

## 8. Obliczenia statyczne.

### Wykaz wykorzystanych norm i dokumentów

W obliczeniach wykorzystano następujące normy:

- [1] PN-82/B-02000 Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości.
- [2] PN-82/B-02001 Obciążenia budowli. Obciążenia stałe.
- [3] PN-82/B-02003 Obciążenia budowli. Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe.
- [4] PN-77/B-02011 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem.
- [5] PN-80/B-02010 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem.
- [6] PN-81/B-03020 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [7] PN-B-03264:2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [8] PN-90/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.

### Zestawienie obciążeń

#### Obciążenia stałe

charakterystyczne      $\gamma_f$      obliczeniowe

#### Istniejące warstwy dachowe nad salą gimnastyczną

- 5 x papa	0,25	1,30	0,33
- wełna mineralna twarda gr. 20 cm 0,200 m x 1,70 kN/m <sup>3</sup> =	0,34	1,20	0,41
- blacha trapezowa konstrukcyjna 0,150 m x 1,00 kN/m <sup>3</sup> =	0,15	1,30	0,20
	0,74 kN/m <sup>2</sup>		0,60 kN/m <sup>2</sup>

#### Istniejące warstwy dachowe nad częścią socialno-biurową

- 5 x papa	0,25	1,30	0,33
- wełna mineralna twarda gr. 20 cm 0,200 m x 1,70 kN/m <sup>3</sup> =	0,34	1,20	0,41
- blacha trapezowa konstrukcyjna 0,150 m x 1,00 kN/m <sup>3</sup> =	0,15	1,30	0,20
- sufit podwieszony 0,050 m x 1,00 kN/m <sup>3</sup> =	0,05	1,30	0,07
	0,79 kN/m <sup>2</sup>		0,67 kN/m <sup>2</sup>

**Strop nad pierwszą kondygnacją**

- linoleum 0,003 m x 12,00 kN/m <sup>3</sup> =	0,04	1,30	0,05
- szlichta gr. 5 cm 0,050 m x 21,00 kN/m <sup>3</sup> =	1,05	1,30	1,37
- płyta pilśniowa miękka gr. 1 cm 0,010 m x 5,00 kN/m <sup>3</sup> =	0,05	1,30	0,07
- płyty żelbetowe o szerokości 150 cm gr. 12 cm 0,120 m x 25,00 kN/m <sup>3</sup> =	3,00	1,10	3,30
- sufit podwieszony 0,050 m x 1,00 kN/m <sup>3</sup> =	0,05	1,30	0,07
	4,19 kN/m <sup>2</sup>		4,80 kN/m <sup>2</sup>

**Proponowane warstwy dachowe w systemie ICOPAL FIRE PROTECTION AT-15-7346/2016 nad salą gimnastyczną**

- membrana PCV	0,060	1,30	0,078
- welon szklany 120g/m <sup>2</sup>	0,005	1,30	0,007
- styropian Icopal Roof EPS 100 gr. 25 cm 0,250 m x 0,45 kN/m <sup>3</sup> =	0,113	1,20	0,135
- paroizolacja PE gr. 0,2 mm 0,005 m x 1,00 kN/m <sup>3</sup> =	0,005	1,30	0,007
- blacha t160	0,200	1,30	0,260
	0,38 kN/m <sup>2</sup>		0,41 kN/m <sup>2</sup>

**Proponowane warstwy dachowe w systemie ICOPAL FIRE PROTECTION AT-15-7346/2016 nad częścią socialno-biurową**

- membrana PCV	0,060	1,30	0,078
- welon szklany 120g/m <sup>2</sup>	0,005	1,30	0,007
- styropian Icopal Roof EPS 100 gr. 25 cm 0,250 m x 0,45 kN/m <sup>3</sup> =	0,113	1,20	0,135
- paroizolacja PE gr. 0,2 mm 0,005 m x 1,00 kN/m <sup>3</sup> =	0,005	1,30	0,007
- blacha t160	0,200	1,30	0,260
- sufit podwieszony 0,050 m x 1,00 kN/m <sup>3</sup> =	0,050	1,30	0,065
	0,43 kN/m <sup>2</sup>		0,47 kN/m <sup>2</sup>

Obciążenie charakterystyczne od ścian działowych na piętrze z dwóch płyty gipsowych na stelażu blaszanym z wypełnieniem z wełny mineralnej miękkiej przyjęto 0,84 kN/m<sup>2</sup>,  $\gamma_f=1,3$ .

Obciążenie charakterystyczne od central wentylacyjnych umieszczonych na dachu między osiami B/C przy osi 1 przyjęto 20 kN,  $\gamma_f=1,3$ .

Obciążenie charakterystyczne podwieszane do blachy trapezowej T160 przyjęto  $0,20 \text{ kN/m}^2$ ,  $\gamma_f=1,3$ .

### Obciążenia zmienne

#### Obciążenie śniegiem

- obc. Śnieg	0,720	1,50	1,080
- obc. Śnieg wórek śnieżny	1,200	1,50	1,800

#### Obciążenie wiatrem dach

- obc. Wiatr dach odcinek a	-0,430	1,50	-0,645
- obc. Wiatr dach odcinek b	-0,210	1,50	-0,315

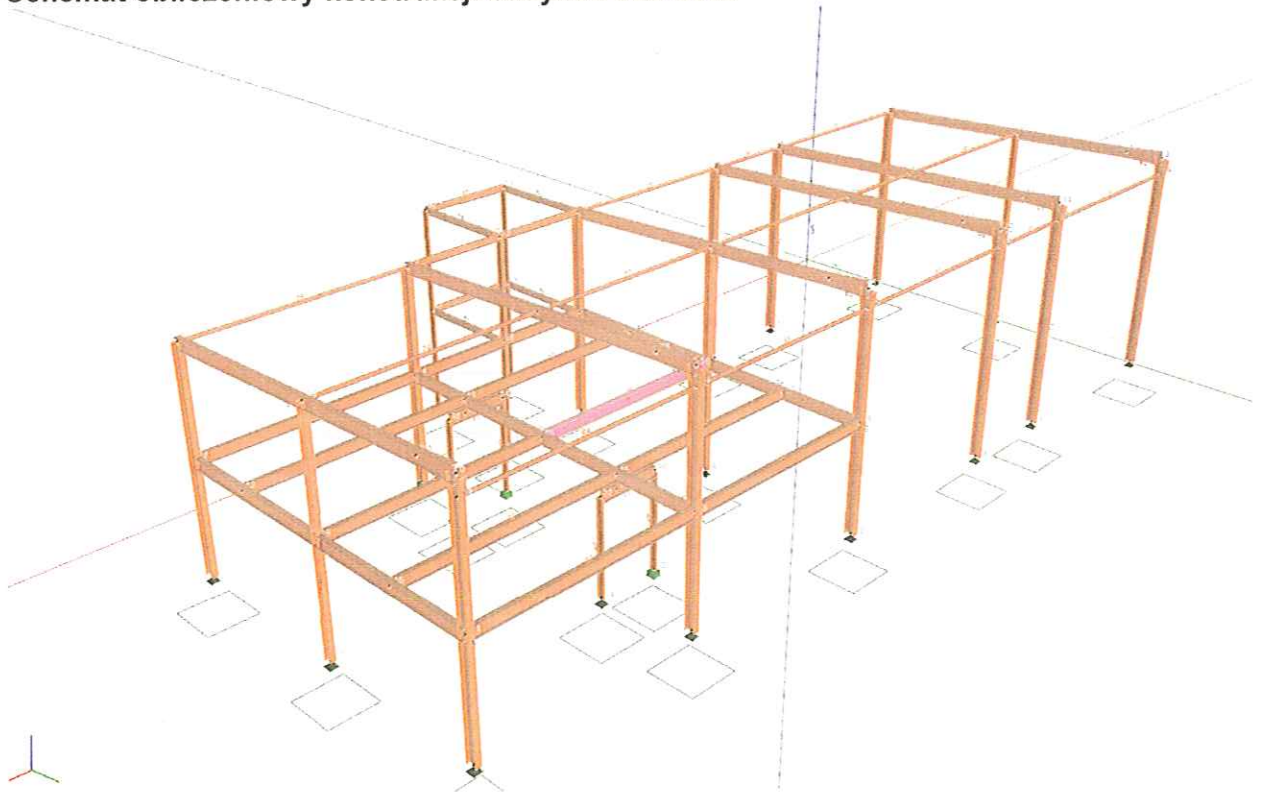
#### Obciążenie wiatrem ściany przypadek 1

- obc. Wiatr powierzchnia nawietrzna	0,330	1,50	0,495
- obc. Wiatr powierzchnia nawietrzna	-0,190	1,50	-0,285
- obc. Wiatr powierzchnia boczna	-0,330	1,50	-0,495

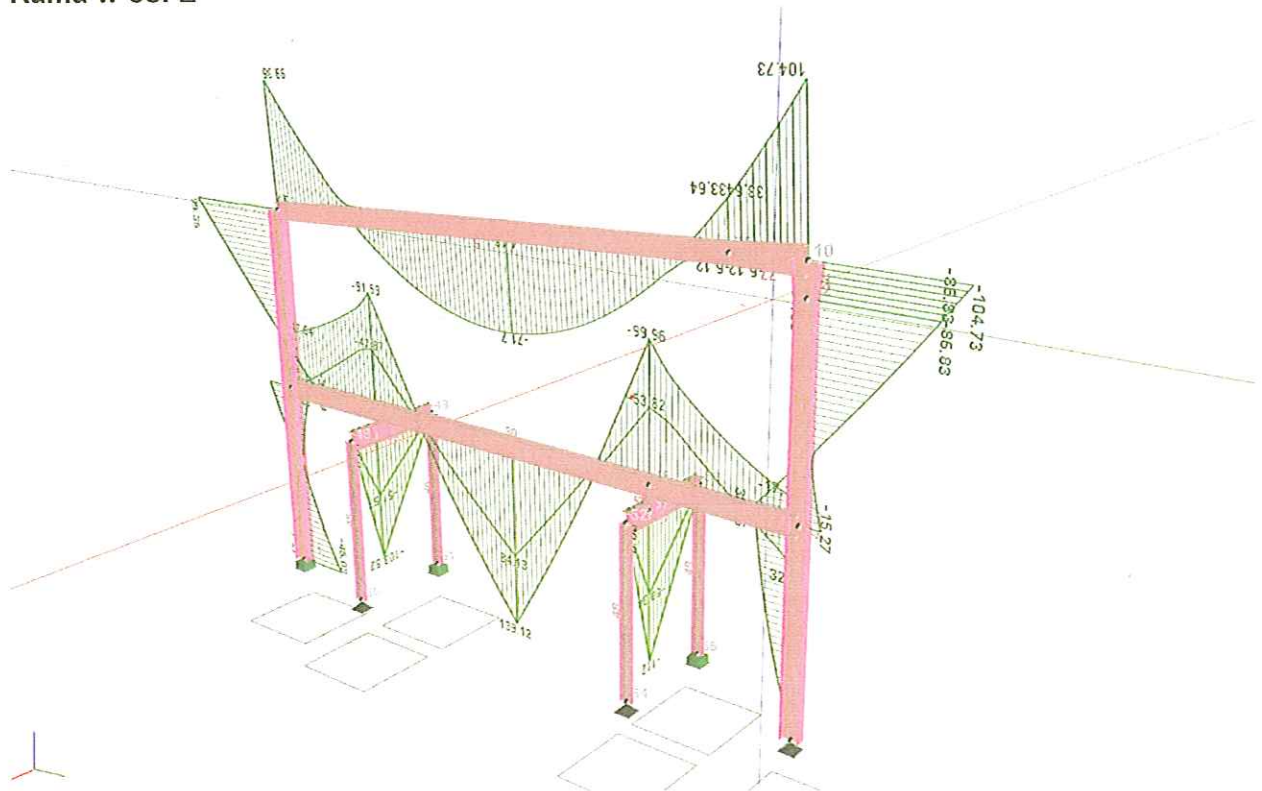
#### Obciążenie wiatrem ściany przypadek 2

- obc. Wiatr powierzchnia nawietrzna	0,330	1,50	0,495
- obc. Wiatr powierzchnia nawietrzna	-0,140	1,50	-0,210
- obc. Wiatr powierzchnia boczna	-0,240	1,50	-0,360

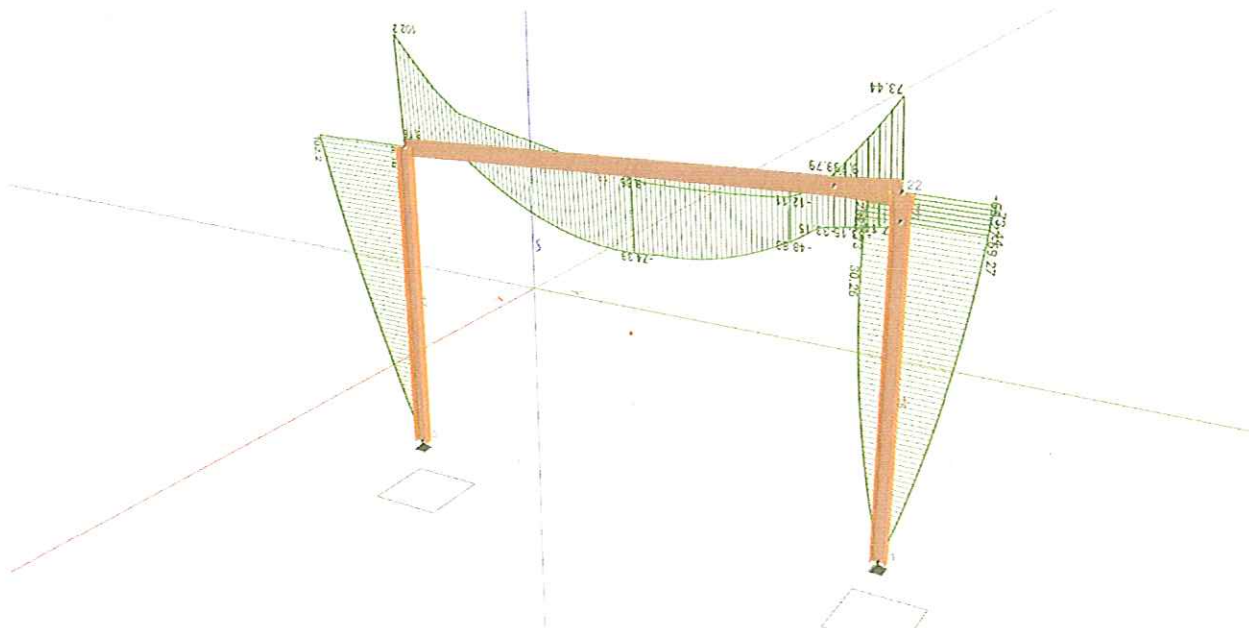
### Schemat obliczeniowy konstrukcji budynku stal St3S



Rama w osi E



Nr pręta:	Grupa:	Przekrój:	Warunek decydujący:	Nośność:	Kombinacja obc.
30	rygiel stropowy 1	3 - S 300x200x12x12	Naprężenia (Tab. 5)	0,998	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> $1,1 \cdot CW + C1 + 1,1 \cdot Cs + \gamma_{f1} \cdot Dc + 1,25 \cdot In + 1,3 \cdot (Sd + St) + 1,5 \cdot Sn + 1,3 \cdot U + 1,5 \cdot W3$
7	s3upy 1	6 - I 300X200X10	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,997	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> $1,1 \cdot CW + 1,3 \cdot C1 + 1,1 \cdot Cs + \gamma_{f1} \cdot Dc + 1,25 \cdot In + 1,3 \cdot (Sd + St) + 1,5 \cdot Sn + 1,3 \cdot U + 1,5 \cdot W3$
47	wymian na ramie	3 - S 300x200x12x12	Środek pod obc. skup.	0,954	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> $1,1 \cdot CW + C1 + 1,1 \cdot Cs + Dc + 1,25 \cdot In + 1,3 \cdot (Sd + St) + 1,3 \cdot U + 1,5 \cdot (W1 + W2)$
8	slup 3	6 - I 300X200X10	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,914	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> $1,1 \cdot CW + 1,3 \cdot C1 + Cs + \gamma_{f1} \cdot Dc + In + Sd + St + 1,5 \cdot (Sn + W3)$
44	wymian na ramie	3 - S 300x200x12x12	Środek pod obc. skup.	0,862	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> $1,1 \cdot CW + 1,3 \cdot C1 + 1,1 \cdot Cs + Dc + In + 1,3 \cdot (Sd + St) + 1,3 \cdot U + 1,5 \cdot W3$
48	s3up ipn 200	4 - I 200	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,806	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> $1,1 \cdot CW + 1,3 \cdot C1 + 1,1 \cdot Cs + Dc + In + 1,3 \cdot (Sd + St) + 1,3 \cdot U + 1,5 \cdot (W1 + W3)$
9	rygiel dachowy	6 - I 300X200X10	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,764	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> $1,1 \cdot CW + 1,3 \cdot C1 + Cs + \gamma_{f1} \cdot Dc + In + Sd + St + 1,5 \cdot (Sn + W3)$
73	s3upy 1	6,1	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,707	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> $1,1 \cdot CW + 1,3 \cdot C1 + 1,1 \cdot Cs + \gamma_{f1} \cdot Dc + 1,25 \cdot In + 1,3 \cdot (Sd + St) + 1,5 \cdot Sn + 1,3 \cdot U + 1,5 \cdot W3$
45	s3up ipn 200	4 - I 200	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,675	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> $1,1 \cdot CW + 1,3 \cdot C1 + 1,1 \cdot Cs + Dc + In + 1,3 \cdot (Sd + St) + 1,3 \cdot U + 1,5 \cdot W3$
77	rygiel dachowy	6,1	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,573	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> $1,1 \cdot CW + 1,3 \cdot C1 + Cs + \gamma_{f1} \cdot Dc + 1,25 \cdot In + Sd + St + 1,5 \cdot Sn$
51	s3up obl	4 - I 200	Naprężenia (Tab. 5)	0,491	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> $1,1 \cdot CW + 1,3 \cdot C1 + 1,1 \cdot Cs + Dc + In + 1,3 \cdot (Sd + St) + 1,3 \cdot U + 1,5 \cdot (W1 + W3)$
49	s3up ipn 200	4 - I 200	Naprężenia (Tab. 5)	0,419	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> $1,1 \cdot CW + 1,3 \cdot C1 + Cs + Dc + In + Sd + St + 1,5 \cdot (W1 + W3)$
46	s3up ipn 200	4 - I 200	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,238	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> $1,1 \cdot CW + 1,3 \cdot C1 + 1,1 \cdot Cs + Dc + In + 1,3 \cdot (Sd + St) + 1,3 \cdot U + 1,5 \cdot W3$

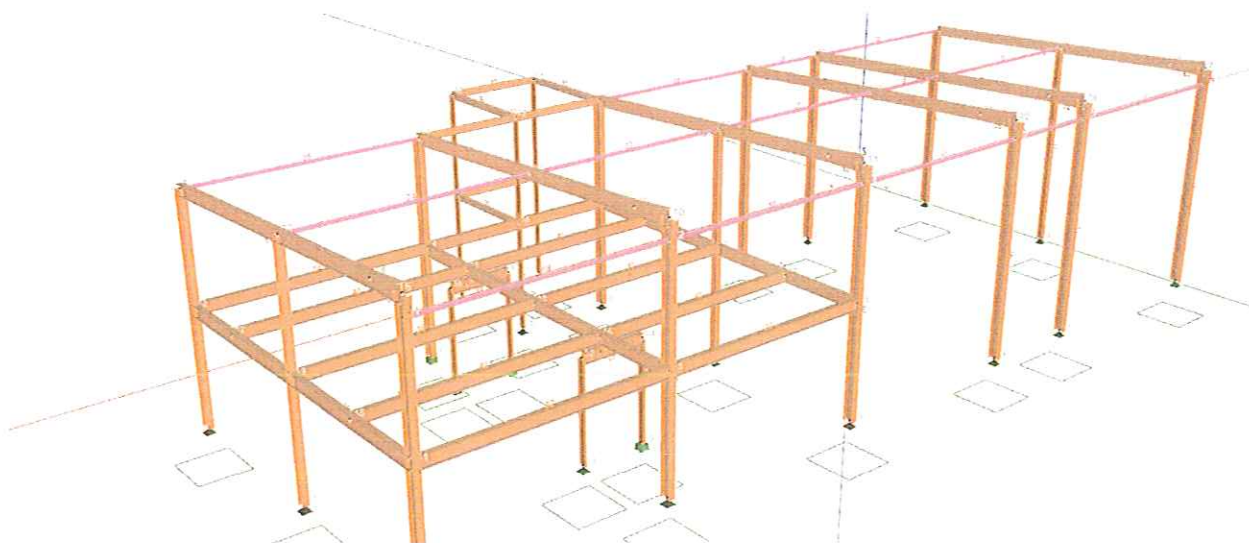
**Rama w osi C**

Wyniki wymiarowania wg PN-90/B-03200 (Stal\_3d v. 3.45 licencja nr 34051)

Nr pręta:	Grupa:	Przekrój:	Warunek decydujący:	Nośność:	Kombinacja obc.
-----------	--------	-----------	---------------------	----------	-----------------

17	slup 3	6 - I 300X200X10	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,819		1,1-CW+1,3-C1+1,1-Cs+ $\gamma_1$ 1-Dc+1,25-In+1,3-(Sd+St)+1,5-Sn+1,3-U+1,5-W2
18	rygilel dachowy	6 - I 300X200X10	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,713		1,1-CW+1,3-C1+Cs+ $\gamma_1$ 1-Dc+In+Sd+St+1,5-(Sn+W2)
16	s3upy 1	6 - I 300X200X10	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,608		1,1-CW+1,3-C1+1,1-Cs+ $\gamma_1$ 1-Dc+1,25-In+1,3-(Sd+St)+1,5-Sn+1,3-U+1,5-W3
72	s3upy 1	6,1	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,556		1,1-CW+1,3-C1+1,1-Cs+ $\gamma_1$ 1-Dc+1,25-In+1,3-(Sd+St)+1,5-Sn+1,3-U+1,5-W3
80	rygilel dachowy	6,1	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,416		1,1-CW+1,3-C1+1,1-Cs+ $\gamma_1$ 1-Dc+1,25-In+1,3-(Sd+St)+1,5-Sn+1,3-U

### Usztywnienie poprzeczne ram I100

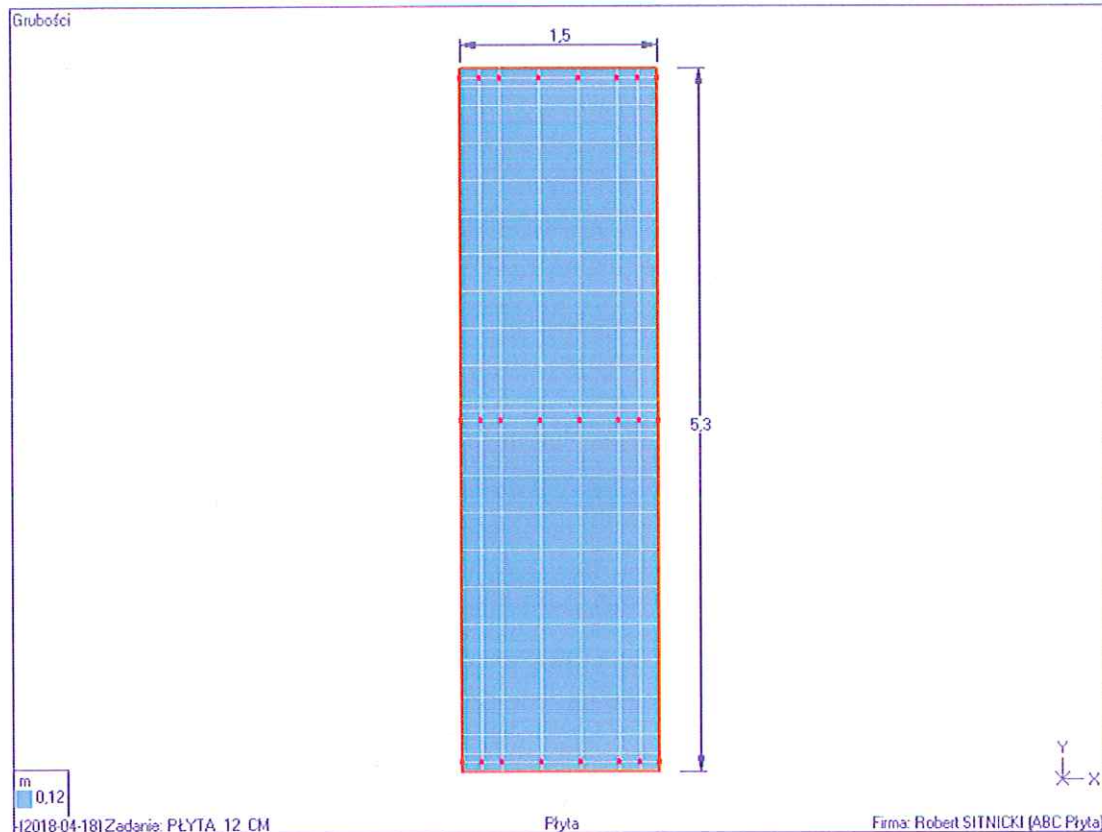


### Wyniki wymiarowania wg PN-90/B-03200 (Stal\_3d v. 3.45 licencja nr 34051)

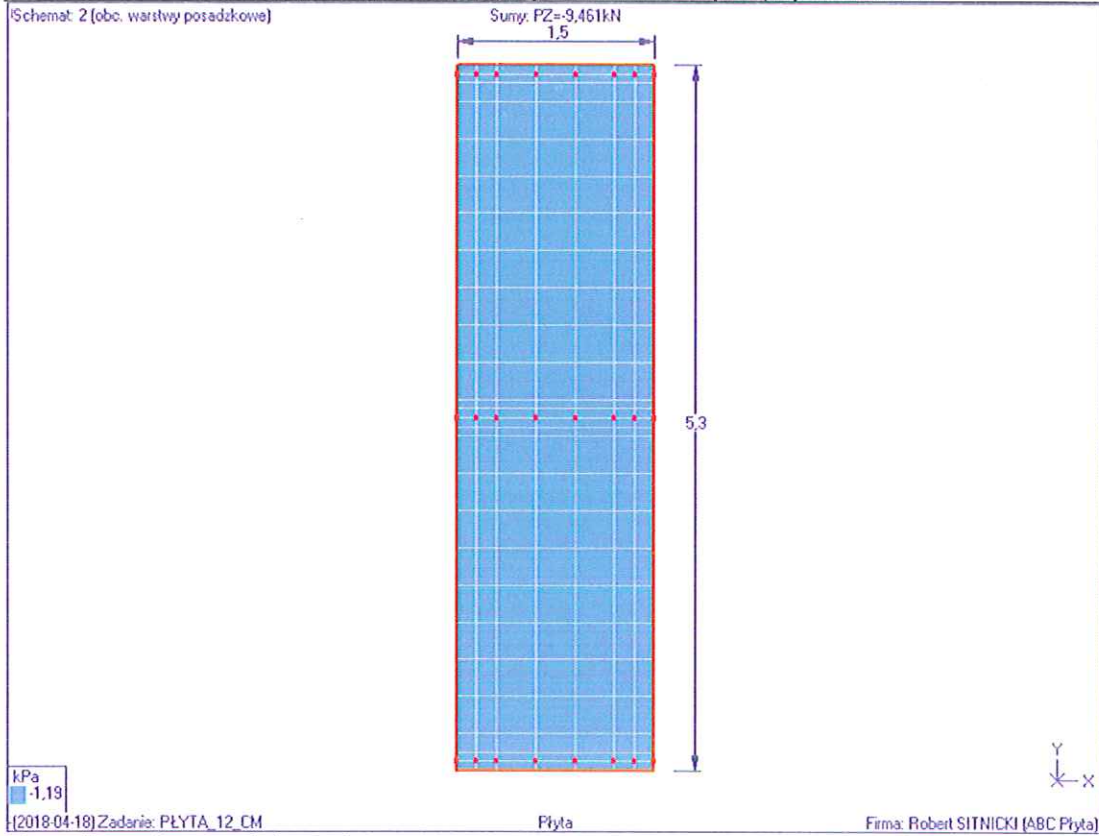
Nr pręta:	Grupa:	Przekrój:	Warunek decydujący:	Nośność:	Kombinacja obc.
56	teowniki 100	2 - I 100	Ściskanie ze zginaniem (58)	1,965	1,1-CW+C1+1,1-Cs+Dc+1,25-In+1,3-(Sd+St)+1,3-U+1,5-(W1+W3)
57	teowniki 100	2 - I 100	Ściskanie ze zginaniem (58)	1,504	1,1-CW+1,3-C1+1,1-Cs+ $\gamma_1$ 1-Dc+1,25-In+1,3-(Sd+St)+1,5-Sn+1,3-U+1,5-W3
19	teowniki 100	2 - I 100	Ściskanie ze zginaniem (58)	1,426	1,1-CW+1,3-C1+Cs+ $\gamma_1$ 1-Dc+In+Sd+St+1,5-(Sn+W3)
28	teowniki 100	2 - I 100	Ściskanie ze zginaniem (58)	1,340	1,1-CW+1,3-C1+Cs+Dc+1,25-In+Sd+1,3-St+1,3-U+1,5-(W1+W3)
53	teowniki 100	2 - I 100	Ściskanie ze zginaniem (58)	1,255	1,1-CW+1,3-C1+Cs+Dc+1,25-In+1,3-(Sd+St)+1,3-U+1,5-W3
25	teowniki 100	2 - I 100	Ściskanie ze zginaniem (58)	1,152	1,1-CW+1,3-C1+1,1-Cs+ $\gamma_1$ 1-Dc+1,25-In+1,3-(Sd+St)+1,5-Sn+1,3-U+1,5-W3
54	teowniki 100	2 - I 100	Ściskanie ze zginaniem (58)	1,135	1,1-CW+1,3-C1+1,1-Cs+ $\gamma_1$ 1-Dc+1,25-In+1,3-(Sd+St)+1,5-Sn+1,3-U+1,5-W3
20	teowniki 100	2 - I 100	Ściskanie ze zginaniem (58)	1,102	1,1-CW+1,3-C1+1,1-Cs+ $\gamma_1$ 1-Dc+1,25-In+1,3-(Sd+St)+1,5-Sn+1,3-U+1,5-W3
22	teowniki 100	2 - I 100	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,647	1,1-CW+1,3-C1+Cs+ $\gamma_1$ 1-Dc+In+Sd+St+1,5-(Sn+W3)
23	teowniki 100	2 - I 100	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,398	1,1-CW+1,3-C1+Cs+ $\gamma_1$ 1-Dc+In+Sd+St+1,5-(Sn+W3)

55	teowniki 100	2 - I 100	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,363		$1,1 \cdot CW + 1,3 \cdot C1 + 1,1 \cdot Cs + \gamma_1 \cdot Dc + 1,25 \cdot In + 1,3 \cdot (Sd + St) + 1,5 \cdot Sn + 1,3 \cdot U + 1,5 \cdot W3$
26	teowniki 100	2 - I 100	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,321		$1,1 \cdot CW + 1,3 \cdot C1 + 1,1 \cdot Cs + \gamma_1 \cdot Dc + 1,25 \cdot In + 1,3 \cdot (Sd + St) + 1,5 \cdot Sn + 1,3 \cdot U + 1,5 \cdot W3$
21	teowniki 100	2 - I 100	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,267		$1,1 \cdot CW + 1,3 \cdot C1 + Cs + \gamma_1 \cdot Dc + In + Sd + St + 1,5 \cdot (Sn + W3)$
24	teowniki 100	2 - I 100	SGU	0,232		$CW + C1 + Cs + Dc + In + Sd + St + Sn + U + W1$

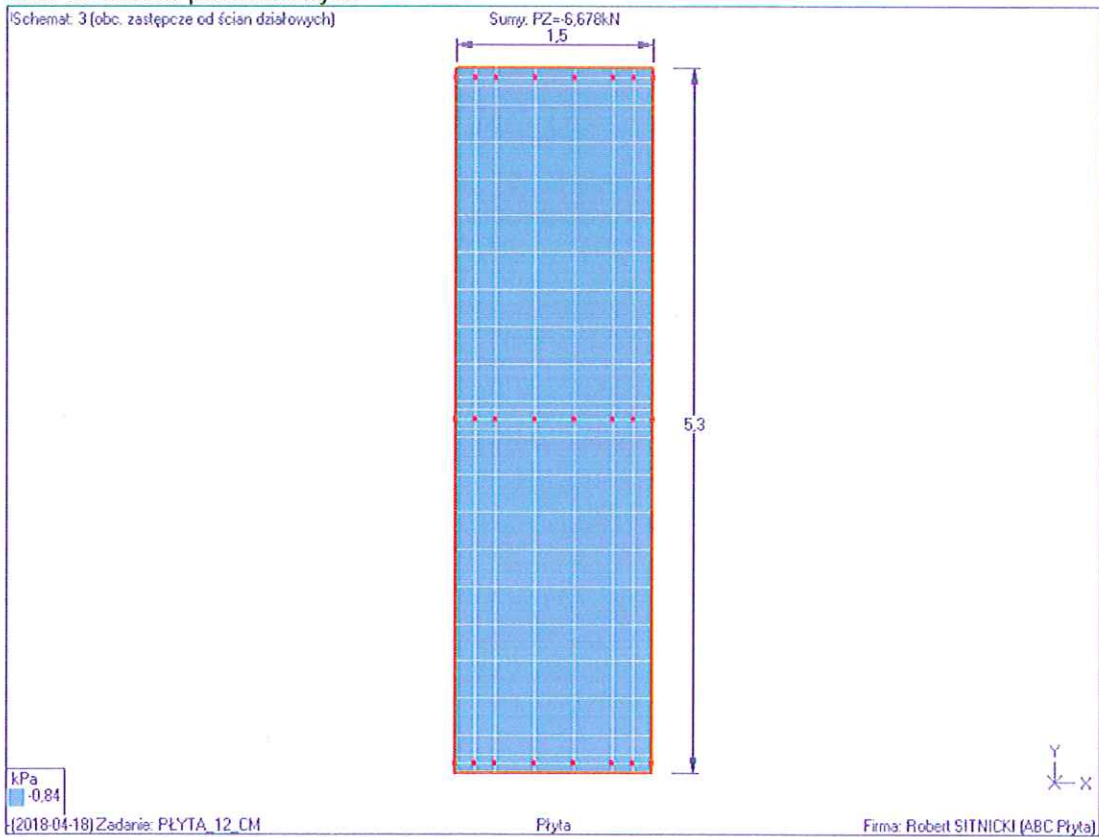
**Płyta stropowa o szerokości 1.5 m**



schemat płyty

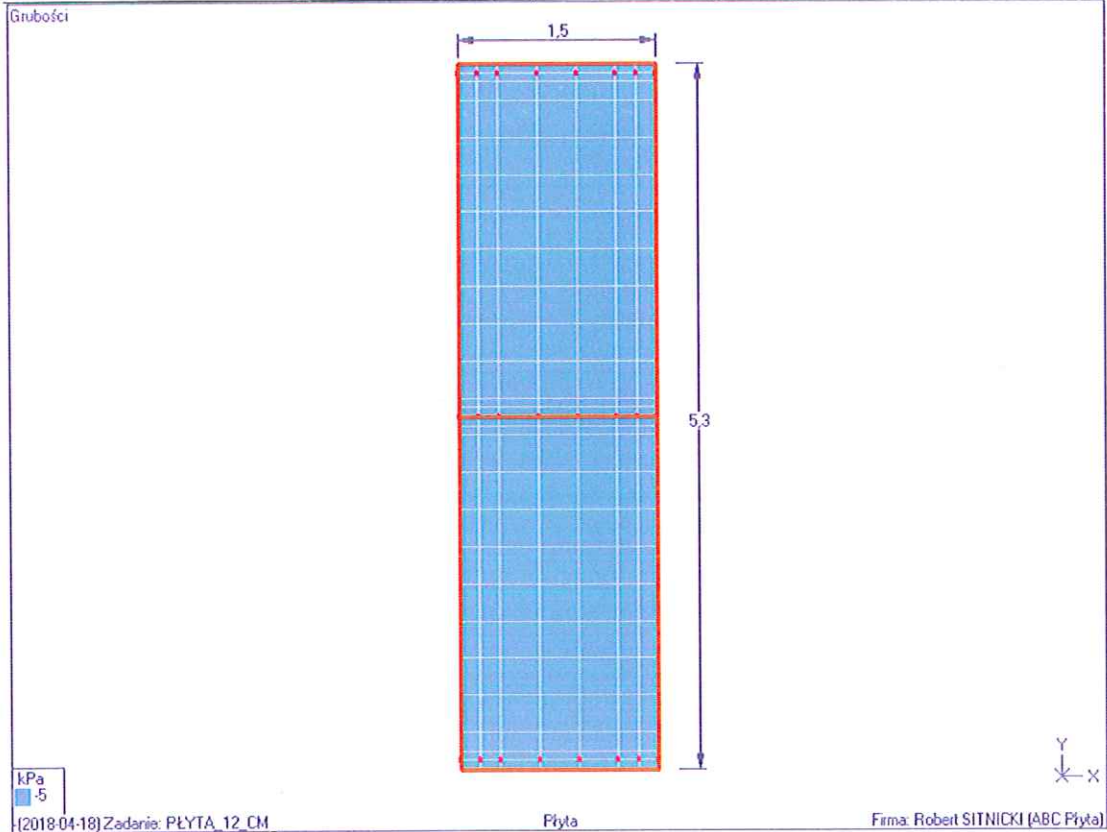


obc. od warstw posadzkowych



obc. zastępcze od ścian działowych



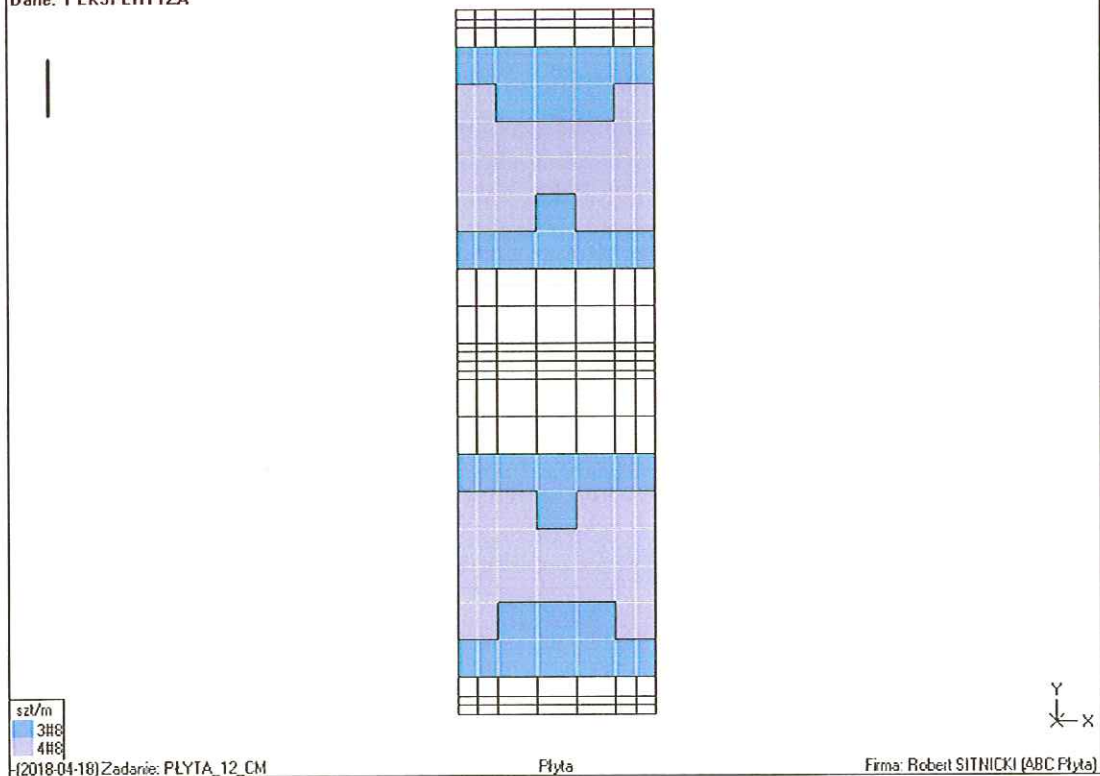


obc. użytkowe  $5 \text{ kN/m}^2$

Liczba włókadek: szt/m na dole płyty - kierunek Y  
Zbrojenie niezbędne (H8) (c=25) (RB500W)  
Dane: 1 EKSPERTYZA

PN-B-03264:2002

Obwiednia - Przez sumowanie (Obliczeniowe)

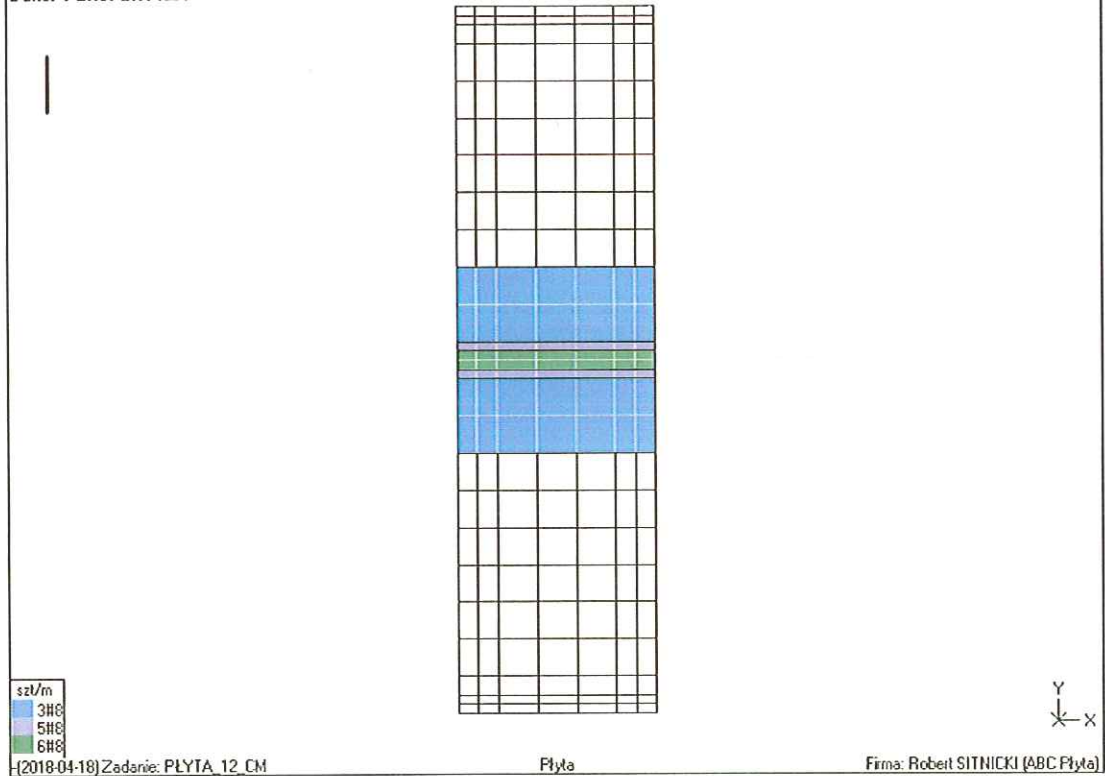


zbrojenie niezbędne Dy

Liczba wkładek szl/m na górze płyty - kierunek Y  
Zbrojenie niezbędne (H8) (c=25) (RB500W)  
Dane: 1 EKSPERTYZA

PN-B-03264.2002

Obwiednia - Przez sumowanie (Obliczeniowe)

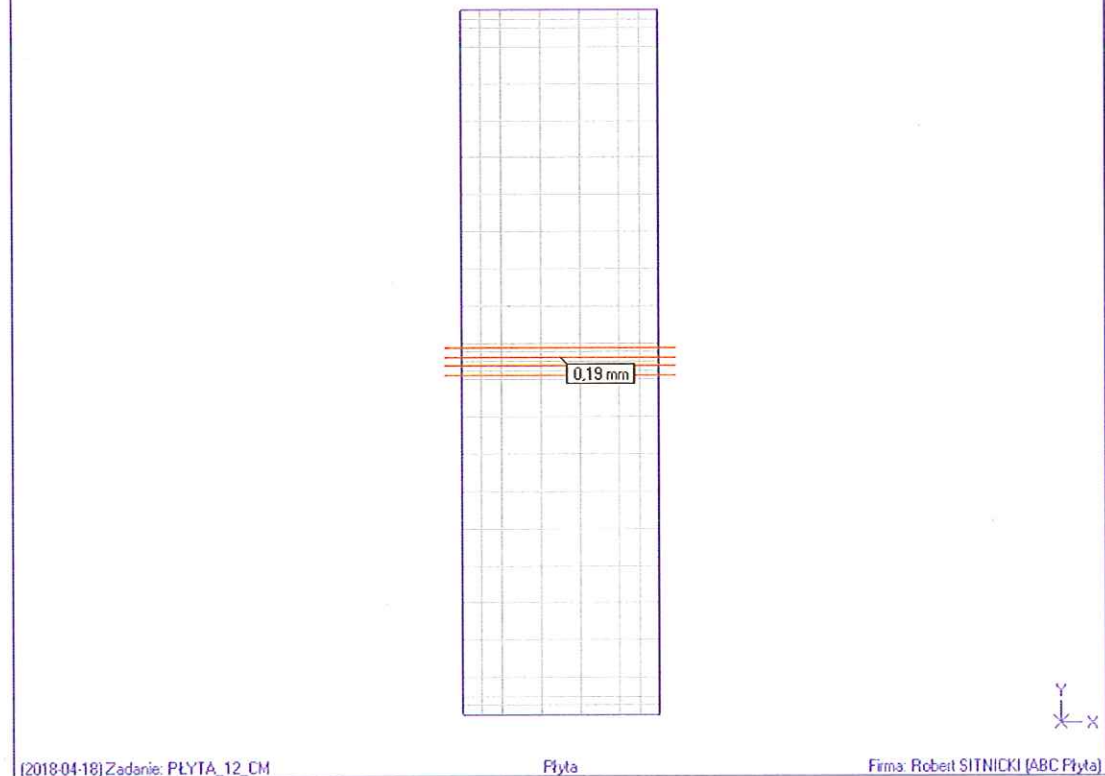


### zbrojenie niezbędne Gy

Zarysowanie na górze płyty  
Dane: 1 EKSPERTYZA

PN-B-03264.2002

Wariant: 6/1 (r1)

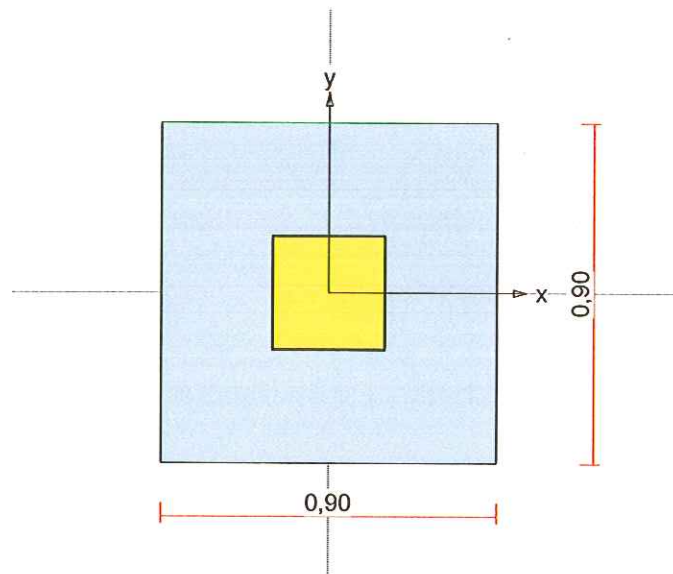
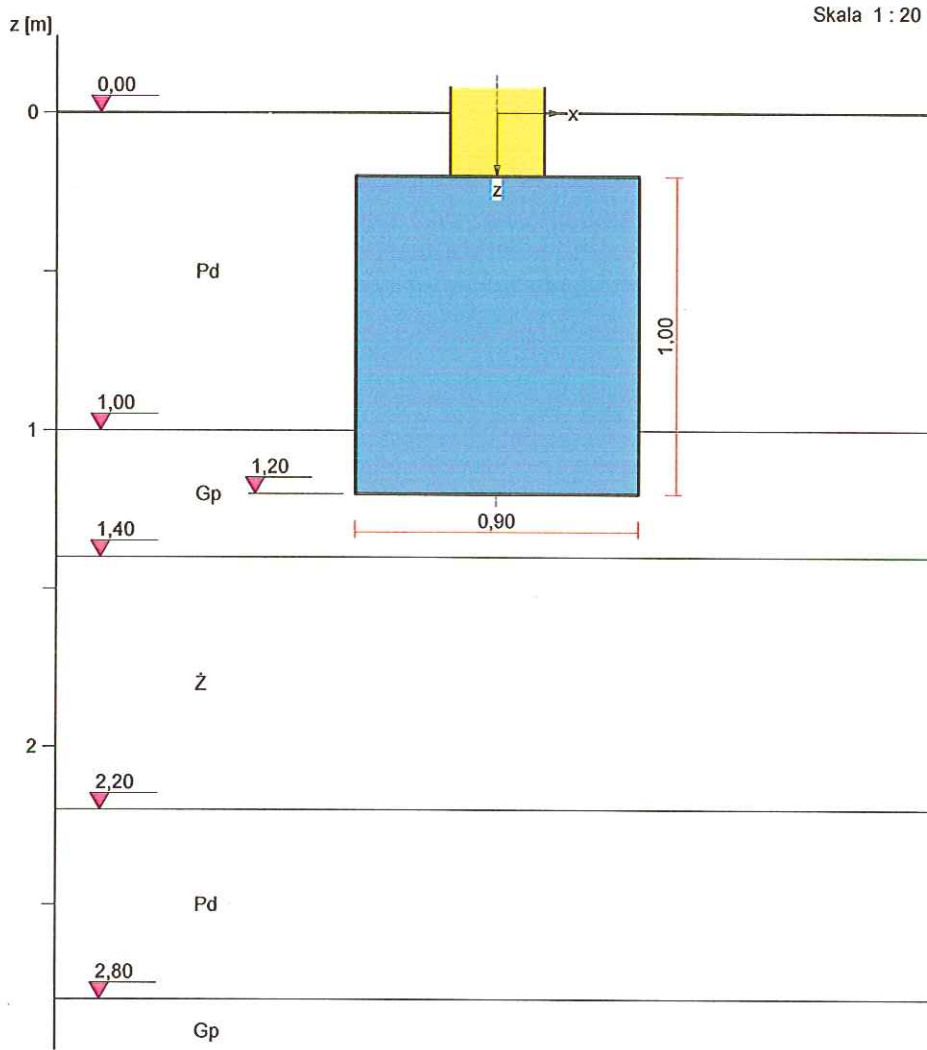


### zarysowanie płytygóra

## Stopy fundamentowe obliczenia sprawdzające

### Stopa w osi E/1

Nazwa fundamentu: stopa prostokątna



## 1. Podłoże gruntowe

### 1.1. Teren

Istniejący względny poziom terenu:  $z_i = 0,00$  m,  
Projektowany względny poziom terenu:  $z_{tp} = 0,00$  m.

### 1.2. Warstwy gruntu

Lp.	Poziom stropu [m]	Grubość warstwy [m]	Nazwa gruntu	Poz. wody grunt. [m]
1	0,00	1,00	Piasek drobny	brak wody
2	1,00	0,40	Gлина piaszczysta	brak wody
3	1,40	0,80	Żwir	brak wody
4	2,20	0,60	Piasek drobny	brak wody
5	2,80	nieokreśl.	Gлина piaszczysta	brak wody

### 1.3. Parametry geotechniczne występujących gruntów

Symbol gruntu	$I_D$ [-]	$I_L$ [-]	$\rho$ [t/m <sup>3</sup> ]	stopień wilgotn.	$c_u$ [kPa]	$\Phi_u$ [°]	$M_0$ [kPa]	$M$ [kPa]
Gp		0,12	2,20		20,90	16,1	35429	59048
Ip		0,00	2,10		30,00	18,0	48351	80585
Gp		0,00	2,20		50,00	25,0	80591	89546
Ż	0,60		1,75	m.wilg.	0,00	39,2	173849	173849
Pd	0,60		1,65	m.wilg.	0,00	30,9	74369	92961

## 2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: słup prostokątny

Wymiary słupa:  $b = 0,30$  m,  $l = 0,30$  m,

Współrzędne osi słupa:  $x_0 = 21,50$  m,  $y_0 = 13,60$  m,

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego:  $\phi = 0,00^0$ .

## 3. Obciążenie od konstrukcji

Względny poziom przyłożenia obciążenia:  $z_{obc} = 0,00$  m.

Wypadkowa obciążenia konstrukcji powyżej 3\*B ponad poziomem posadowienia.

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj obciążenia*	N [kN]	$H_x$ [kN]	$H_y$ [kN]	$M_x$ [kNm]	$M_y$ [kNm]	$\gamma$ [-]
1	D+K	79,4	0,7	-13,8	0,00	0,00	1,20

\* D – obciążenia stałe, zmienne długotrwałe,

D+K - obciążenia stałe, zmienne długotrwałe i krótkotrwałe.

## 4. Materiał

Rodzaj materiału: żelbet

Klasa betonu: B25, nazwa stali: St3S-b,

Średnica prętów zbrojeniowych:

na kierunku x:  $d_x = 14,0$  mm, na kierunku y:  $d_y = 14,0$  mm,

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 5,0 cm.

W warunku na przebicie nie uwzględniać strzemion.

## 5. Wymiary fundamentu

Względny poziom posadowienia:  $z_f = 1,20$  m

Kształt fundamentu: prosty

Wymiary podstawy:  $B_x = 0,90$  m,  $B_y = 0,90$  m,

Wysokość:  $H = 1,00$  m,

Mimośrodki:  $E_x = 0,00$  m,  $E_y = 0,00$  m.

## 6. Stan graniczny I

### 6.1. Zestawienie wyników analizy nośności i mimośródów

Nr obc.	Rodzaj obciążenia	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośr.
* 1	D+K	1,20	0,87	0,78
	D+K	1,40	0,20	0,83
	D+K	2,20	0,21	0,85
	D+K	2,80	0,11	0,77

### 6.2. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 1

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego:  $B_x = 0,90$  m,  $B_y = 0,90$  m.

Względny poziom posadowienia:  $H = 1,20$  m.

Rodzaj obciążenia: D+K,

Zestawienie obciążeń:

Pozycja	Obc. char.	$E_x$	$E_y$	$\gamma$	Obc. obl.	Mom. obl.	Mom. obl.
	[kN]	[m]	[m]	[-]	G [kN]	$M_{Gx}$ [kNm]	$M_{Gy}$ [kNm]
Fundament	19,87	0,00	0,00	1,1 (0,9)	21,85	0,00	0,00
Grunt - pole 1	0,58	0,24	-0,24	1,2 (0,8)	0,70	-0,17	0,17
Grunt - pole 2	0,58	-0,24	-0,24	1,2 (0,8)	0,70	-0,17	-0,17
Grunt - pole 3	0,58	-0,24	0,24	1,2 (0,8)	0,70	0,17	-0,17
Grunt - pole 4	0,58	0,24	0,24	1,2 (0,8)	0,70	0,17	0,17

Uwaga: Przy sprawdzaniu położenia wypadkowej alternatywnie brano pod uwagę obciążenia obliczeniowe wyznaczone przy zastosowaniu dolnych współczynników obciążenia.

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji:

siła pionowa:  $N = 79,40$  kN, mimośrodky wzgl. podst. fund.  $E_x = 0,00$  m,  $E_y = 0,00$  m,

siła pozioma:  $H_x = 0,70$  kN, mimośrodek względem podstawy fund.  $E_z = 1,20$  m,

siła pozioma:  $H_y = -13,80$  kN, mimośrodek względem podstawy fund.  $E_z = 1,20$  m,

moment:  $M_x = 0,00$  kNm, moment:  $M_y = 0,00$  kNm.

**Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu zastępczego**

Wymiary podstawy fundamentu zastępczego:  $B_x = 1,22$  m,  $B_y = 1,22$  m.

Względny poziom posadowienia:  $H = 2,20$  m.

Ciężar fundamentu zastępczego:  $G_z = 24,05$  kN.

Całkowite obciążenie pionowe fundamentu zastępczego:

$$N_r = N + G + G_z = 79,40 + 24,65 + 19,74 + 24,05 = 128,10 + 123,19 \text{ kN.}$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_{rx} = N \cdot E_y - H_y \cdot E_z + M_x + M_{Gx} = 79,40 \cdot 0,00 - (-13,80) \cdot 2,20 + 0,00 + 0,00 = 30,36 + 30,36 \text{ kNm.}$$

$$M_{ry} = -N \cdot E_x + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy} = -79,40 \cdot 0,00 + 0,70 \cdot 2,20 + 0,00 + (0,00) = 1,54 + 1,54 \text{ kNm.}$$

Mimośrodky sił względem środka podstawy:

$$e_{rx} = |M_{ry}/N_r| = 1,54/123,19 = 0,01 \text{ m,}$$

$$e_{ry} = |M_{rx}/N_r| = 30,36/123,19 = 0,25 \text{ m.}$$

$$e_{rx}/B_x + e_{ry}/B_y = 0,010 + 0,203 = 0,213 \text{ m} < 0,250.$$

**Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.**

### Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B_x' = B_x - 2 \cdot e_{rx} = 0,90 - 2 \cdot 0,01 = 0,88 \text{ m,} \quad B_y' = B_y - 2 \cdot e_{ry} = 0,90 - 2 \cdot 0,16 = 0,58 \text{ m.}$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

$$\text{średnia gęstość obliczeniowa: } \rho_{D(t)} = 1,57 \text{ t/m}^3,$$

$$\text{minimalna wysokość: } D_{\min} = 1,20 \text{ m,}$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(t)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,57 \cdot 9,81 \cdot 1,20 = 18,45 \text{ kPa.}$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego: } \Phi_{u(t)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 16,10 \cdot 0,90 = 14,49^{\circ},$$

$$\text{spójność: } c_{u(t)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 18,81 \text{ kPa,}$$

$$N_B = 0,53 \quad N_C = 10,66, \quad N_D = 3,76.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta_x = |H_x|/N_r = 0,70/104,05 = 0,01, \quad \text{tg } \delta_x/\text{tg } \Phi_{u(t)} = 0,0067/0,2584 = 0,026,$$

$$i_{Bx} = 0,98, \quad i_{Cx} = 0,99, \quad i_{Dx} = 0,99.$$

$$\text{tg } \delta_y = |H_y|/N_r = 13,80/104,05 = 0,13, \quad \text{tg } \delta_y/\text{tg } \Phi_{u(t)} = 0,1326/0,2584 = 0,513,$$

$$i_{By} = 0,58, \quad i_{Cy} = 0,73, \quad i_{Dy} = 0,80.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 1,85 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 16,33 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B_y'/B_x' = 0,84, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B_y'/B_x' = 1,20, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B_y'/B_x' = 1,99$$

Opór graniczny podłoża:

$$Q_{fNBx} = B_x' \cdot B_y' \cdot (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(t)} \cdot i_{Cx} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(t)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dx} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(t)} \cdot g \cdot B_x' \cdot i_{Bx}) = 195,38 \text{ kN.}$$

$$Q_{fNB_y} = B_x' \cdot B_y' \cdot (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(t)} \cdot i_{Cy} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(t)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dy} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(t)} \cdot g \cdot B_y' \cdot i_{By}) = 147,40 \text{ kN.}$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 104,05 \text{ kN} < m \cdot \min(Q_{fNBx}, Q_{fNB_y}) = 0,81 \cdot 147,40 = 119,39 \text{ kN.}$$

**Wniosek: warunek nośności jest spełniony.**

### Sprawdzenie warunku granicznej nośności dla fundamentu zastępczego

Wymiary podstawy fundamentu zastępczego:  $B_x = 0,95 \text{ m,} \quad B_y = 0,95 \text{ m.}$

Względny poziom posadowienia:  $H = 1,40 \text{ m.}$

Ciężar fundamentu zastępczego:  $G_z = 4,29 \text{ kN.}$

Całkowite obciążenie pionowe fundamentu zastępczego:

$$N_r = N + G + G_z = 79,40 + 24,65 + 4,29 = 108,33 \text{ kN.}$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_{rx} = N \cdot E_y - H_y \cdot E_z + M_x + M_{Gx} = 79,40 \cdot 0,00 - (-13,80) \cdot 1,40 + 0,00 = 19,32 \text{ kNm.}$$

$$M_{ry} = -N \cdot E_x + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy} = -79,40 \cdot 0,00 + 0,70 \cdot 1,40 + (0,00) = 0,98 \text{ kNm.}$$

Mimośrodowość sił względem środka podstawy:

$$e_{rx} = |M_{ry}/N_r| = 0,98/108,33 = 0,01 \text{ m,}$$

$$e_{ry} = |M_{rx}/N_r| = 19,32/108,33 = 0,18 \text{ m.}$$

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B_x' = B_x - 2 \cdot e_{rx} = 0,95 - 2 \cdot 0,01 = 0,93 \text{ m,} \quad B_y' = B_y - 2 \cdot e_{ry} = 0,95 - 2 \cdot 0,18 = 0,59 \text{ m.}$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

$$\text{średnia gęstość obliczeniowa: } \rho_{D(t)} = 1,63 \text{ t/m}^3,$$

$$\text{minimalna wysokość: } D_{\min} = 1,40 \text{ m,}$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(t)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,63 \cdot 9,81 \cdot 1,40 = 22,34 \text{ kPa.}$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrzznego: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 39,20 \cdot 0,90 = 35,28^{\circ},$$

$$\text{spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \text{ kPa},$$

$$N_B = 17,77 \quad N_C = 47,32, \quad N_D = 34,48.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta_x = |H_x|/N_r = 0,70/108,33 = 0,01, \quad \text{tg } \delta_x/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0065/0,7075 = 0,009,$$

$$i_{Bx} = 0,98, \quad i_{Cx} = 0,99, \quad i_{Dx} = 0,99.$$

$$\text{tg } \delta_y = |H_y|/N_r = 13,80/108,33 = 0,13, \quad \text{tg } \delta_y/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,1274/0,7075 = 0,180,$$

$$i_{By} = 0,63, \quad i_{Cy} = 0,76, \quad i_{Dy} = 0,76.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 1,73 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 15,31 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B_y'/B_x' = 0,84, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B_y'/B_x' = 1,19, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B_y'/B_x' = 1,96$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNBx} = B_x' \cdot B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cx} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dx} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_x' \cdot i_{Bx}) = 937,93 \text{ kN}.$$

$$Q_{fNBy} = B_x' \cdot B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cy} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dy} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_y' \cdot i_{By}) = 682,20 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 108,33 \text{ kN} < m \cdot \min(Q_{fNBx}, Q_{fNBy}) = 0,81 \cdot 682,20 = 552,58 \text{ kN}.$$

**Wniosek: warunek nośności jest spełniony.**

**Sprawdzenie warunku granicznej nośności dla fundamentu zastępczego**

Wymiary podstawy fundamentu zastępczego:  $B_x = 1,22 \text{ m}, \quad B_y = 1,22 \text{ m}.$

Względny poziom posadowienia:  $H = 2,20 \text{ m}.$

Ciężar fundamentu zastępczego:  $G_z = 29,39 \text{ kN}.$

Całkowite obciążenie pionowe fundamentu zastępczego:

$$N_r = N + G + G_z = 79,40 + 24,65 + 29,39 = 133,44 \text{ kN}.$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_{rx} = N \cdot E_y - H_y \cdot E_z + M_x + M_{Gx} = 79,40 \cdot 0,00 - (-13,80) \cdot 2,20 + 0,00 = 30,36 \text{ kNm}.$$

$$M_{ry} = -N \cdot E_x + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy} = -79,40 \cdot 0,00 + 0,70 \cdot 2,20 + (0,00) = 1,54 \text{ kNm}.$$

Mimośrodowość sił względem środka podstawy:

$$e_{rx} = |M_{ry}/N_r| = 1,54/133,44 = 0,01 \text{ m},$$

$$e_{ry} = |M_{rx}/N_r| = 30,36/133,44 = 0,23 \text{ m}.$$

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B_x' = B_x - 2 \cdot e_{rx} = 1,22 - 2 \cdot 0,01 = 1,19 \text{ m}, \quad B_y' = B_y - 2 \cdot e_{ry} = 1,22 - 2 \cdot 0,23 = 0,76 \text{ m}.$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

$$\text{średnia gęstość obliczeniowa: } \rho_{D(r)} = 1,61 \text{ t/m}^3,$$

$$\text{minimalna wysokość: } D_{\min} = 2,20 \text{ m},$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,61 \cdot 9,81 \cdot 2,20 = 34,70 \text{ kPa}.$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrzznego: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 30,90 \cdot 0,90 = 27,81^{\circ},$$

$$\text{spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \text{ kPa},$$

$$N_B = 5,31 \quad N_C = 25,44, \quad N_D = 14,42.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta_x = |H_x|/N_r = 0,70/133,44 = 0,01, \quad \text{tg } \delta_x/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0052/0,5275 = 0,010,$$

$$i_{Bx} = 0,98, \quad i_{Cx} = 0,99, \quad i_{Dx} = 0,99.$$

$$\text{tg } \delta_y = |H_y|/N_r = 13,80/133,44 = 0,10, \quad \text{tg } \delta_y/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,1034/0,5275 = 0,196,$$

$$i_{By} = 0,70, \quad i_{Cy} = 0,81, \quad i_{Dy} = 0,83.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 1,93 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 17,03 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B_y' / B_x' = 0,84, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B_y' / B_x' = 1,19, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B_y' / B_x' = 1,96$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNBx} = B_x' \cdot B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(t)} \cdot i_{Cx} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(t)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dx} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(t)} \cdot g \cdot B_x' \cdot i_{Bx}) = 963,31 \text{ kN.}$$

$$Q_{fNBy} = B_x' \cdot B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(t)} \cdot i_{Cy} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(t)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dy} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(t)} \cdot g \cdot B_y' \cdot i_{By}) = 775,14 \text{ kN.}$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 133,44 \text{ kN} < m \cdot \min(Q_{fNBx}, Q_{fNBy}) = 0,81 \cdot 775,14 = 627,86 \text{ kN.}$$

**Wniosek: warunek nośności jest spełniony.**

**Sprawdzenie warunku granicznej nośności dla fundamentu zastępczego**

Wymiary podstawy fundamentu zastępczego:  $B_x = 1,42 \text{ m}$ ,  $B_y = 1,42 \text{ m}$ .

Względny poziom posadowienia:  $H = 2,80 \text{ m}$ .

Ciężar fundamentu zastępczego:  $G_z = 61,29 \text{ kN}$ .

Całkowite obciążenie pionowe fundamentu zastępczego:

$$N_r = N + G + G_z = 79,40 + 24,65 + 61,29 = 165,34 \text{ kN.}$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_{rx} = N \cdot E_y - H_y \cdot E_z + M_x + M_{Gx} = 79,40 \cdot 0,00 - (-13,80) \cdot 2,80 + 0,00 = 38,64 \text{ kNm.}$$

$$M_{ry} = -N \cdot E_x + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy} = -79,40 \cdot 0,00 + 0,70 \cdot 2,80 + (0,00) = 1,96 \text{ kNm.}$$

Mimośrodki sił względem środka podstawy:

$$e_{rx} = |M_{ry} / N_r| = 1,96 / 165,34 = 0,01 \text{ m,}$$

$$e_{ry} = |M_{rx} / N_r| = 38,64 / 165,34 = 0,23 \text{ m.}$$

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B_x' = B_x - 2 \cdot e_{rx} = 1,42 - 2 \cdot 0,01 = 1,39 \text{ m,} \quad B_y' = B_y - 2 \cdot e_{ry} = 1,42 - 2 \cdot 0,23 = 0,95 \text{ m.}$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

$$\text{średnia gęstość obliczeniowa: } \rho_{D(t)} = 1,58 \text{ t/m}^3,$$

$$\text{minimalna wysokość: } D_{\min} = 2,80 \text{ m,}$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(t)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,58 \cdot 9,81 \cdot 2,80 = 43,44 \text{ kPa.}$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego: } \Phi_{u(t)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 25,00 \cdot 0,90 = 22,50^\circ,$$

$$\text{spójność: } c_{u(t)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 45,00 \text{ kPa,}$$

$$N_B = 2,25 \quad N_C = 17,45, \quad N_D = 8,23.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta_x = |H_x| / N_r = 0,70 / 165,34 = 0,00, \quad \text{tg } \delta_x / \text{tg } \Phi_{u(t)} = 0,0042 / 0,4142 = 0,010,$$

$$i_{Bx} = 0,99, \quad i_{Cx} = 0,99, \quad i_{Dx} = 0,99.$$

$$\text{tg } \delta_y = |H_y| / N_r = 13,80 / 165,34 = 0,08, \quad \text{tg } \delta_y / \text{tg } \Phi_{u(t)} = 0,0835 / 0,4142 = 0,202,$$

$$i_{By} = 0,75, \quad i_{Cy} = 0,85, \quad i_{Dy} = 0,87.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 2,20 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 19,42 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B_y' / B_x' = 0,83, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B_y' / B_x' = 1,20, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B_y' / B_x' = 2,02$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNBx} = B_x' \cdot B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(t)} \cdot i_{Cx} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(t)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dx} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(t)} \cdot g \cdot B_x' \cdot i_{Bx}) = 2255,91 \text{ kN.}$$

$$Q_{fNBy} = B_x' \cdot B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(t)} \cdot i_{Cy} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(t)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dy} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(t)} \cdot g \cdot B_y' \cdot i_{By}) = 1936,13 \text{ kN.}$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 165,34 \text{ kN} < m \cdot \min(Q_{fNBx}, Q_{fNBy}) = 0,81 \cdot 1936,13 = 1568,26 \text{ kN.}$$

**Wniosek: warunek nośności jest spełniony.**

## 7. Stan graniczny II



**7.1. Osiadanie fundamentu****Osiadanie całkowite:**Osiadanie pierwotne:  $s' = 0,00$  cm.Osiadanie wtórne:  $s'' = 0,00$  cm.Współczynnik stopnia odprężenia podłoża:  $\lambda = 0$ .Osiadanie:  $s = s' + \lambda \cdot s'' = 0,00 + 0 \cdot 0,00 = 0,00$  cm,

Sprawdzenie warunku osiadania:

**Warunek nie jest określony.****7.2. Szczegółowe wyniki osiadania fundamentu**

Nr warstwy	Poziom stropu [m]	Grubość warstwy [m]	Napr. pierwotne [kPa]	Napr. wtórne [kPa]	Napr. dodatk. [kPa]	Osiadanie pierwotne [cm]	Osiadanie wtórne [cm]	Osiadanie sumaryczne [cm]
1	0,0	0,17	1	0	0	0,00	0,00	0,00
2	0,2	0,17	4	0	0	0,00	0,00	0,00
3	0,3	0,17	7	0	0	0,00	0,00	0,00
4	0,5	0,17	9	0	0	0,00	0,00	0,00
5	0,7	0,17	12	0	0	0,00	0,00	0,00
6	0,8	0,17	15	0	0	0,00	0,00	0,00
7	1,0	0,10	17	0	0	0,00	0,00	0,00
8	1,1	0,10	19	0	0	0,00	0,00	0,00
9	1,2	0,10	22	0	0	0,00	0,00	0,00
10	1,3	0,10	24	0	0	0,00	0,00	0,00
					Suma	0,00	0,00	0,00

Uwaga: Wartości naprężeń są średnimi wartościami naprężeń w warstwie

**8. Wymiarowanie fundamentu****8.1. Zestawienie wyników sprawdzenia stopy na przebicie**

Nr obc.	Przekrój	Siła tnąca V [kN]	Nośność betonu $V_r$ [kN]	Nośność strzemion $V_s$ [kN]
* 1	1	0	1172	-

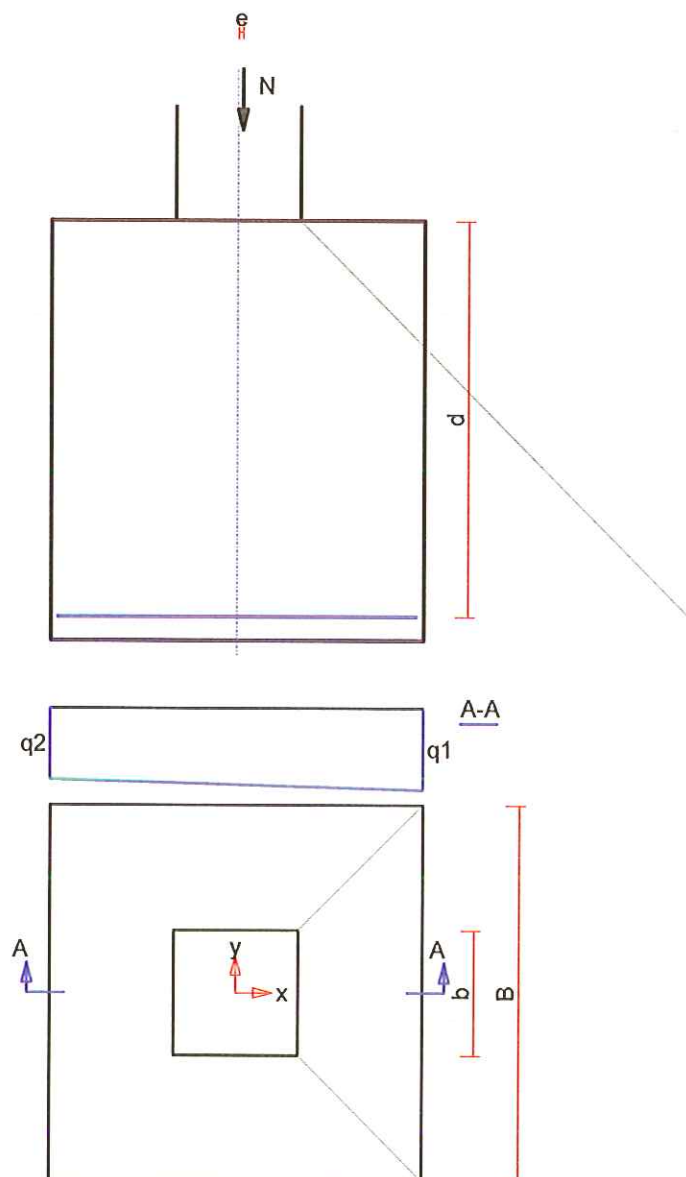
**8.2. Sprawdzenie stopy na przebicie dla obciążenia nr 1****Zestawienie obciążeń:**

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa:  $N_r = 79$  kN,momenty:  $M_{xr} = 16,56$  kNm,  $M_{yr} = 0,84$  kNm.

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

 $e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,01$  m,  $e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 0,21$  m.



#### Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = 105 \text{ kPa}, \quad q_2 = 91 \text{ kPa}.$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $c = -0,64 \text{ m}$ ,  $q_c = 115 \text{ kPa}$ .

#### Przebiecie stopy w przekroju 1:

Siła ścinająca:  $V_{Sd} = \int_{Ac} q \cdot dA = 0 \text{ kN}$ .

Nośność betonu na ścinanie:  $V_{Rd} = (b+d) \cdot d \cdot f_{ctd} = (0,30+0,94) \cdot 0,94 \cdot 1000 = 1172 \text{ kN}$ .

$$V_{Sd} = 0 \text{ kN} < V_{Rd} = 1172 \text{ kN}.$$

**Wniosek: warunek na przebiecie jest spełniony.**

### 8.3. Zestawienie wyników sprawdzenia stopy na zginanie

Nr obc.	Kierunek	Przekrój	Moment zginający	Nośność przekroju
---------	----------	----------	------------------	-------------------

			M [kNm]	M <sub>r</sub> [kNm]
* 1	x	1	6	110
	y	1	11	108

Uwaga: Momenty zginające wyznaczono metodą współników prostokątnych.

#### 8.4. Sprawdzenie stopy na zginanie dla obciążenia nr 1 na kierunku x

##### Zestawienie obciążeń:

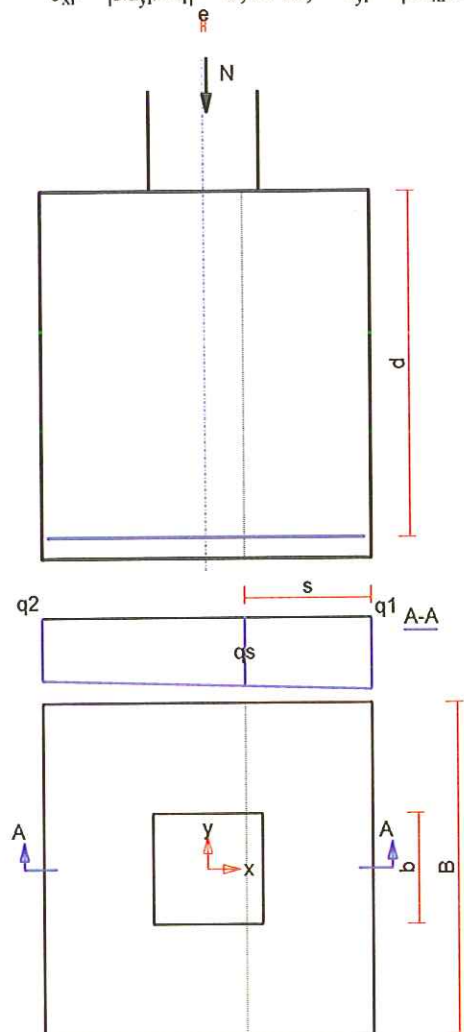
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa:  $N_r = 79$  kN,

momenty:  $M_{xr} = 16,56$  kNm,  $M_{yr} = 0,84$  kNm.

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,01$  m,  $e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 0,21$  m.



##### Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$q_1 = 105$  kPa,  $q_2 = 91$  kPa.

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $s = 0,35$  m,  $q_s = 100$  kPa.

**Zginanie stopy w przekroju 1:**

Moment zginający:

$$M_{Sd} = (2 \cdot q_1 + q_s) \cdot B \cdot s^2 / 6 = (2 \cdot 105 + 100) \cdot 0,90 \cdot 0,12 / 6 = 6 \text{ kNm.}$$

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_s = 0,3 \text{ cm}^2$ .Przyjęta powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_{Rs} = 6,2 \text{ cm}^2$ .

$$A_s = 0,3 \text{ cm}^2 < A_{Rs} = 6,2 \text{ cm}^2.$$

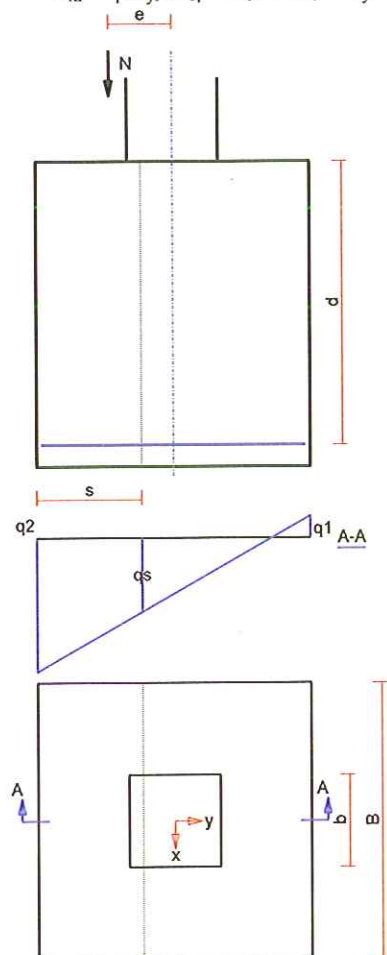
**Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.****8.5. Sprawdzenie stopy na zginanie dla obciążenia nr 1 na kierunku y****Zestawienie obciążeń:**

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa:  $N_r = 79 \text{ kN}$ ,momenty:  $M_{xr} = 16,56 \text{ kNm}$ ,  $M_{yr} = 0,84 \text{ kNm}$ .

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$$e_{xr} = |M_{yr} / N_r| = 0,01 \text{ m}, \quad e_{yr} = |M_{xr} / N_r| = 0,21 \text{ m}.$$

**Oddziaływanie podłoża na fundament:**

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = -38 \text{ kPa}, \quad q_2 = 234 \text{ kPa.}$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $s = 0,35 \text{ m}$ ,  $q_s = 130 \text{ kPa}$ .**Zginanie stopy w przekroju 1:**

Moment zginający:

$$M_{Sd} = (2 \cdot q_2 + q_s) \cdot B \cdot s^2 / 6 = (2 \cdot 234 + 130) \cdot 0,90 \cdot 0,12 / 6 = 11 \text{ kNm.}$$

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_s = 0,6 \text{ cm}^2$ .

Przyjęta powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_{Rs} = 6,2 \text{ cm}^2$ .

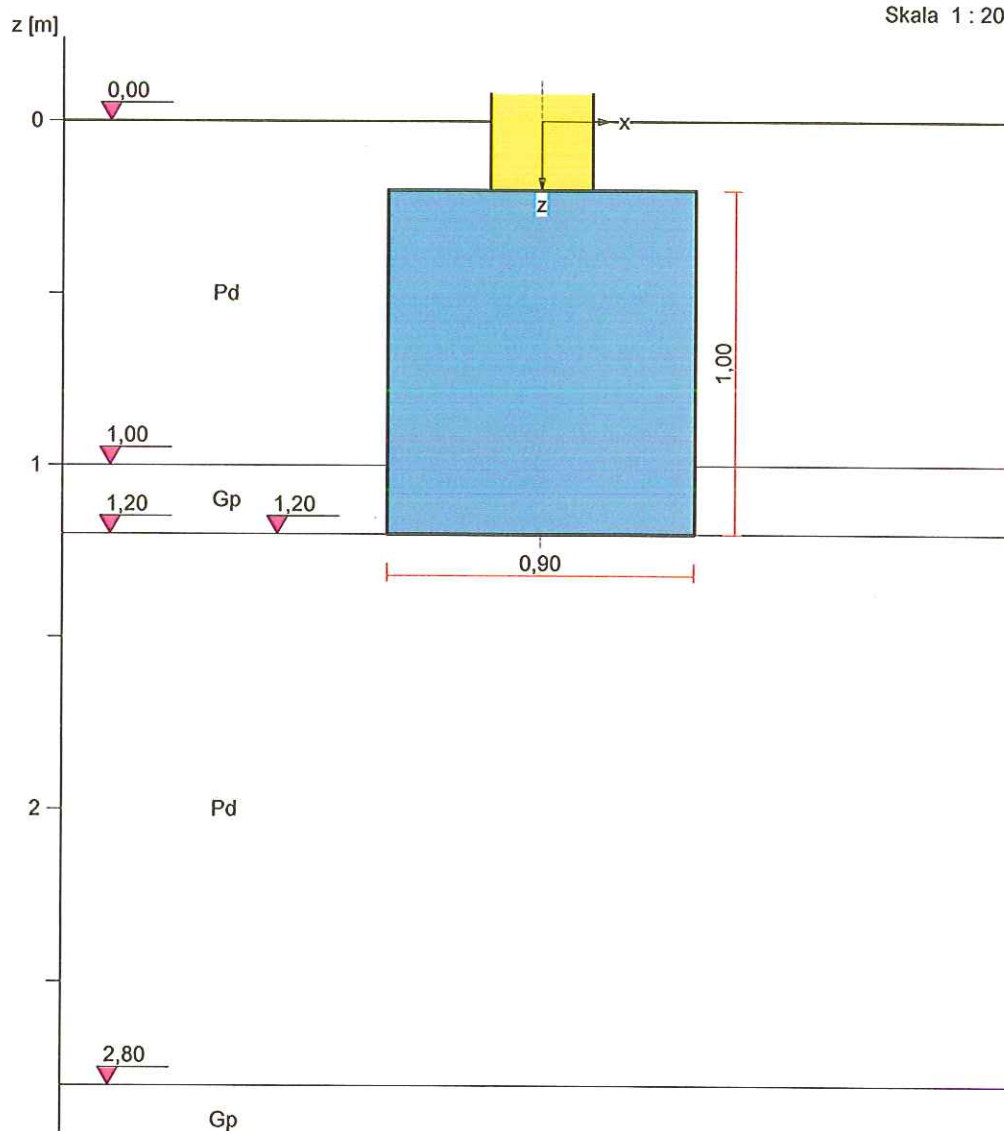
$$A_s = 0,6 \text{ cm}^2 < A_{Rs} = 6,2 \text{ cm}^2.$$

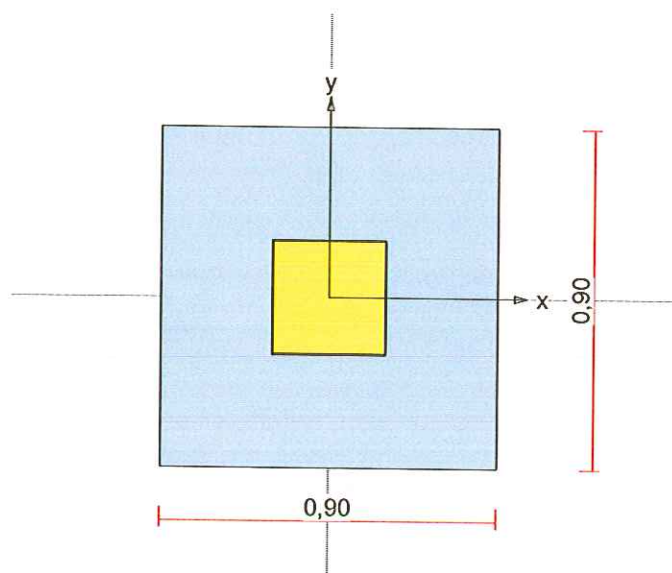
**Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.**

## Stopa w osi C/1

Nazwa fundamentu: stopa prostokątna

Skala 1 : 20





## 1. Podłoże gruntowe

### 1.1. Teren

Istniejący względny poziom terenu:  $z_t = 0,00$  m,

Projektowany względny poziom terenu:  $z_{tp} = 0,00$  m.

### 1.2. Warstwy gruntu

Lp.	Poziom stropu [m]	Grubość warstwy [m]	Nazwa gruntu	Poz. wody grunt. [m]
1	0,00	1,00	Piasek drobny	brak wody
2	1,00	0,20	Gлина piaszczysta	brak wody
3	1,20	1,60	Piasek drobny	brak wody
4	2,80	nieokreśl.	Gлина piaszczysta	brak wody

### 1.3. Parametry geotechniczne występujących gruntów

Symbol gruntu	$I_D$ [-]	$I_L$ [-]	$\rho$ [t/m <sup>3</sup> ]	stopień wilgotn.	$c_u$ [kPa]	$\Phi_u$ [ <sup>o</sup> ]	$M_0$ [kPa]	$M$ [kPa]
Gp		0,12	2,20		20,90	16,1	35429	59048
Ip		0,00	2,10		30,00	18,0	48351	80585
Gp		0,00	2,20		50,00	25,0	80591	89546
Ż	0,60		1,75	m.wilg.	0,00	39,2	173849	173849
Pd	0,60		1,65	m.wilg.	0,00	30,9	74369	92961

## 2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: słup prostokątny

Wymiary słupa:  $b = 0,30$  m,  $l = 0,30$  m,

Współrzędne osi słupa:  $x_0 = 9,30$  m,  $y_0 = 13,60$  m,

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego:  $\phi = 0,00^o$ .

## 3. Obciążenie od konstrukcji

Względny poziom przyłożenia obciążenia:  $z_{obc} = 0,00$  m.

Wypadkowa obciążenia konstrukcji powyżej 3\*B ponad poziomem posadowienia.

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj	N	H <sub>x</sub>	H <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	γ
	obciążenia*	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]
1	D+K	44,8	0,0	-6,6	0,00	0,00	1,20

\* D – obciążenia stałe, zmienne długotrwałe,

D+K - obciążenia stałe, zmienne długotrwałe i krótkotrwałe.

#### 4. Materiał

Rodzaj materiału: **żelbet**

Klasa betonu: B25, nazwa stali: St3S-b,

Średnica prętów zbrojeniowych:

na kierunku x:  $d_x = 14,0$  mm, na kierunku y:  $d_y = 14,0$  mm,

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 5,0 cm.

W warunku na przebicie nie uwzględniać strzemion.

#### 5. Wymiary fundamentu

Względny poziom posadowienia:  $z_f = 1,20$  mKształt fundamentu: **prosty**Wymiary podstawy:  $B_x = 0,90$  m,  $B_y = 0,90$  m,Wysokość:  $H = 1,00$  m,Mimośrod:  $E_x = 0,00$  m,  $E_y = 0,00$  m.

#### 6. Stan graniczny I

##### 6.1. Zestawienie wyników analizy nośności i mimośródów

Nr obc.	Rodzaj obciążenia	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośr.
* 1	D+K	1,20	0,28	0,55
	D+K	2,80	0,04	0,24

##### 6.2. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 1

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego:  $B_x = 0,90$  m,  $B_y = 0,90$  m.Względny poziom posadowienia:  $H = 1,20$  m.

Rodzaj obciążenia: D+K,

Zestawienie obciążeń:

Pozycja	Obc. char.	E <sub>x</sub>	E <sub>y</sub>	γ	Obc. obl.	Mom. obl.	Mom. obl.
	[kN]	[m]	[m]	[-]	G [kN]	M <sub>Gx</sub> [kNm]	M <sub>Gy</sub> [kNm]
Fundament	19,87	0,00	0,00	1,1(0,9)	21,85	0,00	0,00
Grunt - pole 1	0,58	0,24	-0,24	1,2(0,8)	0,70	-0,17	0,17
Grunt - pole 2	0,58	-0,24	-0,24	1,2(0,8)	0,70	-0,17	-0,17
Grunt - pole 3	0,58	-0,24	0,24	1,2(0,8)	0,70	0,17	-0,17
Grunt - pole 4	0,58	0,24	0,24	1,2(0,8)	0,70	0,17	0,17

Uwaga: Przy sprawdzaniu położenia wypadkowej alternatywnie brano pod uwagę obciążenia obliczeniowe wyznaczone przy zastosowaniu dolnych współczynników obciążenia.

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji:

siła pionowa:  $N = 44,80$  kN, mimośrody wzgl. podst. fund.  $E_x = 0,00$  m,  $E_y = 0,00$  m,siła pozioma:  $H_x = 0,00$  kN, mimośród względem podstawy fund.  $E_z = 1,20$  m,

siła pozioma:  $H_y = -6,60$  kN, mimośród względem podstawy fund.  $E_z = 1,20$  m,  
moment:  $M_x = 0,00$  kNm, moment:  $M_y = 0,00$  kNm.

### Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_r = N + G = 44,80 + 24,65 + 19,74 = 69,45 + 64,54 \text{ kN.}$$

Momenty względem środka podstawy:

$$M_{rx} = N \cdot E_y - H_y \cdot E_z + M_x + M_{Gx} = 44,80 \cdot 0,00 - (-6,60) \cdot 1,20 + 0,00 + 0,00 + 0,00 = 7,92 + 7,92 \text{ kNm.}$$

$$M_{ry} = -N \cdot E_x + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy} = -44,80 \cdot 0,00 + 0,00 \cdot 1,20 + 0,00 + (0,00) + (0,00) = 0,00 + 0,00$$

kNm.

Mimośrody sił względem środka podstawy:

$$e_{rx} = |M_{ry}/N_r| = 0,00/64,54 = 0,00 \text{ m,}$$

$$e_{ry} = |M_{rx}/N_r| = 7,92/64,54 = 0,12 \text{ m.}$$

$$e_{rx}/B_x + e_{ry}/B_y = 0,000 + 0,136 = 0,136 \text{ m} < 0,250.$$

**Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.**

### Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B_x' = B_x - 2 \cdot e_{rx} = 0,90 - 2 \cdot 0,00 = 0,90 \text{ m, } B_y' = B_y - 2 \cdot e_{ry} = 0,90 - 2 \cdot 0,11 = 0,67 \text{ m.}$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

$$\text{średnia gęstość obliczeniowa: } \rho_{D(t)} = 1,57 \text{ t/m}^3,$$

$$\text{minimalna wysokość: } D_{\min} = 1,20 \text{ m,}$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(t)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,57 \cdot 9,81 \cdot 1,20 = 18,45 \text{ kPa.}$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrzznego: } \Phi_{u(t)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 30,90 \cdot 0,90 = 27,81^\circ,$$

$$\text{spójność: } c_{u(t)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \text{ kPa,}$$

$$N_B = 5,31 \quad N_C = 25,44, \quad N_D = 14,42.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta_x = |H_x|/N_r = 0,00/69,45 = 0,00, \quad \text{tg } \delta_x/\text{tg } \Phi_{u(t)} = 0,0000/0,5275 = 0,000,$$

$$i_{Bx} = 1,00, \quad i_{Cx} = 1,00, \quad i_{Dx} = 1,00.$$

$$\text{tg } \delta_y = |H_y|/N_r = 6,60/69,45 = 0,10, \quad \text{tg } \delta_y/\text{tg } \Phi_{u(t)} = 0,0950/0,5275 = 0,180,$$

$$i_{By} = 0,72, \quad i_{Cy} = 0,83, \quad i_{Dy} = 0,84.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 1,65 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 14,57 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B_y'/B_x' = 0,81, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B_y'/B_x' = 1,22, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B_y'/B_x' = 2,12$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNBx} = B_x' \cdot B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(t)} \cdot i_{Cx} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(t)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dx} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(t)} \cdot g \cdot B_x' \cdot i_{Bx}) = 375,24 \text{ kN.}$$

$$Q_{fNBy} = B_x' \cdot B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(t)} \cdot i_{Cy} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(t)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dy} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(t)} \cdot g \cdot B_y' \cdot i_{By}) = 306,03 \text{ kN.}$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 69,45 \text{ kN} < m \cdot \min(Q_{fNBx}, Q_{fNBy}) = 0,81 \cdot 306,03 = 247,89 \text{ kN.}$$

**Wniosek: warunek nośności jest spełniony.**

### Sprawdzenie warunku granicznej nośności dla fundamentu zastępczego

Wymiary podstawy fundamentu zastępczego:  $B_x = 1,97$  m,  $B_y = 1,97$  m.

Względny poziom posadowienia:  $H = 2,80$  m.

Ciężar fundamentu zastępczego:  $G_z = 110,19$  kN.

Całkowite obciążenie pionowe fundamentu zastępczego:

$$N_r = N + G + G_z = 44,80 + 24,65 + 110,19 = 179,63 \text{ kN.}$$



Moment względem środka podstawy:

$$M_{rx} = N \cdot E_y - H_y \cdot E_z + M_x + M_{Gx} = 44,80 \cdot 0,00 - (-6,60) \cdot 2,80 + 0,00 = 18,48 \text{ kNm.}$$

$$M_{ry} = -N \cdot E_x + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy} = -44,80 \cdot 0,00 + (0,00) = 0,00 \text{ kNm.}$$

Mimośrodki sił względem środka podstawy:

$$e_{rx} = |M_{ry}/N_r| = 0,00/179,63 = 0,00 \text{ m,}$$

$$e_{ry} = |M_{rx}/N_r| = 18,48/179,63 = 0,10 \text{ m.}$$

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B_x' = B_x - 2 \cdot e_{rx} = 1,97 - 2 \cdot 0,00 = 1,97 \text{ m,} \quad B_y' = B_y - 2 \cdot e_{ry} = 1,97 - 2 \cdot 0,10 = 1,76 \text{ m.}$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

$$\text{średnia gęstość obliczeniowa: } \rho_{D(t)} = 1,52 \text{ t/m}^3,$$

$$\text{minimalna wysokość: } D_{\min} = 2,80 \text{ m,}$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(t)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,52 \cdot 9,81 \cdot 2,80 = 41,76 \text{ kPa.}$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego: } \Phi_{u(t)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 25,00 \cdot 0,90 = 22,50^\circ,$$

$$\text{spójność: } c_{u(t)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 45,00 \text{ kPa,}$$

$$N_B = 2,25 \quad N_C = 17,45, \quad N_D = 8,23.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta_x = |H_x|/N_r = 0,00/179,63 = 0,00, \quad \text{tg } \delta_x / \text{tg } \Phi_{u(t)} = 0,0000/0,4142 = 0,000,$$

$$i_{Bx} = 1,00, \quad i_{Cx} = 1,00, \quad i_{Dx} = 1,00.$$

$$\text{tg } \delta_y = |H_y|/N_r = 6,60/179,63 = 0,04, \quad \text{tg } \delta_y / \text{tg } \Phi_{u(t)} = 0,0367/0,4142 = 0,089,$$

$$i_{By} = 0,89, \quad i_{Cy} = 0,93, \quad i_{Dy} = 0,94.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 2,20 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 19,42 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B_y'/B_x' = 0,78, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B_y'/B_x' = 1,27, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B_y'/B_x' = 2,34$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNBx} = B_x' \cdot B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(t)} \cdot i_{Cx} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(t)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dx} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(t)} \cdot g \cdot B_x' \cdot i_{Bx}) = 6469,66 \text{ kN.}$$

$$Q_{fNB_y} = B_x' \cdot B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(t)} \cdot i_{Cy} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(t)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dy} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(t)} \cdot g \cdot B_y' \cdot i_{By}) = 6018,40 \text{ kN.}$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 179,63 \text{ kN} < m \cdot \min(Q_{fNBx}, Q_{fNB_y}) = 0,81 \cdot 6018,40 = 4874,90 \text{ kN.}$$

**Wniosek: warunek nośności jest spełniony.**

## 7. Stan graniczny II

### 7.1. Osiadanie fundamentu

**Osiadanie całkowite:**

Osiadanie pierwotne:  $s' = 0,00 \text{ cm.}$

Osiadanie wtórne:  $s'' = 0,00 \text{ cm.}$

Współczynnik stopnia odprężenia podłoża:  $\lambda = 0.$

Osiadanie:  $s = s' + \lambda \cdot s'' = 0,00 + 0 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ cm,}$

Sprawdzenie warunku osiadania:

**Warunek nie jest określony.**

### 7.2. Szczegółowe wyniki osiadania fundamentu

Nr warstwy	Poziom stropu [m]	Grubość warstwy [m]	Napr. pierwotne [kPa]	Napr. wtórne [kPa]	Napr. dodatk. [kPa]	Osiadanie pierwotne [cm]	Osiadanie wtórne [cm]	Osiadanie sumaryczne [cm]
1	0,0	0,17	1	0	0	0,00	0,00	0,00

2	0,2	0,17	4	0	0	0,00	0,00	0,00
3	0,3	0,17	7	0	0	0,00	0,00	0,00
4	0,5	0,17	9	0	0	0,00	0,00	0,00
5	0,7	0,17	12	0	0	0,00	0,00	0,00
6	0,8	0,17	15	0	0	0,00	0,00	0,00
7	1,0	0,10	17	0	0	0,00	0,00	0,00
8	1,1	0,10	19	0	0	0,00	0,00	0,00
9	1,2	0,18	22	0	0	0,00	0,00	0,00
					Suma	0,00	0,00	0,00

Uwaga: Wartości naprężeń są średnimi wartościami naprężeń w warstwie

## 8. Wymiarowanie fundamentu

### 8.1. Zestawienie wyników sprawdzenia stopy na przebicie

Nr obc.	Przekrój	Siła tnąca	Nośność betonu	Nośność strzemion
		V [kN]	$V_r$ [kN]	$V_s$ [kN]
* 1	1	0	1172	-

### 8.2. Sprawdzenie stopy na przebicie dla obciążenia nr 1

#### Zestawienie obciążeń:

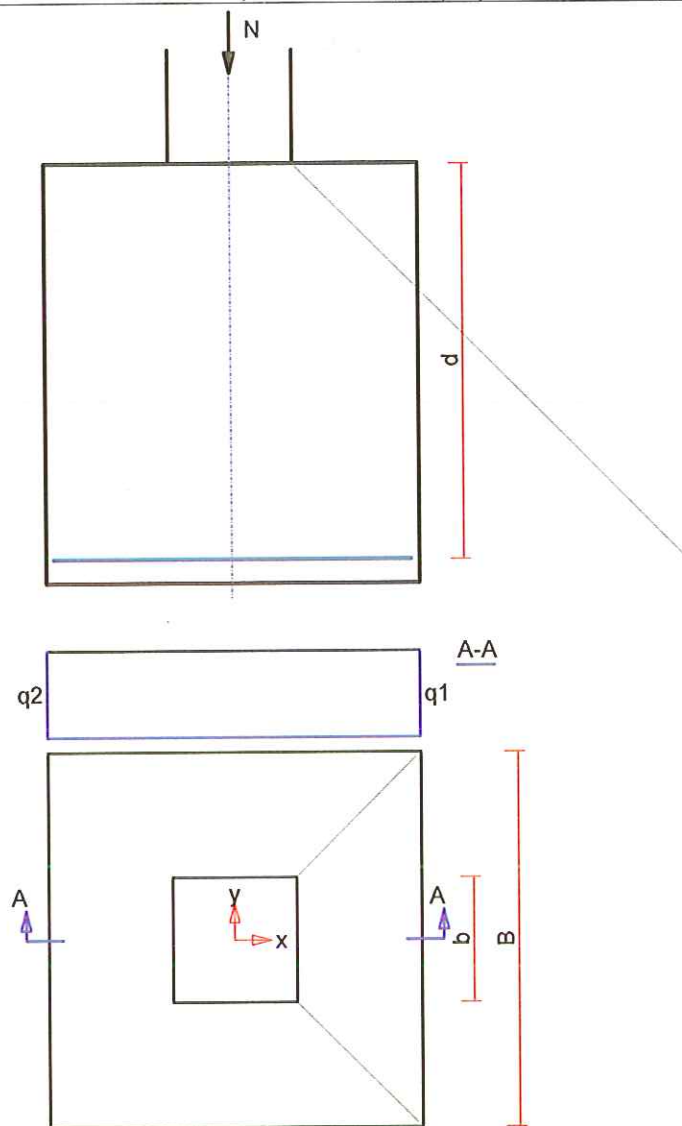
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa:  $N_r = 45$  kN,

momenty:  $M_{xr} = 7,92$  kNm,  $M_{yr} = 0,00$  kNm.

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,00$  m,  $e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 0,18$  m.

**Oddziaływanie podłoża na fundament:**

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = 55 \text{ kPa}, \quad q_2 = 55 \text{ kPa}.$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $c = -0,64 \text{ m}$ ,  $q_c = 55 \text{ kPa}$ .

**Przebiecie stopy w przekroju 1:**

Siła ścinająca:  $V_{Sd} = \int_{Ac} q \cdot dA = 0 \text{ kN}$ .

Nośność betonu na ścinanie:  $V_{Rd} = (b+d) \cdot d \cdot f_{ctd} = (0,30+0,94) \cdot 0,94 \cdot 1000 = 1172 \text{ kN}$ .

$$V_{Sd} = 0 \text{ kN} < V_{Rd} = 1172 \text{ kN}.$$

**Wniosek: warunek na przebiecie jest spełniony.**

**8.3. Zestawienie wyników sprawdzenia stopy na zginanie**

Nr obc.	Kierunek	Przekrój	Nośność przekroju	
			Moment zginający M [kNm]	$M_r$ [kNm]
* 1	x	1	3	110
	y	1	6	108

Uwaga: Momenty zginające wyznaczono metodą wsporników prostokątnych.

## 8.4. Sprawdzenie stopy na zginanie dla obciążenia nr 1 na kierunku x

## Zestawienie obciążeń:

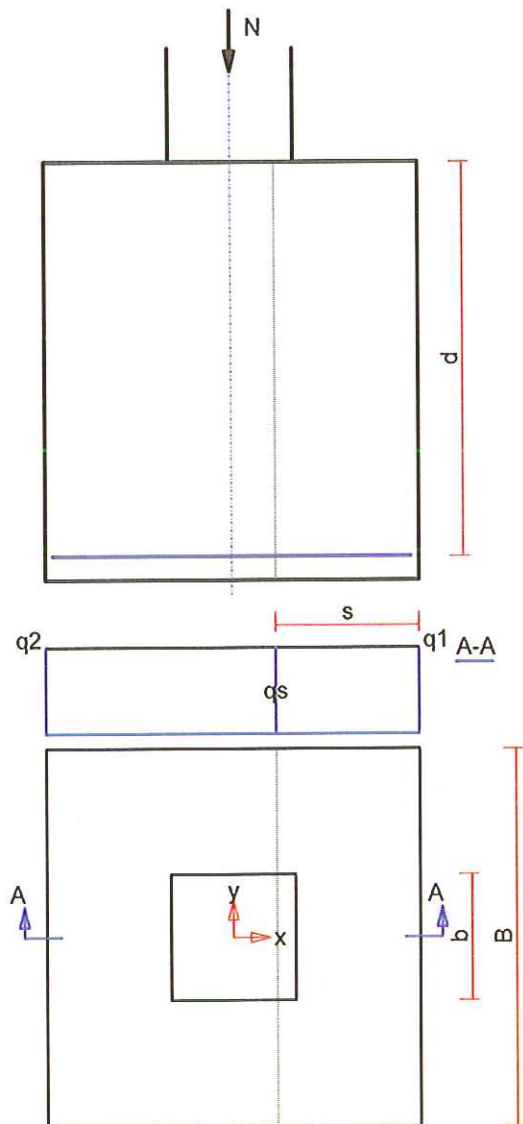
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa:  $N_r = 45 \text{ kN}$ ,

momenty:  $M_{xr} = 7,92 \text{ kNm}$ ,  $M_{yr} = 0,00 \text{ kNm}$ .

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,00 \text{ m}$ ,  $e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 0,18 \text{ m}$ .



## Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$q_1 = 55 \text{ kPa}$ ,  $q_2 = 55 \text{ kPa}$ .

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $s = 0,35 \text{ m}$ ,  $q_s = 55 \text{ kPa}$ .

**Zginanie stopy w przekroju 1:**

Moment zginający:

$$M_{sd} = (2 \cdot q_1 + q_s) \cdot B \cdot s^2 / 6 = (2 \cdot 55 + 55) \cdot 0,90 \cdot 0,12^2 / 6 = 3 \text{ kNm.}$$

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_s = 0,2 \text{ cm}^2$ .Przyjęta powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_{Rs} = 6,2 \text{ cm}^2$ .

$$A_s = 0,2 \text{ cm}^2 < A_{Rs} = 6,2 \text{ cm}^2.$$

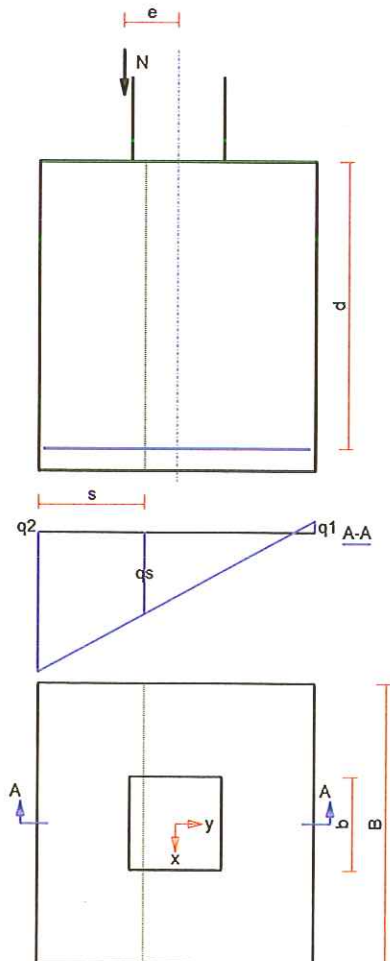
**Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.****8.5. Sprawdzenie stopy na zginanie dla obciążenia nr 1 na kierunku y****Zestawienie obciążeń:**

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa:  $N_r = 45 \text{ kN}$ ,momenty:  $M_{xr} = 7,92 \text{ kNm}$ ,  $M_{yr} = 0,00 \text{ kNm}$ .

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$$e_{xr} = |M_{yr} / N_r| = 0,00 \text{ m}, \quad e_{yr} = |M_{xr} / N_r| = 0,18 \text{ m}.$$



**Oddziaływanie podłoża na fundament:**

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = -10 \text{ kPa}, \quad q_2 = 120 \text{ kPa}.$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $s = 0,35 \text{ m}$ ,  $q_s = 71 \text{ kPa}$ .

**Zginanie stopy w przekroju 1:**

Moment zginający:

$$M_{sd} = (2 \cdot q_2 + q_s) \cdot B \cdot s^2 / 6 = (2 \cdot 120 + 71) \cdot 0,90 \cdot 0,12 / 6 = 6 \text{ kNm}.$$

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_s = 0,3 \text{ cm}^2$ .

Przyjęta powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_{Rs} = 6,2 \text{ cm}^2$ .

$$A_s = 0,3 \text{ cm}^2 < A_{Rs} = 6,2 \text{ cm}^2.$$

**Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.**

**Ilość betonu:  $0,81 \text{ m}^3$ .**

mgr inż. Marek Skórzewski  
Projektant Konstrukcji

NR. UPR. MAZ/0089/P00K/10

