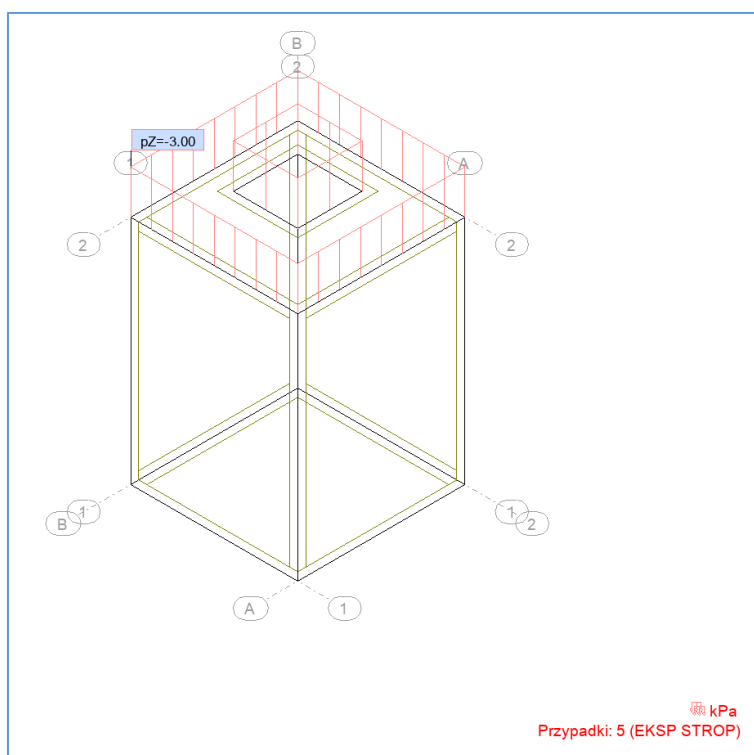
- Obciążenie naziomu:



- Obciążenie parciem cieczy:



- Obciążenie dodatkowe płyty



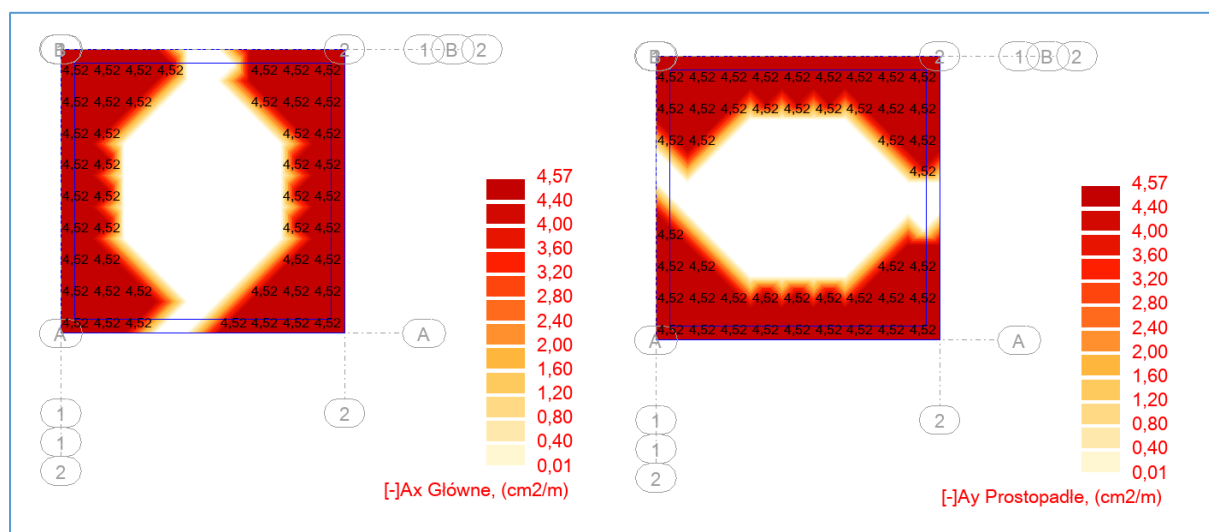
4. Kombinacje obciążeń

Kombinacja	Nazwa	Typ analizy	Typ kombi	Natura przypadku	Definicja
6 (K)	KOMB1	Kombinacja liniowa	SGN	Konstrukcyjn	$(1+2)*1.35+3*1.50$
7 (K)	KOMB2	Kombinacja liniowa	SGN	Konstrukcyjn	$1*1.35+4*1.50$
8 (K)	KOMB3	Kombinacja liniowa	SGN	Konstrukcyjn	$1*1.35+(4+5)*1.50$
9 (K)	KOMB4	Kombinacja liniowa	SGN	Konstrukcyjn	$(1+2)*1.35+(3+4+5)*1.50$
10 (K)	KOMB5	Kombinacja liniowa	SGU:Q	Konstrukcyjn	$(1+2+3)*1.00$
11 (K)	KOMB6	Kombinacja liniowa	SGU:Q	Konstrukcyjn	$(1+4)*1.00$
12 (K)	KOMB7	Kombinacja liniowa	SGU:Q	Konstrukcyjn	$(1+4+5)*1.00$
13 (K)	KOMB8	Kombinacja liniowa	SGU:Q	Konstrukcyjn	$(1+2+3+4+5)*1.00$

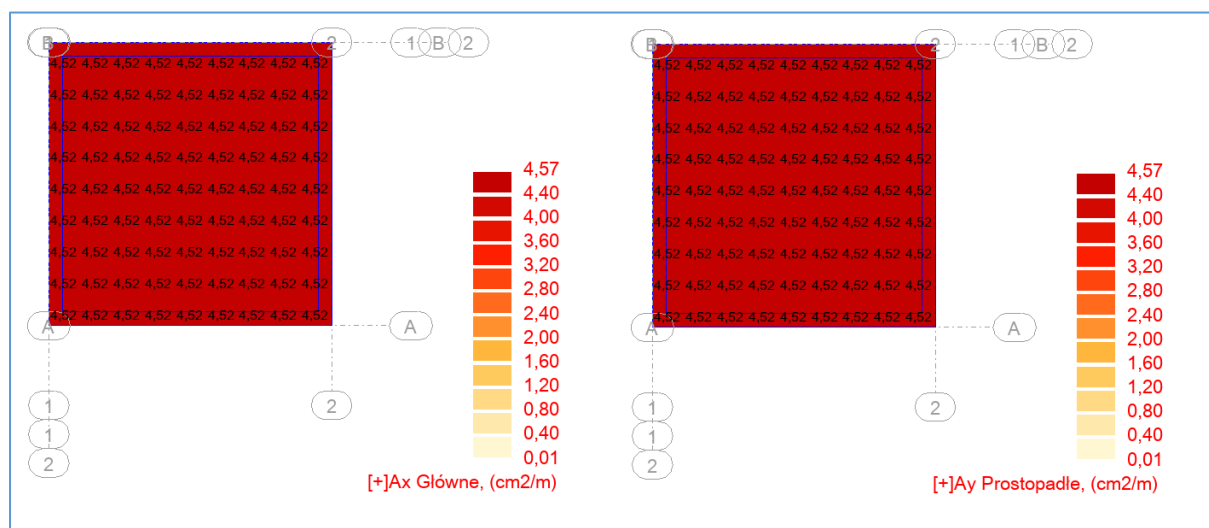
5. Mapy wymaganych powierzchni zbrojenia

a) płyta fundamentowa:

mapy wymaganego zbrojenia dolnego w kierunku x-x oraz y-y:



mapy wymaganego zbrojenia górnego w kierunku x-x oraz y-y:



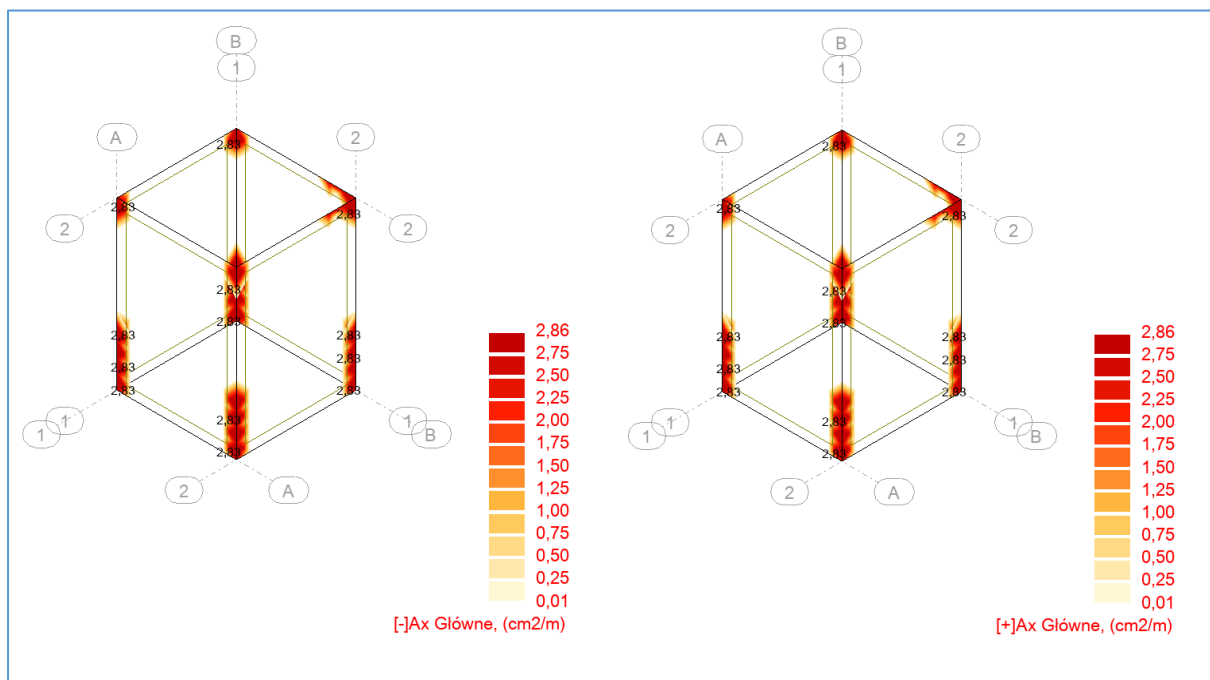
Przyjęto zbrojenie płyty fundamentowej:

zbrojenie dolne i górne płyty w obu kierunkach:

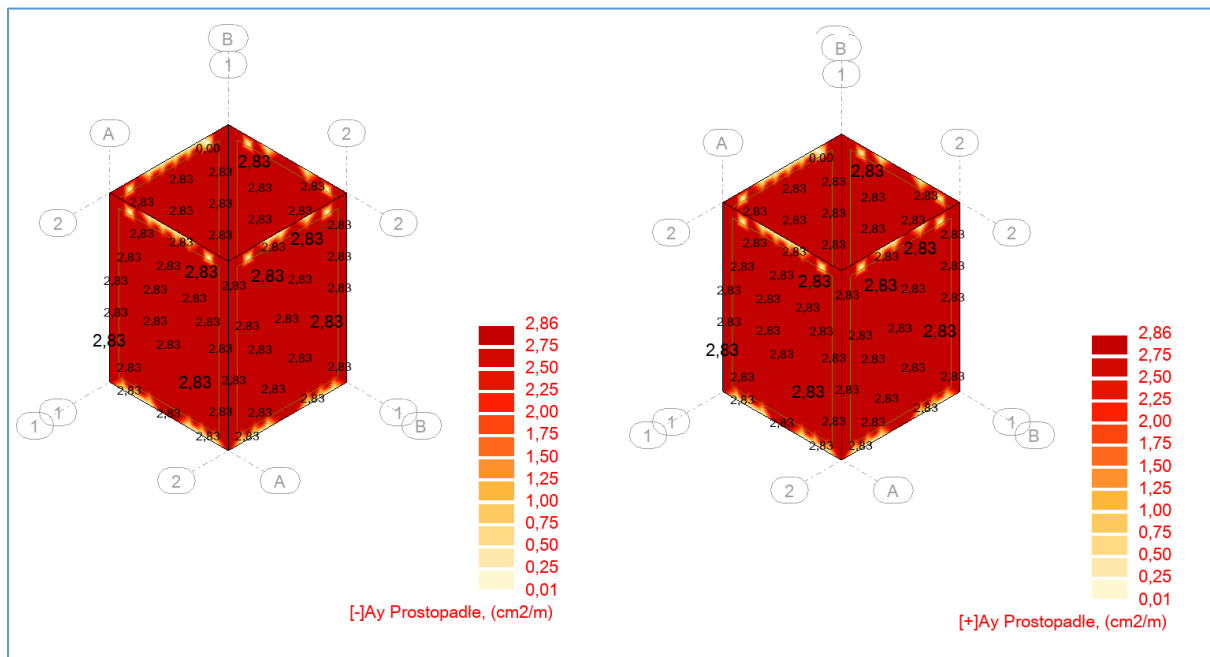
#12 co 15cm

b) ściany pionowe:

mapy wymaganego zbrojenia poziomego w warstwie zewnętrznej i wewnętrznej:



mapy wymaganego zbrojenia pionowego w warstwie wewnętrznej i zewnętrznej:

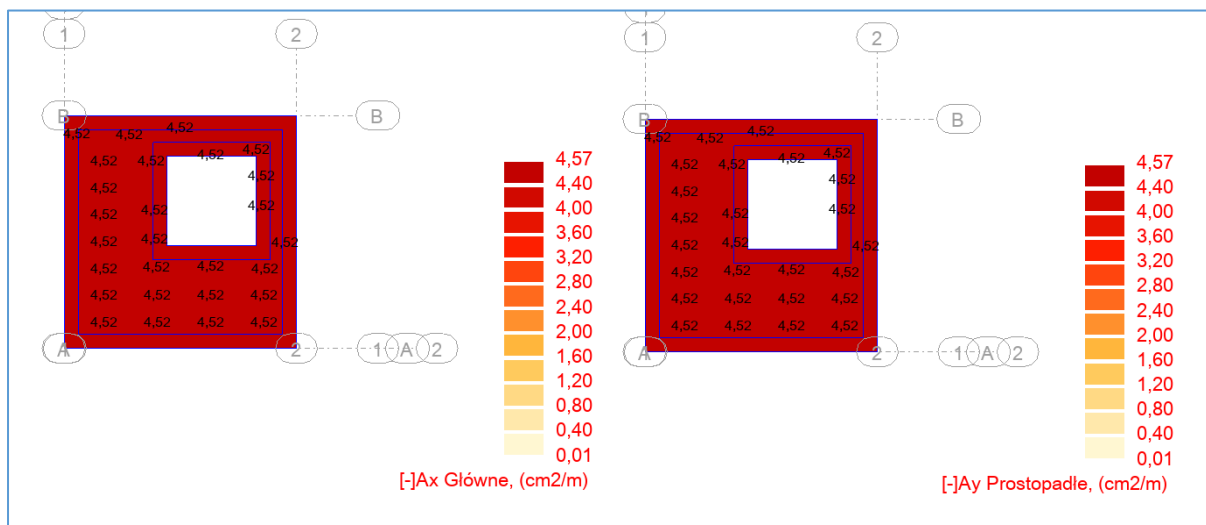


Przyjęto zbrojenie ścian pionowych:

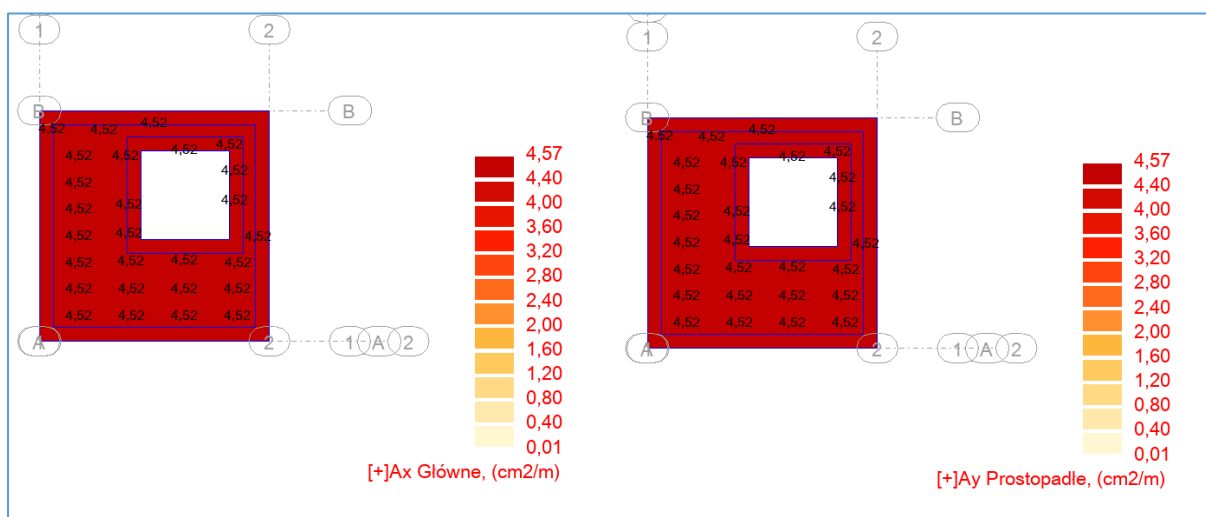
- zbrojenie pionowe wewnętrzne oraz zewnętrzne: #12 co 15cm
- zbrojenie poziome wewnętrzne i zewnętrzne: #12 co 20cm

c) płyta stropowa:

mapy wymaganego zbrojenia dolnego w kierunku x-x oraz y-y:



mapy wymaganego zbrojenia górnego w kierunku x-x oraz y-y:

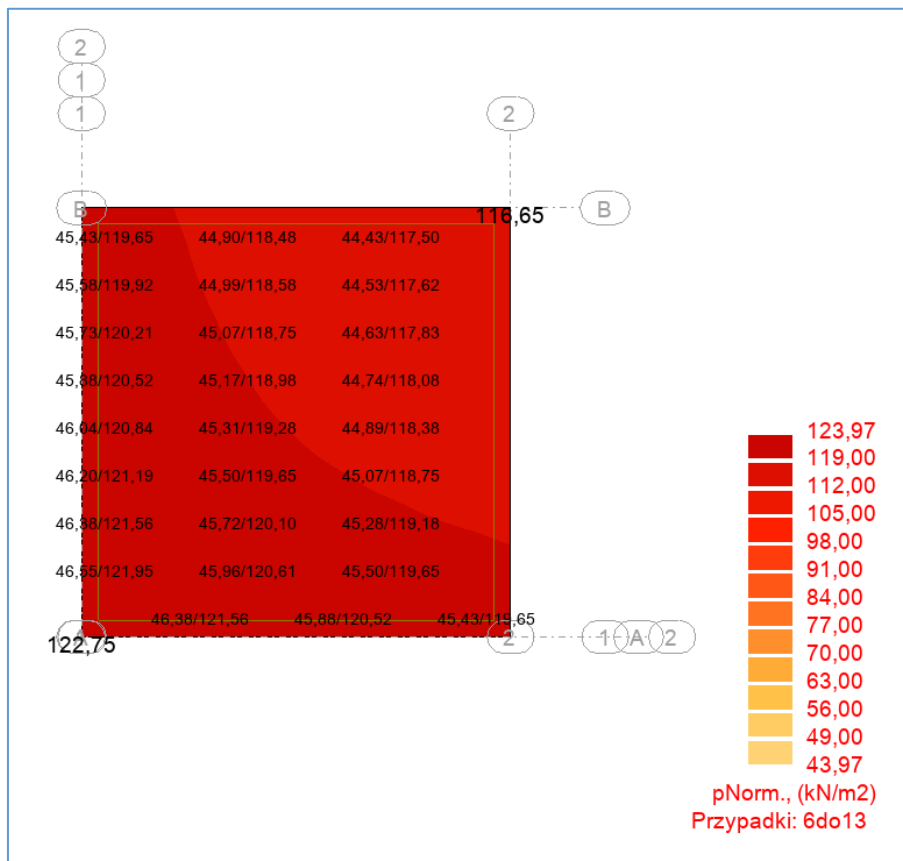


Przyjęto zbrojenie płyty stropowej:

- zbrojenie dolne w obu kierunkach: #12 co 15cm
- zbrojenie górne w obu kierunkach: #12 co 15cm

6. Weryfikacja nośności podłoża pod płytą fundamentową

Przyjęto posadowienie na pospółce zagęszczonej do $I_s=0,98$. Zgodnie z literaturą fachową pospółka taka posiada nośność na poziomie 250 – 300kPa. Po wykonaniu wykopu i podbudowy pod zbiornik, wykop oraz podbudowa powinny zostać odebrane przez uprawnionego geologa.



Maksymalne naprężenia w gruncie pod płytą fundamentową wyniosą 122,75kPa. Warunek nośności podłoża został spełniony.

koniec obliczeń