

Temat opracowania:

PROJEKT TECHNICZNY
BUDYNEK ŚWIETLICY SOŁECKIEJ (KAT IX)

Budowa:

**gm. Nowosolna, m. Teolin 12a, jedn. ewid. 100608_2, dz. nr ewid. 322,
obr. 0008 Lipiny, id. działki: 100608_2.0008.322**

Inwestor:

GMINA NOWOSOLNA
92-703 Łódź, ul. Rynek Nowosolna 1

ZAŁĄCZNIK OBLICZENIOWY

Wykaz norm:

Eurokod 0 - PN-EN 1990 - Podstawy projektowania konstrukcji
Eurokod 1 - PN-EN 1991 - Oddziaływania na konstrukcje
Eurokod 2 - PN-EN 1992 - Projektowanie konstrukcji z betonu
Eurokod 3 - PN-EN 1993 - Projektowanie konstrukcji stalowych
Eurokod 4 - PN-EN 1994 - Projektowanie konstrukcji zespolonych
Eurokod 5 - PN-EN 1995 - Projektowanie konstrukcji drewnianych
Eurokod 6 - PN-EN 1996 - Projektowanie konstrukcji murowych
Eurokod 7 - PN-EN 1997 - Projektowanie geotechniczne

Autor opracowania:

mgr inż. Dariusz Lenarcik	Upr. Nr LOD/2277/POOK/13	Podpis:
---------------------------	--------------------------	----------------

Spis treści

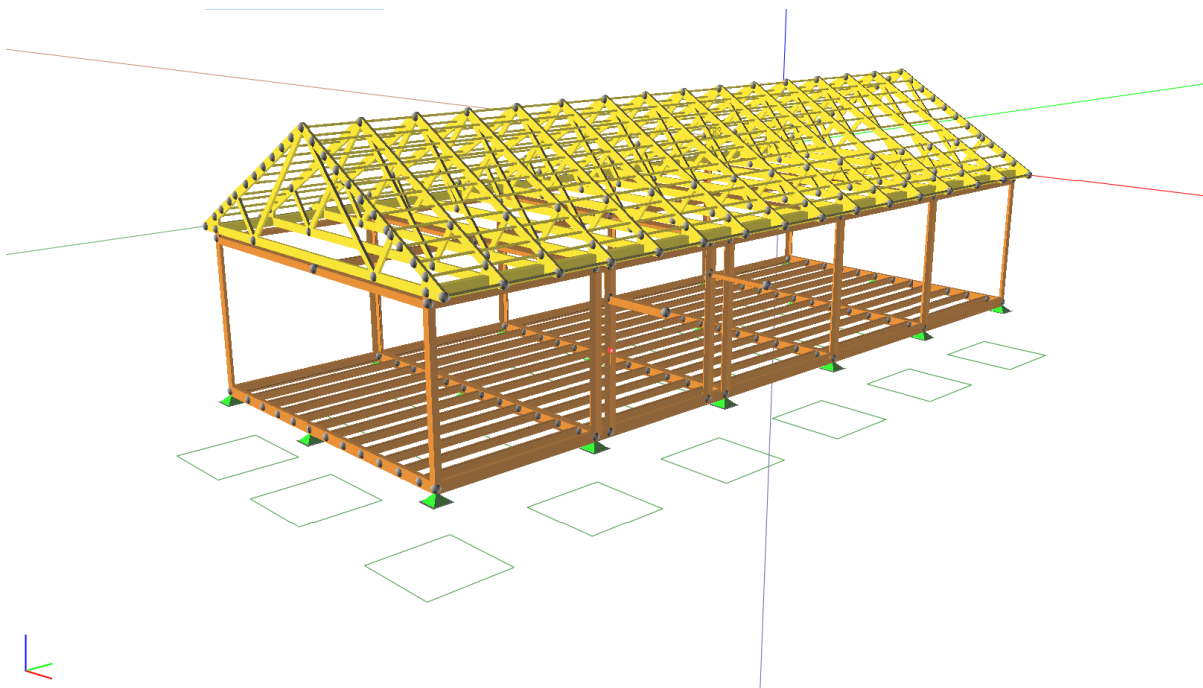
1. Zestawienie obciążeń.....	3
1. Obliczenia (wyciąg).....	4
1.1. Schemat konstrukcji budynku.....	4
1.2. Konstrukcja dachu.....	11
1.3. Rama stalowa kontenera.....	26
1.4. Profile zimnogięte – ruszt podłogowy.....	50
1.5. Stopa fundamentowa Sf1.....	58
1.6. Stopa fundamentowa Sf2.....	71

1. Zestawienie obciążeń

Opis	Jedn.	Q_k	γ_{f1}	γ_{f2}	Q_{o1}	Q_{o2}
1. Ciężar						
1.1. Połąc dachu	kN/m ²	0,45	1,35	1,00	0,61	0,45
1.1.1. Blachodachówka	kN/m ²	0,35	1,35	1,00	0,47	0,35
1.1.2. Łaty i kontrłaty	kN/m ²	0,10	1,35	1,00	0,14	0,10
1.2. Płyta warstwowa 12cm - ścienna	kN/m ²	0,05	1,35	1,00	0,06	0,05
1.3. Płyta warstwowa 16cm	kN/m ²	0,06	1,35	1,00	0,09	0,06
1.4. Podłoga	kN/m ²	0,53	1,35	1,00	0,71	0,53
1.4.1. Blacha ocynkowana	kN/m ²	0,08	1,35	1,00	0,11	0,08
1.4.2. Wełna mineralna 15cm	kN/m ²	0,27	1,35	1,00	0,36	0,27
1.4.3. Płyta OSB25mm	kN/m ²	0,16	1,35	1,00	0,22	0,16
1.4.4. Wykładzina	kN/m ²	0,02	1,35	1,00	0,02	0,02
2. Śnieg						
2.1. Dach dwuspadowy cały śnieg	kN/m ²	0,72	1,50	1,50	1,08	1,08
2.2. Dach dwuspadowy połowa śniegu	kN/m ²	0,36	1,50	1,50	0,54	0,54
2.3. Dach przylegający do wyższych budowli	kN/m ²	1,22	1,50	1,50	1,82	1,82
2.4. Dach przylegający do wyższych budowli okap	kN/m ²	1,10	1,50	1,50	1,65	1,65
3. Wiatr						
3.1. Dach dwuspadowy nawietrzna						
3.1.1. Pole F	kN/m ²	0,33	1,50	1,50	0,49	0,49
3.1.2. Pole G	kN/m ²	0,33	1,50	1,50	0,49	0,49
3.1.3. Pole H	kN/m ²	0,15	1,50	1,50	0,23	0,23
3.2. Dach dwuspadowy nawietrzna ujemne						
3.2.1. Pole F	kN/m ²	-0,38	1,50	1,50	-0,57	-0,57
3.2.2. Pole G	kN/m ²	-0,38	1,50	1,50	-0,57	-0,57
3.2.3. Pole H	kN/m ²	-0,20	1,50	1,50	-0,30	-0,30
3.3. Dach dwuspadowy zawietrzna						
3.3.1. Pole I	kN/m ²	-0,08	1,50	1,50	-0,13	-0,13
3.3.2. Pole J	kN/m ²	-0,08	1,50	1,50	-0,13	-0,13
3.4. Dach dwuspadowy zawietrzna ujemne						
3.4.1. Pole I	kN/m ²	-0,32	1,50	1,50	-0,48	-0,48
3.4.2. Pole J	kN/m ²	-0,38	1,50	1,50	-0,57	-0,57
3.5. Ściana pionowa nawietrzna	kN/m ²	0,36	1,50	1,50	0,53	0,53
3.6. Ściana pionowa zawietrzna	kN/m ²	-0,29	1,50	1,50	-0,44	-0,44
3.7. Ściana pionowa boczna						
3.7.1. Pole A	kN/m ²	-0,78	1,50	1,50	-1,18	-1,18
3.7.2. Pole B	kN/m ²	-0,55	1,50	1,50	-0,82	-0,82
3.8. Wiata jednospadowa dodatnie						
3.8.1. Pole A	kN/m ²	0,31	1,50	1,50	0,46	0,46
3.8.2. Pole B	kN/m ²	0,96	1,50	1,50	1,44	1,44
3.8.3. Pole C	kN/m ²	0,59	1,50	1,50	0,88	0,88
3.9. Wiata jednospadowa ujemne						
3.9.1. Pole A	kN/m ²	-0,40	1,50	1,50	-0,60	-0,60
3.9.2. Pole B	kN/m ²	-0,73	1,50	1,50	-1,09	-1,09
3.9.3. Pole C	kN/m ²	-0,78	1,50	1,50	-1,17	-1,17
4. Użytkowe						
4.1. Użytkowe (kategoria C5)	kN/m ²	5,00	1,50	1,00	7,50	5,00
4.2. Użytkowe (kategoria A)	kN/m ²	2,00	1,50	1,00	3,00	2,00

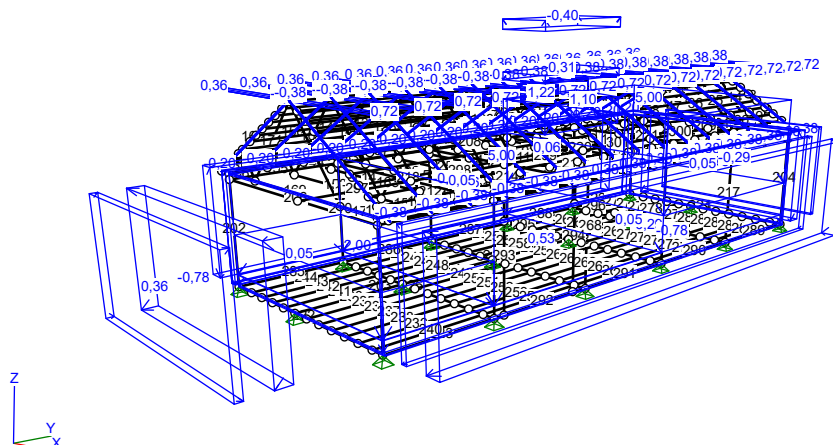
1. Obliczenia (wyciąg)

1.1. Schemat konstrukcji budynku



Zestawienie Materiału

Oznaczenie	Materiał	Długości [m]:	Masa [t]:
B 14,5x4,5	134 - Drewno C24	$32 \times 1,60 + 32 \times 3,82 + 16 \times 3,40 = 227,77$	0,624
B 9,5x4,5	134 - Drewno C24	$32 \times 2,56 + 32 \times 0,81 = 107,94$	0,194
B 20x4,5	134 - Drewno C24	$32 \times 0,21 = 6,70$	0,025
B 14x14	134 - Drewno C24	$2 \times 15,00 = 30,00$	0,247
B 3x5	134 - Drewno C24	$23 \times 15,00 = 345,00$	0,217
L 120x120x10	1 - S 235	$20 \times 2,80 + 10 \times 5,88 + 2 \times 15,00 + 4 \times 2,65 + 2 \times 1,20 = 157,79$	2,874
U 180 UPE	1 - S 235	$10 \times 5,88 + 10 \times 3,00 = 88,80$	1,749
U C 140x50x4~	1 - S 235	$60 \times 3,00 = 180,00$	1,282
Masa całkowita ustroju			7,213
Materiał		Jednostka miary	Ilość:
Drewno: 134 - Drewno C24		m ³	3,113
Stal 1993: 1 - S 235		t	5,905



Obciążenia:

Wyniki Obliczeń wg PN-EN	
Teoria I rzędu	
Obwiednie sił	

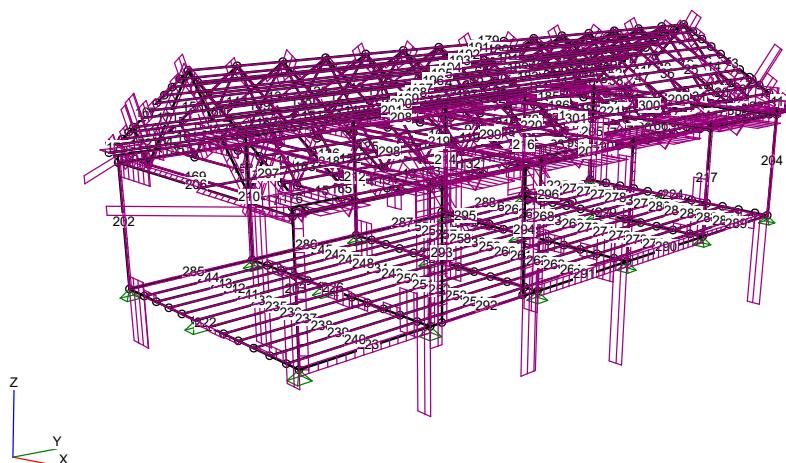
Kombinacje Obciążeń:

Nr:	Zawsze:	Ewentualnie:
1	CW+St	S4+U1+U2+U3+S1/S2/S3+W1/W2+W3/W4

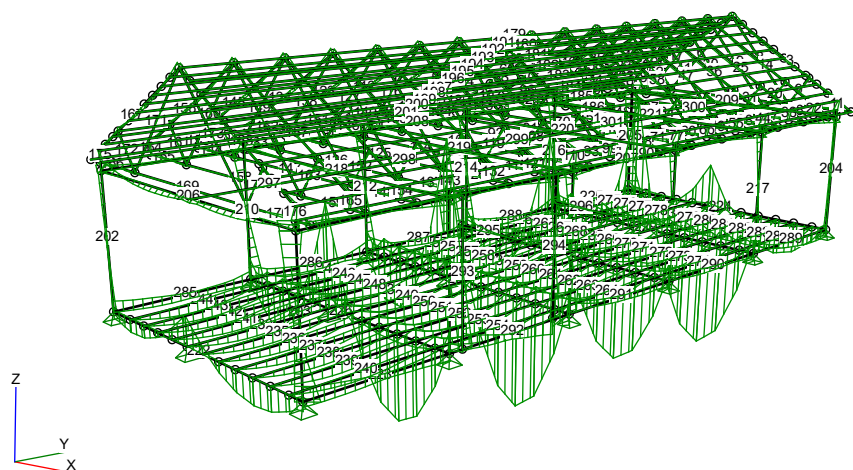
Relacje Grup Obciążeń:

Grupa obciążeń:	Relacje:
S1 - śnieg	Nie występuje z: S2S3.
S2 - śnieg	Nie występuje z: S1S3.
S3 - śnieg	Nie występuje z: S1S2.
W1 - wiatr	Nie występuje z: W2.
W2 - wiatr	Nie występuje z: W1.
W3 - wiatr daszek dodatnie	Nie występuje z: W4.
W4 - wiatr daszek ujemne	Nie występuje z: W3.

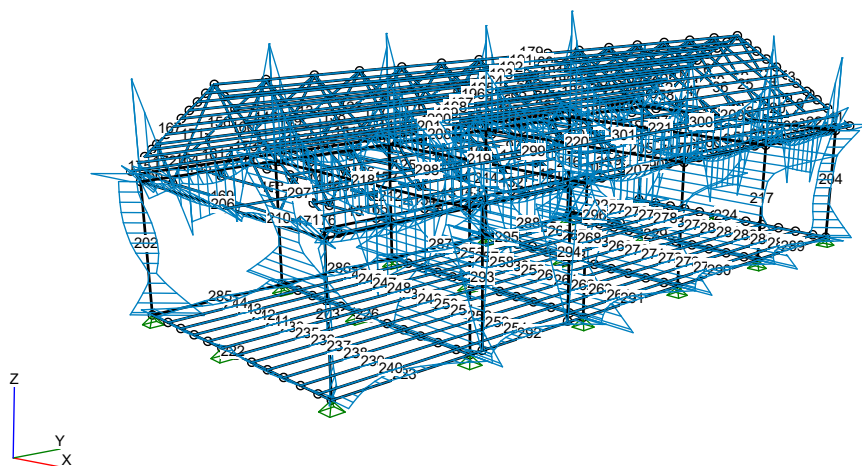
Mx



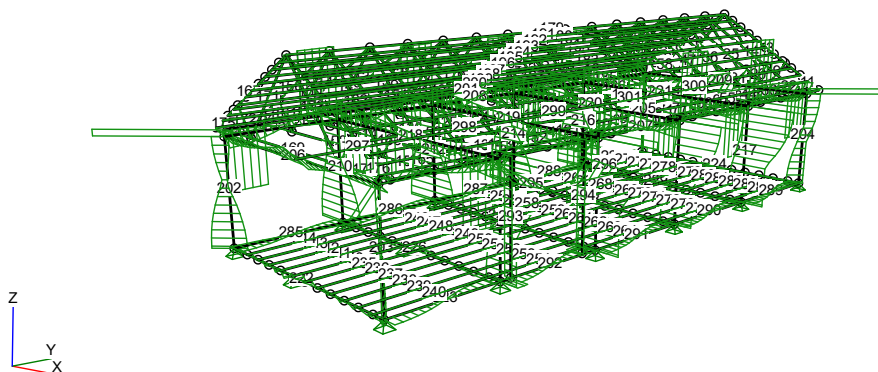
My



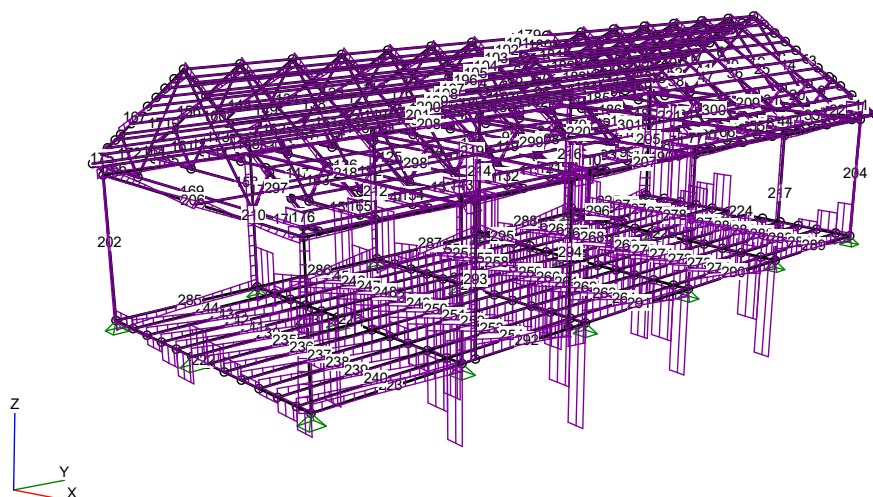
Mz



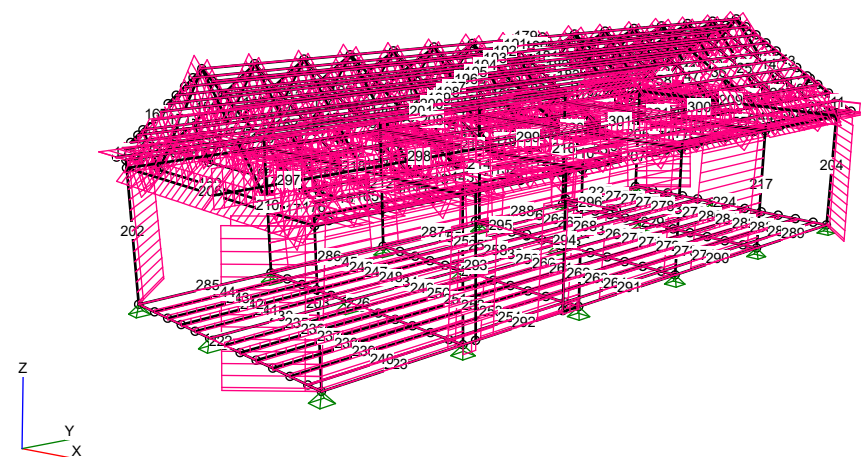
Ty



Tz



N



Reakcje podporowe: Kombinacja obliczeniowa PN-EN

Nr węzła:	Rx [kN]:	Ry [kN]:	Rz [kN]:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:
211	1,39	2,27	12,61	0	0	-0,25
211	-3,07	0,04	11,12	0	0	0,79
211	0,75	2,71	17,55	0	0	-0,25
211	-2,43	-0,41	6,18	0	0	0,79
211	1,03	2,67	21,16	0	0	-0,25
211	-2,71	-0,36	2,57	0	0	0,79
211	1,08	2,56	18,48	0	0	-0,25
211	0,96	2,48	12,74	0	0	-0,25
211	-2,79	0,00	14,86	0	0	0,79
211	1,17	2,26	8,13	0	0	-0,25
211	-2,66	-0,37	3,17	0	0	0,79
211	1,09	2,32	9,03	0	0	-0,25
211	1,03	2,67	21,16	0	0	-0,25
211	-2,71	-0,36	2,57	0	0	0,79
212	2,28	-0,34	10,53	0	0	-0,79
212	-0,39	0,00	12,86	0	0	0
212	2,08	3,01	15,85	0	0	-0,51

212	1,5	-0,85	8,81	0	0	-0,79
212	1,68	2,9	22,33	0	0	-0,51
212	1,9	-0,75	2,33	0	0	-0,79
212	2,11	3	14,88	0	0	-0,51
212	1,79	2,66	7,37	0	0	-0,51
212	1,54	2,61	13,07	0	0	-0,51
212	-0,34	0,03	11,99	0	0	0
212	2,18	-0,41	10,66	0	0	-0,79
212	1,68	2,9	22,33	0	0	-0,51
212	1,84	2,67	6,81	0	0	-0,51
213	2,16	0,19	12	0	0	0,81
213	-0,49	-0,03	19,47	0	0	0
213	0,51	2,05	16,84	0	0	0,1
213	0,24	-0,48	15,96	0	0	0,00
213	-0,19	-0,39	27,77	0	0	0,00
213	1,87	0,55	3,71	0	0	0,81
213	0,95	1,96	5,03	0	0	0,1
213	0,95	1,96	5,03	0	0	0,1
213	0,7	1,8	23,48	0	0	0,1
213	2,07	0,25	12,21	0	0	0,81
213	-0,45	-0,04	18,51	0	0	0
213	0,96	1,94	5,05	0	0	0,1
213	0,77	1,7	26,09	0	0	0,1
213	0,95	1,96	5,03	0	0	0,1
214	2,62	2,55	14,79	0	0	0,5
214	-3,05	-0,2	11,35	0	0	-0,8
214	2,57	2,57	13,68	0	0	0,5
214	-0,22	-0,48	15,35	0	0	0,00
214	0,33	-0,38	23,31	0	0	0,00
214	-2,77	0,14	3,37	0	0	-0,8
214	2,62	2,55	14,79	0	0	0,5
214	2,04	2,45	6,1	0	0	0,5
214	2,4	2,37	18,14	0	0	0,5
214	2,04	2,46	5,93	0	0	0,5
214	-2,41	-0,06	19,47	0	0	-0,8
214	2,03	2,44	6,47	0	0	0,5
214	2,34	2,22	22,76	0	0	0,5
214	2,03	2,46	5,72	0	0	0,5
219	4,82	2,48	33,55	0	0	0,24
219	-5,76	-0,06	16,58	0	0	-0,03
219	4,23	2,65	38,58	0	0	0,24
219	-5,17	-0,23	11,55	0	0	-0,03
219	4,6	2,54	44,43	0	0	0,24
219	-5,54	-0,12	5,7	0	0	-0,03
219	3,6	2,36	31,04	0	0	0,24
219	4,09	2,62	31,08	0	0	0,24
219	3,46	2,36	30,76	0	0	0,24
219	-4,34	0,05	18,21	0	0	-0,03
219	3,64	2,41	14	0	0	0,24
219	3,43	2,41	13,8	0	0	0,24
219	4,6	2,54	44,43	0	0	0,24
219	-5,54	-0,12	5,7	0	0	-0,03
220	4,29	0,11	23,79	0	0	-0,18
220	-1,69	0,08	41,1	0	0	0,04
220	2,29	4,01	48,34	0	0	-0,63
220	3,1	-0,28	16,89	0	0	0,08
220	1,86	3,85	56,65	0	0	-0,63
220	3,53	-0,12	8,58	0	0	0,08
220	3,1	3,83	28,73	0	0	-0,63
220	3,54	0,24	36,56	0	0	-0,18
220	2,84	0,02	37,54	0	0	-0,13
220	2,4	-0,01	33,78	0	0	0,08
220	2,99	3,74	31,45	0	0	-0,63


















220	4,06	-0,06	13,05	0	0	-0,18
220	1,86	3,97	56,47	0	0	-0,63
220	2,34	3,6	13,52	0	0	-0,37
221	5,22	2,29	39,09	0	0	0,22
221	-5,72	-0,08	16,22	0	0	-0,01
221	3,24	2,34	26,87	0	0	0,22
221	-3,74	-0,13	28,43	0	0	-0,01
221	4,93	2,3	51,48	0	0	0,22
221	-5,42	-0,09	3,82	0	0	-0,01
221	4,52	2,33	46,6	0	0	0,22
221	-5,39	-0,06	5,61	0	0	-0,01
221	4,88	2,32	45,69	0	0	0,22
221	-5,32	-0,11	8,47	0	0	-0,01
221	3,57	2,3	14,07	0	0	0,22
221	4,93	2,3	51,48	0	0	0,22
221	-5,42	-0,09	3,82	0	0	-0,01
222	4,7	-0,53	19,82	0	0	0,27
222	-2,49	-0,1	52,16	0	0	-0,04
222	2,76	3,4	21,5	0	0	-0,44
222	2,29	-0,71	47,74	0	0	0,27
222	-1,75	-0,34	66,91	0	0	0,25
222	3,96	-0,29	5,07	0	0	-0,03
222	-1,75	-0,51	54,52	0	0	0,25
222	3,1	3,17	19,48	0	0	-0,2
222	4,37	-0,39	26,18	0	0	0,27
222	0,68	3,08	43,05	0	0	-0,45
222	4,32	-0,63	12,29	0	0	0,27
222	2,77	3,23	9,11	0	0	-0,44
222	1,09	2,98	64,17	0	0	-0,15
222	2,78	3,23	6,88	0	0	-0,44
223	5,19	2,24	37,33	0	0	0,22
223	-5,54	-0,07	16,31	0	0	0,00
223	4,27	2,42	25,14	0	0	0,22
223	-4,62	-0,26	28,5	0	0	0,00
223	4,97	2,23	47,98	0	0	0,22
223	-5,32	-0,07	5,66	0	0	0,00
223	3,47	2,27	24,36	0	0	0,22
223	4,93	2,24	40,7	0	0	0,22
223	4,35	2,09	23,55	0	0	0,22
223	-4,65	0,08	28,94	0	0	0,00
223	3,58	2,27	13,93	0	0	0,22
223	4,97	2,23	47,98	0	0	0,22
223	-5,32	-0,07	5,66	0	0	0,00
224	3,92	-0,06	18,05	0	0	0,01
224	-1,95	-0,05	46,17	0	0	0
224	2,62	2,23	25,79	0	0	-0,4
224	2,2	-0,16	37,11	0	0	0,01
224	-1,64	-0,05	56,89	0	0	0
224	3,61	-0,06	7,33	0	0	0,01
224	2,56	2,19	21,94	0	0	-0,4
224	2,02	2,19	31,8	0	0	-0,4
224	3,01	-0,12	36,5	0	0	0,01
224	1,76	2,19	25,25	0	0	-0,4
224	2,46	2,23	11,82	0	0	-0,4
224	1,21	2,13	55,57	0	0	-0,4
224	2,53	2,19	10,75	0	0	-0,4
225	5,34	2,4	42,53	0	0	0,23
225	-5,5	-0,1	16,73	0	0	0,01
225	5,19	2,42	38,41	0	0	0,23
225	-5,35	-0,12	20,85	0	0	0,01
225	5,05	2,32	54,37	0	0	0,23
225	-5,21	-0,02	4,89	0	0	0,01
225	5,33	2,41	42,48	0	0	0,23

225	3,6	2,35	15,15	0	0	0,23
225	3,78	2,37	17,33	0	0	0,23
225	3,78	2,37	15,23	0	0	0,23
225	1,73	-0,02	48,5	0	0	0
225	5,05	2,32	54,37	0	0	0,23
225	-5,21	-0,02	4,89	0	0	0,01
226	4,07	-0,02	17,3	0	0	0,00
226	-2,51	-0,05	54,46	0	0	0
226	2,69	2,28	10	0	0	-0,41
226	1,7	-0,12	60,85	0	0	0
226	-2,29	-0,11	65,37	0	0	0
226	3,86	0,04	6,39	0	0	0,00
226	0,62	2,24	49,09	0	0	-0,41
226	0,55	2,14	59,68	0	0	-0,41
226	4	-0,01	18,51	0	0	0,00
226	0,32	2,18	51,18	0	0	-0,41
226	2,65	2,23	12,47	0	0	-0,41
226	0,55	2,17	64,37	0	0	-0,41
226	2,69	2,28	10	0	0	-0,41
237	0,01	1,68	15,58	0	0	0,09
237	0	-0,56	4,97	0	0	0,00
237	0,01	1,68	3,94	0	0	0,09
237	0	-0,56	16,6	0	0	0,00
237	0	-0,56	19,62	0	0	0,00
237	0	0	0,4	0	0	0
237	0,01	1,68	19,59	0	0	0,09
237	0	0	15,84	0	0	0
237	0,01	1,68	16,13	0	0	0,09
237	0	-0,56	4,42	0	0	0,00
237	0	0	0,54	0	0	0
237	0,01	1,68	19,59	0	0	0,09
237	0,01	1,68	0,92	0	0	0,09
238	0	0,42	36,52	0	0	0,00
238	-0,01	1,68	3,97	0	0	0,09
238	-0,01	1,68	35,64	0	0	0,09
238	0	0	4,2	0	0	0
238	0	0,42	37,54	0	0	0,00
238	-0,01	1,68	2,95	0	0	0,09
238	0	0,42	35,63	0	0	0,00
238	-0,01	1,68	2,97	0	0	0,09
238	0	0,42	37,52	0	0	0,00
238	-0,01	1,68	36,3	0	0	0,09
238	0	0,42	5,66	0	0	0,00
238	-0,01	1,68	3,63	0	0	0,09
238	-0,01	1,68	36,3	0	0	0,09
238	-0,01	1,68	2,95	0	0	0,09
239	0	1,44	103,2	0	0	0,2
239	0	1,44	102,31	0	0	0,2
239	0	0	10,34	0	0	0
239	0	0,1	109,24	0	0	-0,01
239	0	1,44	4,54	0	0	0,2
239	0	1,44	102,18	0	0	0,2
239	0	0,1	106,95	0	0	-0,01
239	0	1,44	4,72	0	0	0,2
239	0	0,1	6,13	0	0	-0,01
239	0	1,44	107,83	0	0	0,2
239	0	1,44	4,54	0	0	0,2
240	0	-0,01	89,42	0	0	-0,01
240	0	1,28	49,53	0	0	0,2
240	0	-0,01	48,16	0	0	-0,01
240	0	-0,01	89,6	0	0	-0,01
240	0	1,28	8,09	0	0	0,2
240	0	-0,01	49,1	0	0	-0,01

240	0	1,28	47,59	0	0	0,2
240	0	-0,01	50,1	0	0	-0,01
240	0	-0,01	10,6	0	0	-0,01
240	0	1,28	88,22	0	0	0,2
240	0	1,28	8,09	0	0	0,2
241	0	-0,1	95,23	0	0	-0,01
241	0	1,28	4,92	0	0	0,2
241	0	-0,1	98,58	0	0	-0,01
241	0	-0,1	102,97	0	0	-0,01
241	0	1,28	0,53	0	0	0,2
241	0	0	99,77	0	0	0
241	0	1,28	97,44	0	0	0,2
241	0	-0,1	6,06	0	0	-0,01
241	0	1,28	0,69	0	0	0,2
241	0	1,28	101,56	0	0	0,2
241	0	1,28	0,53	0	0	0,2
242	0	-0,21	73,14	0	0	-0,01
242	0	1,44	9,39	0	0	0,2
242	0	1,44	29,79	0	0	0,2
242	0	-0,21	52,75	0	0	-0,01
242	0	-0,21	73,35	0	0	-0,01
242	0	1,44	9,18	0	0	0,2
242	0	1,44	9,31	0	0	0,2
242	0	0	50,53	0	0	0
242	0	1,44	69,99	0	0	0,2
242	0	-0,21	12,54	0	0	-0,01
242	0	0	9,47	0	0	0
242	0	-0,21	11,78	0	0	-0,01
242	0	1,44	71,99	0	0	0,2
242	0	1,44	9,18	0	0	0,2

1.2. Konstrukcja dachu

Tabelaryczne zestawienie wyników - Wyniki wymiarowania wg PN-EN 1995

Nr pręta:	Przekrój:	Warunek decydujący:	Nośność:	Kombinacja obc.
7	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,815	
167	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,781	
168	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,753	
134	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,741	
35	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,737	
101	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,734	
68	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,732	
172	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,721	
135	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,713	
2	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,711	
36	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,711	
169	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,710	
102	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,705	
69	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,704	
145	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,700	
13	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,699	
3	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,695	

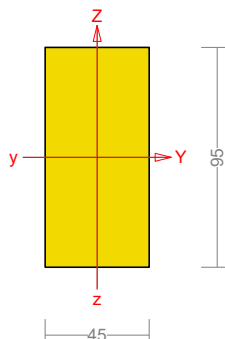
57	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,692	
79	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,692	
90	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,692	
156	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,692	
46	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,691	
112	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,691	
24	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,687	
123	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,687	
25	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,672	
146	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,670	
58	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,666	
91	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,663	
157	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,661	
80	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,658	
113	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,658	
124	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,656	
14	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,653	
47	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,653	
9	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,639	
139	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,613	
40	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,611	
106	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,609	
29	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,607	
73	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,607	
1	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,602	
62	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,601	
95	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,600	
18	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,598	
128	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,598	
117	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,596	
150	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,596	
84	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,595	
51	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,593	
161	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,591	
107	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,584	
174	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,563	
41	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,535	
141	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,533	
42	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,532	
108	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,532	
75	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,530	
166	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,523	
20	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,517	
152	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,516	
34	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,516	
163	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,515	
86	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,514	
53	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,513	

119	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,513	
31	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,512	
64	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,512	
97	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,511	
130	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,510	
67	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,509	
100	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,508	
140	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,497	
133	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,475	
170	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,469	
74	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,463	
5	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,463	
103	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,436	
104	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,428	
37	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,427	
12	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,420	
56	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,418	
89	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,418	
23	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,417	
122	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,416	
38	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,411	
78	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,411	
45	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,410	
111	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,409	
144	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,407	
155	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,405	
173	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,404	
136	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,404	
70	10 - B 14,5x4,5	Ściskanie	0,394	
137	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,390	
71	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,381	
93	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,381	
27	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,380	
60	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,380	
115	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,379	
49	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,378	
82	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,378	
159	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,378	
126	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,377	
148	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,377	
16	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,371	
4	10 - B 14,5x4,5	SGU	0,369	
8	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,327	
52	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,188	
96	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,186	
118	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,186	
85	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,183	
129	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,182	

63	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,180	<div><div></div></div>
151	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,180	<div><div></div></div>
162	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,177	<div><div></div></div>
30	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,175	<div><div></div></div>
171	9 - B 9,5x4,5	Zginanie	0,174	<div><div></div></div>
19	9 - B 9,5x4,5	Ściskanie	0,172	<div><div></div></div>
6	9 - B 9,5x4,5	Zginanie	0,166	<div><div></div></div>
26	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,136	<div><div></div></div>
92	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,135	<div><div></div></div>
15	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,134	<div><div></div></div>
59	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,134	<div><div></div></div>
147	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,133	<div><div></div></div>
48	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,132	<div><div></div></div>
81	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,132	<div><div></div></div>
114	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,132	<div><div></div></div>
125	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,131	<div><div></div></div>
158	10 - B 14,5x4,5	Zginanie	0,125	<div><div></div></div>
138	9 - B 9,5x4,5	Zginanie	0,104	<div><div></div></div>
105	9 - B 9,5x4,5	Zginanie	0,103	<div><div></div></div>
72	9 - B 9,5x4,5	Zginanie	0,101	<div><div></div></div>
39	9 - B 9,5x4,5	Zginanie	0,100	<div><div></div></div>
160	9 - B 9,5x4,5	Zginanie	0,100	<div><div></div></div>
50	9 - B 9,5x4,5	Zginanie	0,093	<div><div></div></div>
83	9 - B 9,5x4,5	Zginanie	0,093	<div><div></div></div>
94	9 - B 9,5x4,5	Zginanie	0,093	<div><div></div></div>
28	9 - B 9,5x4,5	Zginanie	0,092	<div><div></div></div>
61	9 - B 9,5x4,5	Zginanie	0,092	<div><div></div></div>
116	9 - B 9,5x4,5	Zginanie	0,092	<div><div></div></div>
127	9 - B 9,5x4,5	Zginanie	0,092	<div><div></div></div>
149	9 - B 9,5x4,5	Zginanie	0,092	<div><div></div></div>
17	9 - B 9,5x4,5	Zginanie	0,091	<div><div></div></div>

Pręt nr 7 - krzyżulec

Wyniki wymiarowania elementów drewnianych wg PN-EN 1995



Przekrój: 9 „B 9,5x4,5”

Wymiary przekroju:

$$h=95,0 \text{ mm } b=45,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=321,5; J_z=72,1 \text{ cm}^4; A=42,75 \text{ cm}^2; i_y=2,7; i_z=1,3 \text{ cm; } W_y=67,7; W_z=32,1 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku) oraz klasę trwania obciążenia: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60 \quad \gamma_M = 1,3$$

$$k_{h,m} = \min [(150/95)^{0,2}; 1,3] = 1,096$$

$$k_{h,t} = \min [(150/45)^{0,2}; 1,3] = 1,272$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 1,096 \times 24,00 = 26,30$$

$$f_{m,d} = 12,136 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 1,272 \times 14,50 = 18,45$$

$$f_{t,0,d} = 8,514 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,185 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,692 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,50$$

$$f_{c,90,d} = 1,154 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 4,00$$

$$f_{v,d} = 1,846 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 7

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-EN 1995. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych przy uwzględnieniu niekorzystnych kombinacji obciążeń.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,000 \text{ m; } x_b=0,809 \text{ m; }$ pręśło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·(CW+St) +1,5·(S2+S4+U1+W1+W3) (a)”.

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie Y (wyznaczona w sposób uproszczony):

$$l_c = \mu l = 0,593 \times 0,809 = 0,480 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie Z (wyznaczona w sposób uproszczony):

$$l_c = \mu l = 2,193 \times 0,809 = 1,773 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 0,480 / 2,7424 \times 10^3$$

$$^2 = 17,48$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 1,773 / 1,2990 \times 10^2 = 136,51$$

$$\lambda_{rel,y} = \lambda_y / \pi \sqrt{f_{c,0,k} / E_{0,05}} = 17,48 / \pi \times \sqrt{21/7400} = 0,296 \quad (6.21)$$

$$\lambda_{rel,z} = \lambda_z / \pi \sqrt{f_{c,0,k} / E_{0,05}} = 136,51 / \pi \times \sqrt{21/7400} = 2,315 \quad (6.22)$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,296 - 0,3) + (0,296)^2] = 0,544 \quad (6.27)$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (2,315 - 0,3) + (2,315)^2] = 3,380 \quad (6.28)$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,544 + \sqrt{0,544^2 - 0,296^2}) = 1,001 \quad (6.25)$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (3,380 + \sqrt{3,380^2 - 2,315^2}) = 0,171 \quad (6.26)$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 42,75 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 2,28 / 42,75 \times 10 = \mathbf{0,532} < \mathbf{1,659} = 0,171 \times 9,692 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=0,000 \text{ m}$; $x_b=0,809 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·(CW+St) +1,5·(S2+S4+U1+W1+W3) (a)”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,532}{1,001 \times 9,692} + \frac{4,887}{12,136} + 0,7 \times \frac{2,578}{12,136} = \mathbf{0,606} < \mathbf{1} \quad (6.23)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,532}{0,171 \times 9,692} + 0,7 \times \frac{4,887}{12,136} + \frac{2,578}{12,136} = \mathbf{0,815} < \mathbf{1} \quad (6.24)$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,000 \text{ m}$; $x_b=0,809 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „CW+1,35·St+1,5·(S1+S4+U3+W1+W3) (a)”.

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego ze stałym momentem zginającym*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni *górnej*, wynosi:

$$l_{ef} = 1,0 \times 808,6 + 95 + 95 = 998,6 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 b^2}{h l_{ef}} E_{0,05} = \frac{0,78 \times 45^2}{95 \times 998,6} \times 7400 = 123,207 \text{ MPa} \quad (6.32)$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k} / \sigma_{m,crit}} = \sqrt{26,30 / 123,207} = 0,462 \quad (6.30)$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} = \frac{5,366^2}{1,000^2 \times 12,136^2} + \frac{0,433}{0,171 \times 9,692} = \mathbf{0,457} < \mathbf{1} \quad (6.35)$$

Nośność dla $x_a=0,000$ m; $x_b=0,809$ m; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „CW+1,35·St+1,5·(S1+S4+U3+W1+W3) (a)”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{5,366}{12,136} + 0,7 \times \frac{2,619}{12,136} = \mathbf{0,593} < \mathbf{1} \quad (6.17)$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{5,366}{12,136} + \frac{2,619}{12,136} = \mathbf{0,525} < \mathbf{1} \quad (6.18)$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,000$ m; $x_b=0,809$ m; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „CW+1,35·St+1,5·(S1+S4+U3+W1+W3) (a)”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,433^2}{9,692^2} + \frac{5,366}{12,136} + 0,7 \times \frac{2,619}{12,136} = \mathbf{0,595} < \mathbf{1} \quad (6.19)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,433^2}{9,692^2} + 0,7 \times \frac{5,366}{12,136} + \frac{2,619}{12,136} = \mathbf{0,527} < \mathbf{1} \quad (6.20)$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,708$ m; $x_b=0,101$ m; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „CW+1,35·St+1,5·(S1+S4+U2+U3+W1+W3) (a)”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / (k_{cr} A) = 1,5 \times 0,76 / (0,67 \times 42,75) \times 10 = 0,401 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / (k_{cr} A) = 1,5 \times 0,09 / (0,67 \times 42,75) \times 10 = 0,048 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,401^2 + 0,048^2} = \mathbf{0,403} < \mathbf{1,846} = 1,000 \times 1,846 = k_v f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie:

Wyniki dla $x_a=0,809$ m; $x_b=0,000$ m; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „CW+1,35·0,85·St+1,5·(U1+W1+W4) (b)”.

$$\tau_{\text{tor,d}} = \frac{M_{\text{tor}}}{\eta b^2 h} = \frac{0}{0,247 \times 4,5^2 \times 9,5} \times 103 = \mathbf{0,000} < \mathbf{2,041} = 1,106 \times 1,846 = k_{\text{shape}} f_{v,d} \quad (6.14)$$

Stan graniczny użytkowania:

Przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „Char: CW+St+S1+S4+U1+W1+W3; Q-S: CW+St+S1+S4+U1+W1+W3” liczone od cięciwy pręta.

Wartości graniczne ugięć końcowych:

$$u_{z,\text{fin,gr}} = l / 150 = 808,6 / 150 = 5,4 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin,gr}} = l / 150 = 808,6 / 150 = 5,4 \text{ mm}$$

Ugięcia chwilowe wyznaczone dla charakterystycznej kombinacji obciążeń:

$$u_{z,\text{inst}} = u_z [1 + \eta_1 (h/L)^2] = 0,12 \times [1 + 19,20 \times (95,0/808,6)^2] = 0,15 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{inst}} = u_y [1 + \eta_1 (h/L)^2] = 0,33 \times [1 + 19,20 \times (45,0/808,6)^2] = 0,35 \text{ mm}$$

Ugięcia końcowe obliczone z uwzględnieniem ugięć od pełzania wyznaczonych dla quasi-stałej kombinacji obciążeń (poprawka A2:2014):

$$u_{z,\text{fin}} = (u_{z,\text{inst}} + u_{z,\text{creep}}) [1 + \eta_1 (h/L)^2] = (0,12 + 0,07) \times [1 + 19,20 \times (95,0/808,6)^2] = 0,25 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = (u_{y,\text{inst}} + u_{y,\text{creep}}) [1 + \eta_1 (h/L)^2] = (0,33 + 0,20) \times [1 + 19,20 \times (45,0/808,6)^2] = 0,56 \text{ mm}$$

Warunki SGU:

$$u_{z,\text{inst}} = \mathbf{0,2}$$

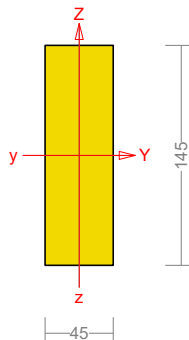
$$u_{y,\text{inst}} = \mathbf{0,4}$$

$$u_{z,\text{fin}} = \mathbf{0,2} < \mathbf{5,4} = u_{z,\text{fin,gr}}$$

$$u_{y,\text{fin}} = \mathbf{0,6} < \mathbf{5,4} = u_{y,\text{fin,gr}}$$

Pręt nr 167 – pas górny

Wyniki wymiarowania elementów drewnianych wg PN-EN 1995



Przekrój: 10 „B 14,5x4,5”

Wymiary przekroju:

$$h=145,0 \text{ mm} \quad b=45,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=1143,2; \quad J_{zg}=110,1 \text{ cm}^4; \quad A=65,25 \text{ cm}^2; \quad i_y=4,2; \quad i_z=1,3 \text{ cm}; \quad W_y=157,7; \quad W_z=48,9 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku) oraz klasę trwania obciążenia: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60 \qquad \gamma_M = 1,3$$

$$k_{h,m} = \min [(150/145)^{0,2}; 1,3] = 1,007$$

$$k_{h,t} = \min [(150/45)^{0,2}; 1,3] = 1,272$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 1,007 \times 24,00 = 24,16$$

$$f_{m,d} = 11,152 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 1,272 \times 14,50 = 18,45$$

$$f_{t,0,d} = 8,514 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,185 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,692 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,50$$

$$f_{c,90,d} = 1,154 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 4,00$$

$$f_{v,d} = 1,846 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 167

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-EN 1995. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych przy uwzględnieniu niekorzystnych kombinacji obciążeń.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=3,818 \text{ m}$; $x_b=0,000 \text{ m}$; przęsło nr: 3, 11, 11, przy obciążeniach „1,35·(CW+St) +1,5·(S1+U2+W1+W4) (a)”.

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie Y (wyznaczona w sposób uproszczony):

$$l_c = \mu l = 0,604 \times 2,515 = 1,519 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie Z (wyznaczona w sposób uproszczony):

$$l_c = \mu l = 0,898 \times 0,345 = 0,310 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,519 / 4,1858 \times 10^3$$

$$^2 = 36,29$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 0,310 / 1,2990 \times 10^2 = 23,85$$

$$\lambda_{rel,y} = \lambda_y / \pi \sqrt{f_{c,0,k} / E_{0,05}} = 36,29 / \pi \times \sqrt{21/7400} = 0,615 \quad (6.21)$$

$$\lambda_{rel,z} = \lambda_z / \pi \sqrt{f_{c,0,k} / E_{0,05}} = 23,85 / \pi \times \sqrt{21/7400} = 0,404 \quad (6.22)$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,615 - 0,3) + (0,615)^2] = 0,721 \quad (6.27)$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,404 - 0,3) + (0,404)^2] = 0,592 \quad (6.28)$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,721 + \sqrt{0,721^2 - 0,615^2}) = 0,912 \quad (6.25)$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,592 + \sqrt{0,592^2 - 0,404^2}) = 0,976 \quad (6.26)$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 65,25 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 6,91 / 65,25 \times 10 = \mathbf{1,059} < \mathbf{8,840} = 0,912 \times 9,692 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=3,818 \text{ m}$; $x_b=0,000 \text{ m}$; pręśło nr: 3, 11, 11, przy obciążeniach „1,35·(CW+St) + 1,5·(S1+U2+W1+W4) (a)”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,059}{0,912 \times 9,692} + \frac{6,374}{11,152} + 0,7 \times \frac{1,425}{11,152} = \mathbf{0,781} < \mathbf{1} \quad (6.23)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,059}{0,976 \times 9,692} + 0,7 \times \frac{6,374}{11,152} + \frac{1,425}{11,152} = \mathbf{0,640} < \mathbf{1} \quad (6.24)$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=3,818 \text{ m}$; $x_b=0,000 \text{ m}$; pręśło nr: 3, 11, 11, przy obciążeniach „1,35·(CW+St) + 1,5·(S1+U2+W1+W4) (a)”:

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego ze stałym momentem zginającym*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni *górnej*, wynosi:

$$l_{ef} = 1,0 \times 345,0 + 145 + 145 = 635,0 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 b^2}{h l_{ef}} E_{0,05} = \frac{0,78 \times 45^2}{145 \times 635,0} \times 7400 = 126,943 \text{ MPa} \quad (6.32)$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k} / \sigma_{m,crit}} = \sqrt{24,16 / 126,943} = 0,436 \quad (6.30)$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75 \quad k_{\text{crit}} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{\text{crit}} f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} = \frac{6,374^2}{1,000^2 \times 11,152^2} + \frac{1,059}{0,976 \times 9,692} = \mathbf{0,439} < \mathbf{1} \quad (6.35)$$

Nośność dla $x_a=3,818$ m; $x_b=0,000$ m; przęsło nr: 3, 11, 11, przy obciążeniach „1,35·(CW+St) +1,5·(S1+U2+W1+W4) (a)”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{6,374}{11,152} + 0,7 \times \frac{1,425}{11,152} = \mathbf{0,661} < \mathbf{1} \quad (6.17)$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{6,374}{11,152} + \frac{1,425}{11,152} = \mathbf{0,528} < \mathbf{1} \quad (6.18)$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=3,818$ m; $x_b=0,000$ m; przęsło nr: 3, 11, 11, przy obciążeniach „1,35·(CW+St) +1,5·(S1+U2+W1+W4) (a)”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,059^2}{9,692^2} + \frac{6,374}{11,152} + 0,7 \times \frac{1,425}{11,152} = \mathbf{0,673} < \mathbf{1} \quad (6.19)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,059^2}{9,692^2} + 0,7 \times \frac{6,374}{11,152} + \frac{1,425}{11,152} = \mathbf{0,540} < \mathbf{1} \quad (6.20)$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=3,818$ m; $x_b=0,000$ m; przęsło nr: 3, 11, 11, przy obciążeniach „1,35·(CW+St) +1,5·(S1+U1+U2+W1+W4) (a)”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / (k_{cr} A) = 1,5 \times 2,32 / (0,67 \times 65,25) \times 10 = 0,795 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / (k_{cr} A) = 1,5 \times 0,23 / (0,67 \times 65,25) \times 10 = 0,078 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,795^2 + 0,078^2} = \mathbf{0,799} < \mathbf{1,846} = 1,000 \times 1,846 = k_v f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie:

Wyniki dla $x_a=1,303$ m; $x_b=2,515$ m; przęsło nr: 2, 4, 4, przy obciążeniach „CW+1,35·0,85·St+1,5·(U1+U2+W1+W4) (b)”.

$$\tau_{\text{tor,d}} = \frac{M_{\text{tor}}}{\eta b^2 h} = \frac{-0,02}{0,270 \times 4,5^2 \times 14,5} \times 103 = \mathbf{0,252} < \mathbf{2,144} = 1,161 \times 1,846 = k_{\text{shape}} f_{v,d} \quad (6.14)$$

Stan graniczny użytkowania:

Przęsło nr: 3, 8, 8, przy obciążeniach „Char: CW+St+S2+U1+U2+W1+W4; Q-S: CW+St+S2+U1+U2+W1+W4” liczone od cięciwy pręta.

Wartości graniczne ugięć końcowych:

$$u_{z,\text{fin,gr}} = l / 250 = 3817,9 / 250 = 15,3 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin,gr}} = l / 250 = 3817,9 / 250 = 15,3 \text{ mm}$$

Ugięcia chwilowe wyznaczone dla charakterystycznej kombinacji obciążeń:

$$u_{z,\text{inst}} = u_z = 1,84 = 1,84 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{inst}} = u_y = 0,09 = 0,09 \text{ mm}$$

Ugięcia końcowe obliczone z uwzględnieniem ugięć od pełzania wyznaczonych dla quasi-stałej kombinacji obciążeń (poprawka A2:2014):

$$u_{z,\text{fin}} = (u_{z,\text{inst}} + u_{z,\text{creep}}) = (1,84 + 1,10) = 2,94 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = (u_{y,\text{inst}} + u_{y,\text{creep}}) = (0,09 + 0,05) = 0,15 \text{ mm}$$

Warunki SGU:

$$u_{z,\text{inst}} = \mathbf{1,8}$$

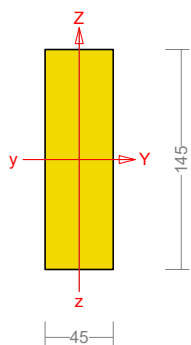
$$u_{y,\text{inst}} = \mathbf{0,1}$$

$$u_{z,\text{fin}} = \mathbf{2,9} < \mathbf{15,3} = u_{z,\text{fin,gr}}$$

$$u_{y,\text{fin}} = \mathbf{0,1} < \mathbf{15,3} = u_{y,\text{fin,gr}}$$

Pręt nr 169 – pas dolny

Wyniki wymiarowania elementów drewnianych wg PN-EN 1995



Przekrój: 10 „B 14,5x4,5”

Wymiary przekroju:

$$h=145,0 \text{ mm} \quad b=45,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=1143,2; \quad J_{zg}=110,1 \text{ cm}^4; \quad A=65,25 \text{ cm}^2; \quad i_y=4,2; \quad i_z=1,3 \text{ cm}; \quad W_y=157,7; \quad W_z=48,9 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku) oraz klasę trwania obciążenia: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60 \qquad \gamma_M = 1,3$$

$$k_{h,m} = \min [(150/145)^{0,2}; 1,3] = 1,007$$

$$k_{h,t} = \min [(150/45)^{0,2}; 1,3] = 1,272$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 1,007 \times 24,00 = 24,16$$

$$f_{m,d} = 11,152 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 1,272 \times 14,50 = 18,45$$

$$f_{t,0,d} = 8,514 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,185 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,692 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,50$$

$$f_{c,90,d} = 1,154 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 4,00$$

$$f_{v,d} = 1,846 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 169

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-EN 1995. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych przy uwzględnieniu niekorzystnych kombinacji obciążeń.

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a=3,400 \text{ m}$; $x_b=0,000 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „CW+1,35·St+1,5·(S1+S4+U1+U3+W2+W3) (a)”.

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 65,25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 1,18 / 65,25 \times 10 = \mathbf{0,181} < \mathbf{8,514} = f_{t,0,d} \quad (6.1)$$

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=1,700 \text{ m}$; $x_b=1,700 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·CW+St+1,5·(U2+W1+W4) (a)”.

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie Y (wyznaczona w sposób uproszczony):

$$l_c = \mu l = 0,538 \times 3,400 = 1,829 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie Z (wyznaczona w sposób uproszczony):

$$l_c = \mu l = 1,128 \times 3,400 = 3,835 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,829 / 4,1858 \times 10^2 = 43,70$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 3,835 / 1,2990 \times 10^2 = 295,23$$

$$\lambda_{rel,y} = \lambda_y / \pi \sqrt{f_{c,0,k} / E_{0,05}} = 43,70 / \pi \times \sqrt{21/7400} = 0,741 \quad (6.21)$$

$$\lambda_{rel,z} = \lambda_z / \pi \sqrt{f_{c,0,k} / E_{0,05}} = 295,23 / \pi \times \sqrt{21/7400} = 5,006 \quad (6.22)$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,741 - 0,3) + (0,741)^2] = 0,819 \quad (6.27)$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (5,006 - 0,3) + (5,006)^2] = 13,502 \quad (6.28)$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,819 + \sqrt{0,819^2 - 0,741^2}) = 0,857 \quad (6.25)$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (13,502 + \sqrt{13,502^2 - 5,006^2}) = 0,038 \quad (6.26)$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 65,25 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 1,31 / 65,25 \times 10 = \mathbf{0,201} < \mathbf{0,372} = 0,038 \times 9,692 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,700 \text{ m}$; $x_b=1,700 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·CW+St+1,5·(U2+W1+W4) (a)”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,201}{0,857 \times 9,692} + \frac{0,072}{11,152} + 0,7 \times \frac{1,855}{11,152} = \mathbf{0,147} < \mathbf{1} \quad (6.23)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,201}{0,038 \times 9,692} + 0,7 \times \frac{0,072}{11,152} + \frac{1,855}{11,152} = \mathbf{0,710} < \mathbf{1} \quad (6.24)$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,000 \text{ m}$; $x_b=3,400 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·CW+St+1,5·(U2+W1+W4) (a)”.

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego ze stałym momentem zginającym*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni *górnej*, wynosi:

$$l_{ef} = 1,0 \times 3400,0 + 145 + 145 = 3690,0 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 b^2}{h l_{ef}} E_{0,05} = \frac{0,78 \times 45^2}{145 \times 3690,0} \times 7400 = 21,845 \text{ MPa} \quad (6.32)$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k} / \sigma_{m,crit}} = \sqrt{24,16/21,845} = 1,052 \quad (6.30)$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \quad k_{crit} = 1,56 - 0,75 \lambda_{rel,m} = 0,771$$

Warunek stateczności:

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} = \frac{0,144^2}{0,771^2 \times 11,152^2} + \frac{0,201}{0,038 \times 9,692} = \mathbf{0,539} < \mathbf{1} \quad (6.35)$$

Nośność dla $x_a=0,000$ m; $x_b=3,400$ m; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·CW+St+1,5·(U2+W1+W4) (a)”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,144}{11,152} + 0,7 \times \frac{0,764}{11,152} = \mathbf{0,061} < \mathbf{1} \quad (6.17)$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{0,144}{11,152} + \frac{0,764}{11,152} = \mathbf{0,078} < \mathbf{1} \quad (6.18)$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,000$ m; $x_b=3,400$ m; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·CW+St+1,5·(U2+W1+W4) (a)”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,201^2}{9,692^2} + \frac{0,144}{11,152} + 0,7 \times \frac{0,764}{11,152} = \mathbf{0,061} < \mathbf{1} \quad (6.19)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,201^2}{9,692^2} + 0,7 \times \frac{0,144}{11,152} + \frac{0,764}{11,152} = \mathbf{0,078} < \mathbf{1} \quad (6.20)$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,000$ m; $x_b=3,400$ m; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „CW+1,35·St+1,5·(S2+U2+W1+W4) (a)”:

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / (k_{cr} A) = 1,5 \times 0,05 / (1,00 \times 65,25) \times 10 = 0,011 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / (k_{cr} A) = 1,5 \times 0,15 / (0,67 \times 65,25) \times 10 = 0,052 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,011^2 + 0,052^2} = \mathbf{0,053} < \mathbf{1,846} = 1,000 \times 1,846 = k_v f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie:

Wyniki dla $x_a=3,400$ m; $x_b=0,000$ m; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „CW+1,35·0,85·St+1,5·(U2+W2+W4) (b)”.

$$\tau_{\text{tor,d}} = \frac{M_{\text{tor}}}{\eta b^2 h} = \frac{0}{0,270 \times 4,5^2 \times 14,5} \times 103 = \mathbf{0,000} < \mathbf{2,144} = 1,161 \times 1,846 = k_{\text{shape}} f_{v,d} \quad (6.14)$$

Stan graniczny użytkowania:

Przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „Char: CW+St+S1+S4+U1+U3+W1+W3; Q-S: CW+St+S1+S4+U1+U3+W1+W3” liczone od cięciwy pręta.

Wartości graniczne ugięć końcowych:

$$u_{z,\text{fin,gr}} = l / 150 = 3400,0 / 150 = 22,7 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin,gr}} = l / 150 = 3400,0 / 150 = 22,7 \text{ mm}$$

Ugięcia chwilowe wyznaczone dla charakterystycznej kombinacji obciążeń:

$$u_{z,\text{inst}} = u_z = 0,33 = 0,33 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{inst}} = u_y = 5,76 = 5,76 \text{ mm}$$

Ugięcia końcowe obliczone z uwzględnieniem ugięć od pełzania wyznaczonych dla quasi-stałej kombinacji obciążeń (poprawka A2:2014):

$$u_{z,\text{fin}} = (u_{z,\text{inst}} + u_{z,\text{creep}}) = (0,33 + 0,20) = 0,53 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = (u_{y,\text{inst}} + u_{y,\text{creep}}) = (5,76 + 3,45) = 9,21 \text{ mm}$$

Warunki SGU:

$$u_{z,\text{inst}} = \mathbf{0,3}$$

$$u_{y,\text{inst}} = \mathbf{5,8}$$

$$u_{z,\text{fin}} = \mathbf{0,5} < \mathbf{22,7} = u_{z,\text{fin,gr}}$$

$$u_{y,\text{fin}} = \mathbf{9,2} < \mathbf{22,7} = u_{y,\text{fin,gr}}$$

1.3. Rama stalowa kontenera

Tabelaryczne zestawienie wyników -wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993

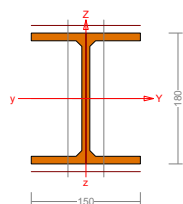
Nr pręta:	Przekrój:	Warunek decydujący:	Nośność:	Kombinacja obc.
295	6 - L 120x120x10	SGU	0,499	
229	3 - 2 U 180 UPE	Zginanie	0,412	
202	6 - L 120x120x10	Zginanie	0,412	
227	3 - 2 U 180 UPE	Zginanie	0,387	
203	6 - L 120x120x10	Zginanie	0,379	
204	6 - L 120x120x10	Zginanie	0,370	

205	6 - L 120x120x10	Zginanie	0,367	<div><div></div><div></div><div></div></div>
228	3 - 2 U 180 UPE	Zginanie	0,341	<div><div></div><div></div><div></div></div>
213	5 - 2 L 120x120x10	Zginanie	0,312	<div><div></div><div></div><div></div></div>
217	5 - 2 L 120x120x10	Zginanie	0,309	<div><div></div><div></div><div></div></div>
216	5 - 2 L 120x120x10	Zginanie	0,307	<div><div></div><div></div><div></div></div>
212	5 - 2 L 120x120x10	Zginanie	0,296	<div><div></div><div></div><div></div></div>
224	4 - U 180 UPE	Zginanie	0,292	<div><div></div><div></div><div></div></div>
214	5 - 2 L 120x120x10	Zginanie	0,291	<div><div></div><div></div><div></div></div>
226	3 - 2 U 180 UPE	Zginanie	0,282	<div><div></div><div></div><div></div></div>
296	6 - L 120x120x10	Zginanie	0,271	<div><div></div><div></div><div></div></div>
209	6 - L 120x120x10	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,260	<div><div></div><div></div><div></div></div>
210	5 - 2 L 120x120x10	Zginanie	0,254	<div><div></div><div></div><div></div></div>
293	5 - 2 L 120x120x10	SGU	0,253	<div><div></div><div></div><div></div></div>
215	5 - 2 L 120x120x10	Zginanie	0,241	<div><div></div><div></div><div></div></div>
207	6 - L 120x120x10	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,233	<div><div></div><div></div><div></div></div>
211	5 - 2 L 120x120x10	Zginanie	0,220	<div><div></div><div></div><div></div></div>
208	6 - L 120x120x10	Zginanie	0,200	<div><div></div><div></div><div></div></div>
206	6 - L 120x120x10	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,198	<div><div></div><div></div><div></div></div>
222	4 - U 180 UPE	Zginanie	0,175	<div><div></div><div></div><div></div></div>
294	5 - 2 L 120x120x10	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,164	<div><div></div><div></div><div></div></div>
219	5 - 2 L 120x120x10	Zginanie	0,152	<div><div></div><div></div><div></div></div>
218	5 - 2 L 120x120x10	Zginanie	0,151	<div><div></div><div></div><div></div></div>
221	5 - 2 L 120x120x10	Zginanie	0,150	<div><div></div><div></div><div></div></div>
220	5 - 2 L 120x120x10	Zginanie	0,147	<div><div></div><div></div><div></div></div>
292	4 - U 180 UPE	Zginanie	0,145	<div><div></div><div></div><div></div></div>
225	4 - U 180 UPE	Zginanie	0,142	<div><div></div><div></div><div></div></div>
288	4 - U 180 UPE	Zginanie	0,137	<div><div></div><div></div><div></div></div>
286	4 - U 180 UPE	Zginanie	0,129	<div><div></div><div></div><div></div></div>
287	4 - U 180 UPE	Zginanie	0,127	<div><div></div><div></div><div></div></div>
290	4 - U 180 UPE	Zginanie	0,120	<div><div></div><div></div><div></div></div>
289	4 - U 180 UPE	Zginanie	0,119	<div><div></div><div></div><div></div></div>
291	4 - U 180 UPE	Zginanie	0,117	<div><div></div><div></div><div></div></div>
223	4 - U 180 UPE	Zginanie	0,113	<div><div></div><div></div><div></div></div>
285	4 - U 180 UPE	Zginanie	0,113	<div><div></div><div></div><div></div></div>

Pręt nr 229 – rygiel dolny

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993

Przekrój: 3 - 2 U 180 UPE



Wymiary przekroju:

$h=180,0$ $s=75,0$ $g=5,5$ $t=10,5$ $r=12,0$ $e_y=24,7$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$I_y=2706,0$ $I_z=594,3$ $A=50,20$ $i_y=7,3$ $i_z=3,4$ $I_w=14316,4$ $I_t=14,6$ $i_s=9,309$.

Materiał: **S 235**. Granica plastyczności $f_y=235$ MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u = 360$ dla $g=5,5$.

Połączenie gałęzi:

Przyjęto, że gałęzie połączone są przewiązkami o szerokości $b = 50,0$ mm i grubości $g = 6,0$ mm w odstępach $l_1 = 735,0$ mm, wykonanymi ze stali S 235.

Zastępcze momenty bezwładności elementu złożonego:

$$I_1 = 0,5 h_0^2 A_{ch} + 2 I_{ch} = 0,5 \times 4,94^2 \times 25,10 + 2 \times 144,00 = 594,3 \text{ cm}^4$$

$$i_0 = \sqrt{\frac{I_1}{2A_{ch}}} = \sqrt{\frac{594,3}{2 \times 25,10}} = 3,44 \text{ cm}$$

$$\lambda = L / i_0 = 588,0 / 3,44 = 170,90$$

dla $\lambda \geq 150$, przyjęto $\mu = 0$

$$I_{zeff} = 0,5 h_0^2 A_{ch} + 2 \mu I_{ch} = 0,5 \times 4,94^2 \times 25,10 + 2 \times 0,000 \times 144,00 = 306,3 \text{ cm}^4$$

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,671 \quad \kappa_b = 0,671 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 0,776 \quad \text{dla } l_o = 5,880$$

$$l_w = 0,776 \times 5,880 = 4,563 \text{ m}$$

Przęsło Zc 12 (5,520;5,880)

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,954 \quad \kappa_b = 0,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 0,687 \quad \text{dla } l_o = 0,360$$

$$l_w = 0,687 \times 0,360 = 0,247 \text{ m}$$

Przęsło ω 12 (5,520;5,880)

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 0,360$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 0,360$ m.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 2706,0}{4,563^2} \times 10^{-2} = 2693,82 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 306,3}{0,247^2} \times 10^{-2} = 103776,2 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EI_{\varpi}}{l_{\varpi}^2} + GI_T \right) = \frac{1}{9,309^2} \times \left(\frac{3,1416^2 \times 210 \times 14316,4}{0,360^2} \times 10^{-2} + 81 \times 14,6 \times 10^2 \right) = 27782,2$$

kN

Zwichrzenie:

Przęsło nr: 6 (2,580;3,070)

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_o = 0,00$ cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = 0,00$ cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: $A_1 = 0,000$, $A_2 = 0,000$, $B = 0,000$.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,000 \times 0,00 + 0,000 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_{cr,z} + \sqrt{(A_o N_{cr,z})^2 + B^2 i_s^2 N_{cr,z} N_{cr,T}} =$$

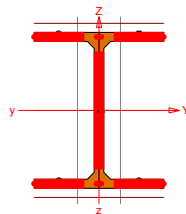
$$0,000 \times 56508,29 + \sqrt{(0,000 \times 56508,29)^2 + 0,000^2 \times 0,093^2 \times 56508,29 \times 15623,95} = 0 \text{ kNm}$$

Stan graniczny nośności.

$x_a = 5,880$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 12, 12. Obciążenia: CW+1,35·0,85·St+1,5·W4 (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M :

$$\gamma_{M0} = 1; \gamma_{M1} = 1; \gamma_{M2} = 1,1.$$



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235 / f_y} = \sqrt{235 / 235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_{σ}	(c/t) ₁	(c/t) ₂	(c/t) ₃	c/t	Klasa
1	135,0	5,5	0,500	-1,000	-	72,000	83,000	124,000	24,545	1
2	57,5	10,5	1,000	1,000	0,431	9,000	10,000	13,792	5,476	1
3	57,5	10,5	0,000	0,000	0	INF	INF	INF	5,476	
4	135,0	5,5	0,500	-1,000	-	72,000	83,000	124,000	24,545	1
5	57,5	10,5	0,000	0,000	0	INF	INF	INF	5,476	
6	57,5	10,5	1,000	1,000	0,431	9,000	10,000	13,792	5,476	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Nośność przekroju na skręcanie:

$x_a = 5,880$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 12, 12. Obciążenia: $CW+1,35 \cdot 0,85 \cdot St+1,5 \cdot (S4+U1+U2+U3+W1+W3)$ (b)

Nośność przekroju wielogałęziowego wyznaczono przy założeniu zeszywnienia konturu przekroju (brak dystorsji).

Naprężenia przy skręcaniu swobodnym:

$$W_t = \frac{J_t}{t_{\max}} = \frac{14,60}{1,05} = 13,90 \text{ cm}^3$$

$$T_{Rd} = \frac{W_t f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{13,90 \times 235}{1,732 \times 1} \times 10^{-3} = 1,89 \text{ kNm}$$

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{0,04}{1,89} = \mathbf{0,021} < 1 \quad (6.23)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 2,580$; $x_b = 3,300$; Przęsło nr: 1, 6, 6. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (S1+U3+W1+W4)$ (a)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{22,38 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 303,58 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{51,06}{303,58} = \mathbf{0,168} < 1$$

- wzdłuż osi Y

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{31,50 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 427,38 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{0,84}{427,38} = \mathbf{0,002} < 1$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto $\eta = 1,2$.

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

$$h_w / t_w = 135,0 / 5,5 = \mathbf{24,545} < \mathbf{59,709} = 72 \times 1,000 / 1,200 = 72 \varepsilon / \eta$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 2,580$; $x_b = 3,300$; Przęsło nr: 1, 6, 6. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (S1+U3+W1+W4)$ (a)

Klasa przekroju 1.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{336,49 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 79,07 \text{ kNm}$$

Nośność na zginanie względem osi Z:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{122,93 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 28,89 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{50,20 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 1179,7 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,00 / 1179,7 = 0,000; \quad \text{przyjęto } n = 0,000 \leq 1;$$

Dla dowolnego przekroju przyjęto:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n) = 79,07 \times (1 - 0,000) = 79,07 \text{ kNm} \quad (6.2)$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n) = 28,89 \times (1 - 0,000) = 28,89 \text{ kNm} \quad (6.2)$$

Warunek nośności:

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta = \left[\frac{31,22}{79,07} \right]^1 + \left[\frac{0,49}{28,89} \right]^1 = \mathbf{0,412} < \mathbf{1} \quad (6.41)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{0}{1179,7} + \frac{31,22}{79,07} + \frac{0,49}{28,89} = \mathbf{0,412} < \mathbf{1} \quad (6.2)$$

Zginanie (stateczność):

$x_a = 2,580$; $x_b = 3,300$; Przęsło nr: 1, 6, 6. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (S1+U3+W2+W4)$ (a)

Nie uwzględniono zwichrzenia pręta.

Warunek stateczności przy zginaniu:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 1,000 \times 336,49 \times \frac{235}{1} \times 10^{-3} = 79,07 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{31,64}{79,07} = 0,400 < 1 \quad (6.54)$$

Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 4,540$; $x_b = 1,340$; Przęsło nr: 1, 10, 10. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (S1+U3+W1+W4)$ (a)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $s_s = 100,0$ mm oraz typ obciążenia środnika (a). Dodatkowo przyjęto rozstaw żebier poprzecznych $a = 5,880$ m. Nośność najbardziej obciążonego środnika:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (135,0 / 5880,0)^2 = 6,00$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 235 \times 144,5 / (235 \times 5,5) = 26,273$$

$$m_2 = 0,000$$

$$l_y = s_s + 2t_f (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 100,0 + 2 \times 10,5 \times (1 + \sqrt{26,273 + 0,000}) = 228,6 \quad \text{przyjęto } l_y = 228,6 \leq a$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,00 \times 210 \times 5,5^3 / 135,0 = 1397,80 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{228,6 \times 5,5 \times 235 \times 10^3}{1397,80}} = 0,460$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,460} = 1,087 \quad \text{przyjęto } \chi_F = 1,000 \leq 1,0$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1,000 \times 228,6 = 228,6 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 228,6 \times 5,5 \times 10^3}{1} = 295,52 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN 1993-1-5})$$

Warunki nośności środnika:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{7,23}{295,52} = 0,024 < 1 \quad (6.14 \text{ EN 1993-1-5})$$

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{f_y A_{eff} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{y,N}}{f_y W_{y,eff} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{z,N}}{f_y W_{z,eff} / \gamma_{M0}} = \frac{0}{50,2 \times 235 / 1} \times 10 + \frac{24,99 + 0 \times 0,000}{300,67 \times 235 / 1} \times 103 +$$

$$\frac{0,22 + 0 \times 0,000}{79,24 \times 235 / 1} \times 103 = 0,365 \quad (4.15 \text{ EN 1993-1-5})$$

$$\eta_2 + 0,8 \eta_1 = 0,024 + 0,8 \times 0,365 = 0,317 < 1,4 \quad (7.2 \text{ EN 1993-1-5})$$

Nośność pręta złożonego:

$x_a = 2,580$; $x_b = 3,300$; Przęsło nr: 1, 6, 6. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (S1+U3+W1+W4)$ (a)

Sztywność pręta:

- dla osi Z

$$S_v = \frac{24 EI_{ch}}{a^2 [1 + 2 I_{ch} h_0 / n I_{ba}]} = \frac{24 \times 210 \times 144,00}{73,50^2 \times [1 + 2 \times 144,00 \times 4,94 / (2 \times 6,25 \times 73,50)]} \times 10^2 = 5271,41 \text{ kN}$$

$$\text{Przyjęto } S_v = 5271,41 \leq 11049,35 = 2 \times \pi^2 \times 210 \times 144 / 73,5^2 \times 10^2 = 2 \pi^2 EI_{ch} / a^2$$

Siły wewnętrzne dla $e_0 = L/500$:

$$M_{Ed} = \frac{N_{Ed} e_0 + M_{Ed}^I}{1 - N_{Ed} / N_{cr} - N_{Ed} / S_v} = \frac{0,00 \times 0,0118 + 0,49}{1 - 0,00 / 56508,29 - 0,00 / 5271,41} = 0,49 \text{ kNm}$$

$$N_{ch,Ed,max} = \frac{N_{Ed}}{n} + \frac{M_{Ed} h_0 A_{ch}}{2 I_{eff} m} = \frac{0,00}{2} + \frac{0,49 \times 4,94 \times 25,10}{2 \times 306,27 \times 1} \times 10^2 = 9,92 \text{ kN}$$

$$N_{ch,Ed,min} = \frac{N_{Ed}}{n} - \frac{M_{Ed} h_0 A_{ch}}{2 I_{eff} m} = \frac{0,00}{2} - \frac{0,49 \times 4,94 \times 25,10}{2 \times 306,27 \times 1} \times 10^2 = -9,92 \text{ kN}$$

Siły poprzeczne:

$$V_{y,Ed} = 0,84 \geq 0,26 = \pi \times 0,49 / 5,88 = \pi M_{Ed} / L$$

Momenty zginające gałęzi:

$$M_{ch,y,Ed} = M_{y,Ed} / n = -31,22 / 2 = -15,61 \text{ kNm}$$

$$M_{ch,z,Ed} = V_{y,Ed} a / 2 / 2 = 0,84 \times 73,5 \times 10^{-2} / 2 / 2 = 0,15 \text{ kNm}$$

Nośność gałęzi:

- nośność plastyczna

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{25,10 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 589,85 \text{ kN} \quad (6.6)$$

- nośność graniczna

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 25,10 \times 360}{1,1} \times 10^{-1} = 739,31 \text{ kN} \quad (6.7)$$

Nośność na rozciąganie:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = 589,85 \text{ kN}$$

Warunek nośności (6.5):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{9,92}{589,85} = \mathbf{0,017} < \mathbf{1} \quad (6.5)$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 9,92 / 589,85 = 0,017;$$

Dla dowolnego przekroju przyjęto:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n) = 39,54 \times (1 - 0,017) = 38,87 \text{ kNm}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n) = 11,93 \times (1 - 0,017) = 11,73 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta = \left[\frac{15,61}{38,87} \right]^1 + \left[\frac{0,15}{11,73} \right]^1 = \mathbf{0,415} < \mathbf{1} \quad (6.41)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{9,92}{589,85} + \frac{15,61}{39,54} + \frac{0,15}{11,93} = \mathbf{0,425} < \mathbf{1} \quad (6.2)$$

Stateczność gałęzi:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "c")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "c")	Wyboczenie giętno-skrętne (krzywa "c")
$N_{cr,y} = \pi^2 EI_y / l^2 = \pi^2 \times 210 \times 1353,00 / 73,50^2 \times 10^2 = 51908,94$ $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{25,1 \times 235}{51908,94 \times 10}} = 0,107$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,107 - 0,2) + 0,107^2] = 0,483$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,483 + \sqrt{0,483^2 - 0,107^2}} = 1,049$	$N_{cr,z} = \pi^2 EI_z / l^2 = \pi^2 \times 210 \times 144,00 / 73,50^2 \times 10^2 = 5524,68$ $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{25,1 \times 235}{5524,68 \times 10}} = 0,327$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,327 - 0,2) + 0,327^2] = 0,584$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,584 + \sqrt{0,584^2 - 0,327^2}} = 0,935$	$N_{cr,TF} = 3742,04$ $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,TF}}} = \sqrt{\frac{25,1 \times 235}{3742,04 \times 10}} = 0,397$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,397 - 0,2) + 0,397^2] = 0,627$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,627 + \sqrt{0,627^2 - 0,397^2}} = 0,899$
przyjęto $\chi = 1,000 \leq 1$	przyjęto $\chi = 0,935 \leq 1$	przyjęto $\chi = 0,899 \leq 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0,899$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,899 \times 25,10 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 530,21 \text{ kN} \quad (6.48)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{9,92}{530,21} = \mathbf{0,019} < \mathbf{1} \quad (6.46)$$

Współczynniki interakcji według metody 2:

$C_{my} = 0,9$ - przechyłowa postaci wyboczenia.

$C_{mz} = 0,9$ - przechyłowa postaci wyboczenia.

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,900 \times \left(1 + (0,107 - 0,2) \times \frac{9,92}{1,000 \times 589,85/1} \right) = 0,899$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{0,899} \leq 0,912 = 0,900 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{9,92}{1,000 \times 589,85/1} \right) = C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,900 \times \left(1 + (2 \times 0,327 - 0,6) \times \frac{9,92}{0,935 \times 589,85/1} \right) = 0,901$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{0,901} \leq 0,923 = 0,900 \times \left(1 + 1,4 \times \frac{9,92}{0,935 \times 589,85/1} \right) = C_{mz} \left(1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \quad k_{zz} = 0,6 \times 0,901 = 0,541$$

$$k_{zy} = 0,6 \quad k_{yy} = 0,6 \times 0,899 = 0,539$$

Warunki nośności dla gałęzi ściskanej i zginanej:

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} &= \frac{9,92}{1,000 \times 589,85/1} + 0,899 \times \frac{15,61+0}{1,000 \times 39,54/1} \\ &+ 0,541 \times \frac{0,15+0}{11,93/1} = \mathbf{0,379} < \mathbf{1} \quad (6.61) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} &= \frac{9,92}{0,935 \times 589,85/1} + 0,539 \times \frac{15,61+0}{1,000 \times 39,54/1} \\ &+ 0,901 \times \frac{0,15+0}{11,93/1} = \mathbf{0,243} < \mathbf{1} \quad (6.62) \end{aligned}$$

Nośność przewiązek w kierunku osi Y:

Siły działające na przewiązkę:

$$V_{Ed} = V_{y,Ed} \text{ a } (h_0 n) = 0,84 \times 73,5 / (4,94 \times 2) = 6,25 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = V_{y,Ed} \text{ a } (2 n) = 0,84 \times 73,5 \times 10^{-2} / 2 = 0,15 \text{ kNm}$$

Zwężenie dla wspornika:

$$M_{cr} = \frac{4,013}{6} \frac{h g^3}{1} \sqrt{EG} = \frac{4,013 \times 5,0 \times 0,6^3}{6 \times 2,47} \times \sqrt{210 \times 81} = 38,14 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,5 \times 235}{38,14 \times 10^3}} = 0,124$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,76 \times (0,124 - 0,2) + 0,124^2] = 0,479$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,479 + \sqrt{0,479^2 - 0,124^2}} = 1,062; \quad \text{przyjęto } \chi_{LT} = 1,000 \leq 1$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 1,000 \times 2,50 \times \frac{235}{1} \times 10^{-3} = 0,59 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{0,15}{0,59} = \mathbf{0,263} < \mathbf{1} \quad (6.54)$$

Warunek nośności:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{3,00 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 40,70 \text{ kN}$$

$$\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 \times 6,25}{40,70} - 1 \right)^2 = 0,480 \quad \text{przyjęto } \rho = 0,000 \leq 1$$

$$M_{V,Rd} = \frac{W_{el} f_y (1 - \rho)}{\gamma_{M0}} = \frac{2,50 \times 235 \times (1 - 0,000)}{1} \times 10^{-3} = 0,59 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{V,Rd}} = \frac{0,15}{0,59} = \mathbf{0,263} < \mathbf{1}$$

Przyjęto spoiny pachwinowe o grubości $a = 4,0 \text{ mm}$.

$$F_{w,Ed,V} = V_{Ed} / l = 6,25 / 176,0 \times 10^3 = 35,51 \text{ kN/m}$$

$$F_{w,Ed,M} = M_{Ed} a r / J = 0,15 \times 4,0 \times 227,9 / 32211740,2 \times 10^3 = 4,37 \text{ kN/m}$$

$$F_{w,Rd} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \gamma_{M2}} a = \frac{360 / \sqrt{3}}{0,8 \times 1,1} \times 4,0 = 944,75 \text{ kN/m} \quad (4.3 \text{ i } 4.4 \text{ EN 1993-1-8})$$

$$F_{w,Ed} = 39,85 < 944,75 = F_{w,Rd} \quad (4.2 \text{ EN 1993-1-8})$$

Stan graniczny użyteczności:

Przęsło nr: 1, 9, 9. Obciążenia: CW+St+S1+U3+W1+W4 Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 2,7 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = 1 / 250 = 5880 / 250 = 23,5 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 2,7 < 23,5 = a_{\text{gr}}$$

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 0,0 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = 1 / 250 = 490 / 250 = 2,0 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 0,0 < 2,0 = a_{\text{gr}}$$

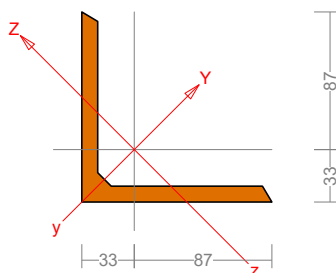
Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = 2,688 \text{ mm}; \quad L / a = 490,0 / 2,688 = 182,3$$

Pręt nr 202 - słup

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993

Przekrój: 6 - L 120x120x10



Wymiary przekroju:

$$h=120,0 \quad s=120,0 \quad g=10,0 \quad r=13,0 \quad e_y=33,1 \quad e_z=33,1.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$I_y=497,0 \quad I_z=129,0 \quad A=23,20 \quad i_y=4,6 \quad i_z=2,4 \quad I_w=0,0 \quad I_t=8,6 \quad y_s=-4,1 \quad i_s=6,597 \quad r_z=8,1 \quad b_y=-8,1.$$

Materiał: S 235. Granica plastyczności $f_y=235$ MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u=360$ dla $g=10,0$.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc 2 (0,150;2,800)

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,299 \quad \kappa_b = 0,338 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 0,600 \quad \text{dla } l_o = 2,650$$

$$l_w = 0,600 \times 2,650 = 1,590 \text{ m}$$

Przęsło Zc 2 (0,150;2,800)

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,325 \quad \kappa_b = 0,116 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 0,563 \quad \text{dla } l_o = 2,650$$

$$l_w = 0,563 \times 2,650 = 1,492 \text{ m}$$

Przęsło w 2 (0,150;2,800)

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_w = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{ow} = 2,650 \text{ m}$. Długość wyboczeniowa $l_w = 2,650 \text{ m}$.

Długości wyboczeniowe dla osi głównych:

$$Y: \quad \kappa_a = 0,312 \quad \kappa_b = 0,227 \quad \kappa_v = 0,000 \quad \Rightarrow \quad \mu = 0,580 \quad \text{dla } l_o = 2,650$$

$$l_w = 0,580 \times 2,650 = 1,537 \text{ m}$$

$$Z: \quad \kappa_a = 0,312 \quad \kappa_b = 0,227 \quad \kappa_v = 0,000 \quad \Rightarrow \quad \mu = 0,580 \quad \text{dla } l_o = 2,650$$

$$l_w = 0,580 \times 2,650 = 1,537 \text{ m}$$

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 497,0}{1,537^2} \times 10^{-2} = 4360,41 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 129,0}{1,537^2} \times 10^{-2} = 1131,78 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EI_w}{l_w^2} + GI_T \right) = \frac{1}{6,597^2} \times \left(\frac{3,1416^2 \times 210 \times 0,0}{2,650^2} \times 10^{-2} + 81 \times 8,59 \times 102 \right) = 1598,38 \text{ kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{N_{cr,y} + N_{cr,T} - \sqrt{(N_{cr,y} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,y} N_{cr,T} (1 - \mu_y^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_y^2 / i_s^2)} =$$

$$\frac{4360,41 + 1598,38 - \sqrt{(4360,41 + 1598,38)^2 - 4 \times 4360,41 \times 1598,38 \times (1 - 0,580^2 \times 4,07^2 / 6,597^2)}}{2 \times (1 - 0,580^2 \times 4,1^2 / 6,597^2)} = 1405,1$$

kN

Zwichrzenie:

Przęsło nr: 1 (0,000;0,150)

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_o = 0,00$ cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = (-4,07)$ cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: $A_1 = 0,000$, $A_2 = 0,000$, $B = 0,000$.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,000 \times 8,13 + 0,000 \times (-4,07) = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_{cr,z} + \sqrt{(A_o N_{cr,z})^2 + B^2 i_s^2 N_{cr,z} N_{cr,T}} =$$

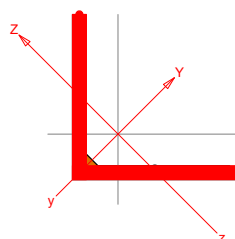
$$0,000 \times 156995,69 + \sqrt{(0,000 \times 156995,69)^2 + 0,000^2 \times 0,066^2 \times 156995,69 \times 1598,38} = 0 \text{ kNm}$$

Stan graniczny nośności.

$x_a = 2,800$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: CW+1,35·0,85·St+1,5·(U1+W2+W4) (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M :

$$\gamma_{M0} = 1; \gamma_{M1} = 1; \gamma_{M2} = 1,1.$$



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	(c/t) ₁	(c/t) ₂	(c/t) ₃	c/t	Klasa
1	120,0	10,0	0,976	-0,605	0,723	9,221	10,246	17,852	12,000	3
2	120,0	10,0	0,484	-1,710	1,134	18,591	20,657	22,360	12,000	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **3**.

Nośność na ściskanie:

$x_a = 2,800$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: 1,35·(CW+St)+1,5·(S1+U2+W1+W4) (a)

Klasa przekroju **3**.

Siła osiowa:

$$N_{Ed} = -15,19 \text{ kN}$$

Pole powierzchni przekroju:

$$A = 23,20 \text{ cm}^2$$

Pole powierzchni przekroju efektywnego:

$$A_{eff} = 23,20 \text{ cm}^2$$

Przesunięcie środka ciężkości:

$$e_{Ny} = 0,00; \quad e_{Nz} = 0,00 \text{ cm.}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{23,20 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 545,2 \text{ kN} \quad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{15,19}{545,2} = \mathbf{0,028} < \mathbf{1} \quad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "b")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "b")	Wyboczenie giętno-skrętne (krzywa "b")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{23,2 \times 235}{4360,41 \times 10}} = 0,354$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,354 - 0,2) + 0,354^2] = 0,589$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,589 + \sqrt{0,589^2 - 0,354^2}} = 0,944$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{23,2 \times 235}{1131,78 \times 10}} = 0,694$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,694 - 0,2) + 0,694^2] = 0,825$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,825 + \sqrt{0,825^2 - 0,694^2}} = 0,787$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,TF}}} = \sqrt{\frac{23,2 \times 235}{1405,1 \times 10}} = 0,623$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,623 - 0,2) + 0,623^2] = 0,766$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,766 + \sqrt{0,766^2 - 0,623^2}} = 0,825$
przyjęto $\chi = 0,944 \leq 1$	Przyjęto $\chi = 0,787 \leq 1$	przyjęto $\chi = 0,825 \leq 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0,787$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,787 \times 23,20 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 429,1 \text{ kN} \quad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{15,19}{429,1} = \mathbf{0,035} < \mathbf{1} \quad (6.46)$$

Nośność przekroju na skręcanie:

$x_a = 0,150$; $x_b = 2,650$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+1,35·0,85·St+1,5·(S1+U1+U2+W1+W4) (b)

Naprężenia przy skręcaniu swobodnym:

$$W_t = \frac{J_t}{t_{max}} = \frac{8,59}{1,00} = 8,59 \text{ cm}^3$$

$$T_{Rd} = \frac{W_t f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{8,59 \times 235}{1,732 \times 1} \times 10^{-3} = 1,17 \text{ kNm}$$

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{0,05}{1,17} = \mathbf{0,043} < \mathbf{1} \quad (6.23)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,150$; $x_b = 2,650$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (S1+U2+W1+W4)$ (a)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{16,97 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 230,25 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{4,62}{230,25} = \mathbf{0,020 < 1}$$

- wzdłuż osi Y

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{16,97 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 230,25 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{11,65}{230,25} = \mathbf{0,051 < 1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto $\eta = 1,2$.

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

$$h_w / t_w = 120,0 / 10,0 = \mathbf{12,000 < 59,738} = 72 \times 1,000 / 1,200 = 72 \varepsilon / \eta$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 2,800$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (S1+S4+U1+W1+W3)$ (a)

Klasa przekroju **3**.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{58,57 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 13,76 \text{ kNm}$$

Nośność na zginanie względem osi Z:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{27,56 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 6,48 \text{ kNm}$$

Największe naprężenia normalne z uwzględnieniem ścinania:

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed} z}{J_y} + \frac{M_{z,Ed} y}{J_z} = \frac{-12,2}{23,2} \times 10 - \frac{2,57 \times -8,49}{497} \times 10^3 - \frac{1,62 \times 3,8}{129} \times 10^3 = -96,91 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{x,Ed} = 96,91 < 235 = \frac{235}{1} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.42)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{12,2}{545,2} + \frac{2,57}{13,76} + \frac{1,62}{6,48} = 0,459 < 1 \quad (6.2)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+1,35·St+1,5·(S1+S4+U1+W1+W3) (a)

Współczynniki interakcji według metody 2:

$$C_{my} = 0,2 + 0,8 \alpha_s = 0,2 + 0,8 \times 0,862 = 0,889; \quad \text{przyjęto } C_{my} = 0,889$$

$$C_{mz} = 0,2 + 0,8 \alpha_s = 0,2 + 0,8 \times 0,522 = 0,617; \quad \text{przyjęto } C_{mz} = 0,617$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,889 \times \left(1 + 0,6 \times 0,0300 \times \frac{12,02}{1,000 \times 545,20/1} \right) = 0,890$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = 0,890 \leq 0,901 = 0,889 \times \left(1 + 0,6 \times \frac{12,02}{1,000 \times 545,20/1} \right) = C_{my} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,617 \times \left(1 + 0,6 \times 0,0589 \times \frac{12,02}{1,000 \times 545,20/1} \right) = 0,618$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = 0,618 \leq 0,625 = 0,617 \times \left(1 + 0,6 \times \frac{12,02}{1,000 \times 545,20/1} \right) = C_{mz} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 0,618$$

$$k_{zy} = 0,8 k_{yy} = 0,8 \times 0,890 = 0,712$$

Warunki nośności:

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} &= \frac{12,02}{1,000 \times 545,2/1} + 0,890 \times \frac{2,48+0}{1,000 \times 13,76/1} \\ &+ 0,618 \times \frac{1,64+0}{6,48/1} = 0,339 < 1 \quad (6.61) \end{aligned}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{12,02}{1,000 \times 545,2/1} + 0,712 \times \frac{2,48+0}{1,000 \times 13,76/1} +$$

$$0,618 \times \frac{1,64+0}{6,48/1} = \mathbf{0,307} < 1 \quad (6.62)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: CW+St+S1+U1+U2+W1+W4 Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z wynoszą:

$$a_{\max} = 2,1 \text{ mm}$$

$$a_{gr} = 1 / 250 = 2800 / 250 = 11,2 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = \mathbf{2,1} < \mathbf{11,2} = a_{gr}$$

Ugięcia względem osi Y wynoszą:

$$a_{\max} = 2,7 \text{ mm}$$

$$a_{gr} = 1 / 250 = 2800 / 250 = 11,2 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = \mathbf{2,7} < \mathbf{11,2} = a_{gr}$$

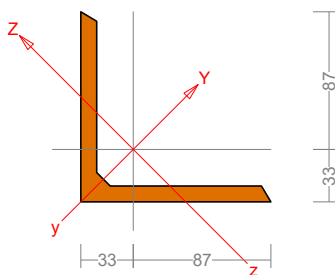
Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = 3,365 \text{ mm}; \quad L / a = 2800,0 / 3,365 = 832,0$$

Pręt nr 209 – rygiel górny

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993

Przekrój: 6 - L 120x120x10



Wymiary przekroju:

$$h=120,0 \quad s=120,0 \quad g=10,0 \quad r=13,0 \quad e_y=33,1 \quad e_z=33,1.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$I_y=497,0 \quad I_z=129,0 \quad A=23,20 \quad i_y=4,6 \quad i_z=2,4 \quad I_w=0,0 \quad I_t=8,6 \quad y_s=-4,1 \quad i_s=6,597 \quad r_z=8,1 \quad b_y=-8,1.$$

Materiał: **S 235**. Granica plastyczności $f_y=235$ MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u = 360$ dla $g=10,0$.

Długości wyboczeniowe pręta:**Przęsło Yc 2 (2,810;5,880)**

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,474 \quad \kappa_b = 0,814 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,760 \quad \text{dla } l_o = 3,070$$

$$l_w = 0,760 \times 3,070 = 2,333 \text{ m}$$

Przęsło Zc 2 (2,810;5,880)

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,657 \quad \kappa_b = 0,186 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 1,425 \quad \text{dla } l_o = 3,070$$

$$l_w = 1,425 \times 3,070 = 4,375 \text{ m}$$

Przęsło ω 2 (2,810;5,880)

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega o} = 3,070 \text{ m}$. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 3,070 \text{ m}$.

Długości wyboczeniowe dla osi głównych:

$$Y: \quad \kappa_a = 0,565 \quad \kappa_b = 0,500 \quad \kappa_v = 0,500 \Rightarrow \mu = 1,370 \quad \text{dla } l_o = 3,070$$

$$l_w = 1,370 \times 3,070 = 4,206 \text{ m}$$

$$Z: \quad \kappa_a = 0,565 \quad \kappa_b = 0,500 \quad \kappa_v = 0,500 \Rightarrow \mu = 1,370 \quad \text{dla } l_o = 3,070$$

$$l_w = 1,370 \times 3,070 = 4,206 \text{ m}$$

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 497,0}{4,206^2} \times 10^{-2} = 582,31 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 129,0}{4,206^2} \times 10^{-2} = 151,14 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T \right) = \frac{1}{6,597^2} \times \left(\frac{3,1416^2 \times 210 \times 0,0}{3,070^2} \times 10^{-2} + 81 \times 8,59 \times 102 \right) = 1598,38 \text{ kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{N_{cr,y} + N_{cr,T} - \sqrt{(N_{cr,y} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,y} N_{cr,T} (1 - \mu y_s^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu y_s^2 / i_s^2)} =$$

$$\frac{582,31 + 1598,38 - \sqrt{(582,31 + 1598,38)^2 - 4 \times 582,31 \times 1598,38 \times (1 - 1,370 \times -4,07^2 / 6,597^2)}}{2 \times (1 - 1,370 \times -4,1^2 / 6,597^2)} = 506,17 \text{ kN}$$

Zwichrzenie:

Przęsło nr: 2 (2,810;5,880)

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_o = 0,00$ cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = (-4,07)$ cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: $A_1 = 0,000$, $A_2 = 0,000$, $B = 0,000$.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,000 \times 8,13 + 0,000 \times (-4,07) = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_{cr,z} + \sqrt{(A_o N_{cr,z})^2 + B^2 i_s^2 N_{cr,z} N_{cr,T}} =$$

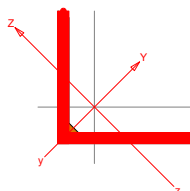
$$0,000 \times 151,14 + \sqrt{(0,000 \times 151,14)^2 + 0,000^2 \times 0,066^2 \times 151,14 \times 1598,38} = 0 \text{ kNm}$$

Stan graniczny nośności.

$x_a = 5,880$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: CW+1,35·0,85·St+1,5·(U2+W4) (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M :

$$\gamma_{M0} = 1; \gamma_{M1} = 1; \gamma_{M2} = 1,1.$$



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	(c/t) ₁	(c/t) ₂	(c/t) ₃	c/t	Klasa
1	120,0	10,0	0,484	-4,657	3,066	18,591	20,657	36,770	12,000	1
2	120,0	10,0	0,941	-0,712	0,755	9,568	10,631	18,249	12,000	3

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **3**.

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 5,880$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: 1,35·(CW+St)+1,5·(S1+S4+W3) (a)

Siała osiowa: $N_{Ed} = 4,42$ kN

Pole powierzchni przekroju: $A = 23,20$ cm²

Pole powierzchni otworów: $A_o = 0,00$ cm²

Pole powierzchni netto: $A_{net} = 23,20$ cm²

Nośność przekroju na rozciąganie:

- nośność plastyczna

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{23,20 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 545,2 \text{ kN} \quad (6.6)$$

- nośność graniczna

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 23,20 \times 360}{1,1} \times 10^{-1} = 683,35 \text{ kN} \quad (6.7)$$

Pręt posiada zdolność do odkształceń plastycznych ($N_{pl,Rd} < N_{u,Rd}$).

Nośność na rozciąganie:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = 545,2 \text{ kN}$$

Warunek nośności (6.5):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{4,42}{545,2} = 0,008 < 1 \quad (6.5)$$

Nośność na ściskanie:

$x_a = 5,880$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: CW+St+1,5·(U1+U2+U3+W2+W4) (b)

Klasa przekroju 1.

Siła osiowa: $N_{Ed} = -3,35 \text{ kN}$

Pole powierzchni przekroju: $A = 23,20 \text{ cm}^2$

Pole powierzchni przekroju efektywnego: $A_{eff} = 23,20 \text{ cm}^2$

Przesunięcie środka ciężkości: $e_{Ny} = 0,00$; $e_{Nz} = 0,00 \text{ cm}$.

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{23,20 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 545,2 \text{ kN} \quad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{3,35}{545,2} = 0,006 < 1 \quad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "b")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "b")	Wyboczenie giętno-skrętne (krzywa "b")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{23,2 \times 235}{582,31 \times 10}} = 0,968$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,968 - 0,2) + 0,968^2] = 1,099$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,099 + \sqrt{1,099^2 - 0,968^2}} = 0,618$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{23,2 \times 235}{151,14 \times 10}} = 1,899$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (1,899 - 0,2) + 1,899^2] = 2,592$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,592 + \sqrt{2,592^2 - 1,899^2}} = 0,230$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,TF}}} = \sqrt{\frac{23,2 \times 235}{506,17 \times 10}} = 1,038$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (1,038 - 0,2) + 1,038^2] = 1,181$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,181 + \sqrt{1,181^2 - 1,038^2}} = 0,573$
przyjęto $\chi = 0,618 \leq 1$	Przyjęto $\chi = 0,230 \leq 1$	przyjęto $\chi = 0,573 \leq 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0,230$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,230 \times 23,20 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 125,13 \text{ kN} \quad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{3,35}{125,13} = \mathbf{0,027} < \mathbf{1} \quad (6.46)$$

Nośność przekroju na skręcanie:

$x_a = 5,880$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: CW+1,35·0,85·St+1,5·(U2+W4) (b)

Napężenia przy skręcaniu swobodnym:

$$W_t = \frac{J_t}{t_{\max}} = \frac{8,59}{1,00} = 8,59 \text{ cm}^3$$

$$T_{Rd} = \frac{W_t f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{8,59 \times 235}{1,732 \times 1} \times 10^{-3} = 1,17 \text{ kNm}$$

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{0,00}{1,17} = \mathbf{0,000} < \mathbf{1} \quad (6.23)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 2,810$; $x_b = 3,070$; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: 1,35·CW+St+1,5·(U2+U3+W1+W4) (a)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{16,97 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 230,25 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{1,81}{230,25} = \mathbf{0,008} < \mathbf{1}$$

- wzdłuż osi Y

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{16,97 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 230,25 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{1,60}{230,25} = \mathbf{0,007} < \mathbf{1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto $\eta = 1,2$.

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

$$h_w / t_w = 120,0/10,0 = \mathbf{12,000} < \mathbf{59,706} = 72 \times 1,000/1,200 = 72 \varepsilon / \eta$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 5,880$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (S1+S4+U3+W1+W3)$ (a)

Klasa przekroju 3.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{58,57 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 13,76 \text{ kNm}$$

Nośność na zginanie względem osi Z:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{27,56 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 6,48 \text{ kNm}$$

Największe naprężenia normalne z uwzględnieniem ścinania:

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed} z}{J_y} + \frac{M_{z,Ed} y}{J_z} = \frac{1,43}{23,2} \times 10 - \frac{0,29 \times 0}{497} \times 10^3 - \frac{1,44 \times -4,68}{129} \times 10^3 = 52,87 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{x,Ed} = \mathbf{52,87} < \mathbf{235} = \frac{235}{1} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.42)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{1,43}{545,2} + \frac{0,29}{13,76} + \frac{1,44}{6,48} = \mathbf{0,246} < \mathbf{1} \quad (6.2)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (S1+S4+U2+U3+W1+W3)$ (a)

Współczynniki interakcji według metody 2:

$C_{my} = 0,9$ - przechyłowa postaci wyboczenia.

$C_{mz} = 0,9$ - przechyłowa postaci wyboczenia.

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,900 \times \left(1 + 0,6 \times 0,968 \times \frac{0,00}{0,618 \times 545,20/1} \right) = 0,900$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{0,900} \leq 0,900 = 0,900 \times \left(1 + 0,6 \times \frac{0,00}{0,618 \times 545,20/1} \right) = C_{my} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,900 \times \left(1 + 0,6 \times 1,899 \times \frac{0,00}{0,230 \times 545,20/1} \right) = 0,900$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{0,900} \leq 0,900 = 0,900 \times \left(1 + 0,6 \times \frac{0,00}{0,230 \times 545,20/1} \right) = C_{mz} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 0,900$$

$$k_{zy} = 0,8 \quad k_{yy} = 0,8 \times 0,900 = 0,720$$

Warunki nośności:

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} &= \frac{0}{0,618 \times 545,2/1} + 0,900 \times \frac{0,91+0}{1,000 \times 13,76/1} \\ &+ 0,900 \times \frac{1,44+0}{6,48/1} = \mathbf{0,260} < \mathbf{1} \quad (6.61) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} &= \frac{0}{0,230 \times 545,2/1} + 0,720 \times \frac{0,91+0}{1,000 \times 13,76/1} + \\ &0,900 \times \frac{1,44+0}{6,48/1} = \mathbf{0,248} < \mathbf{1} \quad (6.62) \end{aligned}$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: CW+St+U1+W1+W4 Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z wynoszą:

$$a_{\max} = 4,3 \text{ mm}$$

$$a_{gr} = 1 / 250 = 5880 / 250 = 23,5 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = \mathbf{4,3} < \mathbf{23,5} = a_{gr}$$

Ugięcia względem osi Y wynoszą:

$$a_{\max} = 1,4 \text{ mm}$$

$$a_{gr} = 1 / 250 = 5880 / 250 = 23,5 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = \mathbf{1,4} < \mathbf{23,5} = a_{gr}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = 4,518 \text{ mm}; \quad L / a = 3300,0 / 4,518 = 730,5$$

1.4. Profile zimnogięte – ruszt podłogowy

Tabelaryczne zestawienie wyników - wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993

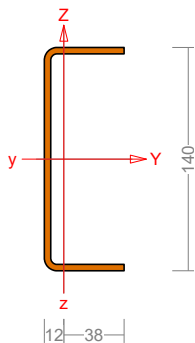
Nr pręta:	Przekrój:	Warunek decydujący:	Nośność:	Kombinacja obc.
275	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,571	
265	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,568	
276	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,515	
245	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,513	
255	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,513	
266	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,513	
268	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,513	
279	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,511	
278	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,510	
269	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,508	
231	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,504	
232	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,504	
277	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,503	
267	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,502	
280	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,499	
270	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,495	
273	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,492	
283	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,490	
272	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,478	
282	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,474	
281	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,473	
271	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,472	
258	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,462	
246	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,461	
248	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,461	
256	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,461	
249	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,459	
259	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,458	
233	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,454	
234	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,454	
247	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,451	
257	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,451	
250	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,445	
260	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,443	
263	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,438	
253	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,437	
284	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,432	
274	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,431	
262	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,422	
252	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,421	

251	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,418	<div><div></div></div>
261	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,418	<div><div></div></div>
264	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,387	<div><div></div></div>
254	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,385	<div><div></div></div>
244	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,351	<div><div></div></div>
236	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,321	<div><div></div></div>
235	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,321	<div><div></div></div>
239	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,316	<div><div></div></div>
243	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,312	<div><div></div></div>
241	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,311	<div><div></div></div>
242	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,308	<div><div></div></div>
238	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,307	<div><div></div></div>
237	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,305	<div><div></div></div>
230	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,304	<div><div></div></div>
240	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,270	<div><div></div></div>
297	1 - C 140x50x4~	SGU	0,217	<div><div></div></div>
300	1 - C 140x50x4~	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,099	<div><div></div></div>
301	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,053	<div><div></div></div>
298	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,049	<div><div></div></div>
299	1 - C 140x50x4~	Zginanie	0,047	<div><div></div></div>

Pręt nr 275

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993

Przekrój: 1 - C 140x50x4~



Wymiary przekroju:

$h=140,0$ $s=50,0$ $g_r=4,0$ $r=4,0$ $e_y=12,2$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$I_{yg}=251,8$ $I_{zg}=20,2$ $A=9,07$ $i_y=5,3$ $i_z=1,5$ $I_w=669,0$ $I_t=0,5$ $y_s=-2,6$ $i_s=6,071$ $r_z=10,0$ $b_y=-7,6$.

Materiał: S 235. Granica plastyczności $f_y=235$ MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u = 360$ dla $g=4,0$.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,494 \quad \kappa_b = 0,989 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 2,419 \quad \text{dla } l_o = 3,000$$

$$l_w = 2,419 \times 3,000 = 7,257 \text{ m}$$

Przęsło Zc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,054 \quad \kappa_b = 0,121 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,513 \quad \text{dla } l_o = 3,000$$

$$l_w = 0,513 \times 3,000 = 1,539 \text{ m}$$

Przęsło ω

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 3,000 \text{ m}$. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 3,000 \text{ m}$.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 251,8}{7,257^2} \times 10^{-2} = 99,1 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 20,2}{1,539^2} \times 10^{-2} = 176,62 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T \right) = \frac{1}{6,071^2} \times \left(\frac{3,1416^2 \times 210 \times 669,0}{3,000^2} \times 10^{-2} + 81 \times 0,495 \times 102 \right) = 150,57 \text{ kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{N_{cr,y} + N_{cr,T} - \sqrt{(N_{cr,y} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,y} N_{cr,T} (1 - \mu_y^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_y^2 / i_s^2)} =$$

$$\frac{99,1 + 150,57 - \sqrt{(99,1 + 150,57)^2 - 4 \times 99,1 \times 150,57 \times (1 - 2,419^2 / 6,071^2)}}{2 \times (1 - 2,419^2 / 6,071^2)} = 85,57 \text{ kN}$$

Zwicherungie:

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_o = 0,00 \text{ cm}$. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = (-2,62) \text{ cm}$. Przyjęto następujące wartości parametrów zwicherungia: $A_1 = 0,000$, $A_2 = 0,000$, $B = 0,000$.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,000 \times 7,61 + 0,000 \times (-2,62) = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_{cr,z} + \sqrt{(A_o N_{cr,z})^2 + B^2 i_s^2 N_{cr,z} N_{cr,T}} =$$

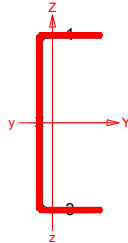
$$-0,000 \times 176,62 + \sqrt{(0,000 \times 176,62)^2 + 0,000^2 \times 0,061^2 \times 176,62 \times 150,57} = 0 \text{ kNm}$$

Stan graniczny nośności.

$x_a = 3,000$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+1,35·0,85·St+1,5·(S4+U3+W1+W3) (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M :

$$\gamma_{M0} = 1; \gamma_{M1} = 1; \gamma_{M2} = 1,1.$$



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	(c/t) ₁	(c/t) ₂	(c/t) ₃	c/t	Klasa
1	48,0	4,0	0,024	0,000	0	2373,406	2637,118	INF	12,000	1
2	136,0	4,0	1,000	-0,255	-	33,000	38,000	71,697	34,000	2
3	48,0	4,0	1,000	-0,105	2,416	9,000	10,000	32,644	12,000	3

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **3**.

Nośność na ściskanie:

$x_a = 3,000$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+1,35·0,85·St+1,5·(S4+U3+W1+W3) (b)

Klasa przekroju **3**.

Siła osiowa: $N_{Ed} = -0,27 \text{ kN}$

Pole powierzchni przekroju: $A = 9,07 \text{ cm}^2$

Pole powierzchni przekroju efektywnego: $A_{eff} = 9,07 \text{ cm}^2$

Przesunięcie środka ciężkości: $e_{Ny} = 0,00$; $e_{Nz} = 0,00 \text{ cm}$.

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{9,07 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 213,24 \text{ kN} \quad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{0,27}{213,24} = \mathbf{0,001} < \mathbf{1} \quad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "c")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "c")	Wyboczenie giętno-skrętne (krzywa "c")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} f_y}{N_{\text{cr},y}}} = \sqrt{\frac{9,07 \times 235}{99,1 \times 10}} = 1,467$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (1,467 - 0,2) + 1,467^2] = 1,886$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,886 + \sqrt{1,886^2 - 1,467^2}} = 0,326$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} f_y}{N_{\text{cr},z}}} = \sqrt{\frac{9,07 \times 235}{176,62 \times 10}} = 1,099$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (1,099 - 0,2) + 1,099^2] = 1,324$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,324 + \sqrt{1,324^2 - 1,099^2}} = 0,485$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} f_y}{N_{\text{cr},\text{TF}}}} = \sqrt{\frac{9,07 \times 235}{85,57 \times 10}} = 1,579$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (1,579 - 0,2) + 1,579^2] = 2,084$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,084 + \sqrt{2,084^2 - 1,579^2}} = 0,290$
przyjęto $\chi = 0,326 \leq 1$	Przyjęto $\chi = 0,485 \leq 1$	przyjęto $\chi = 0,290 \leq 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0,290$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,290 \times 9,07 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 61,92 \text{ kN} \quad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{0,27}{61,92} = 0,004 < 1 \quad (6.46)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (U3+W4)$ (a)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{5,44 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 73,81 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{8,55}{73,81} = 0,116 < 1$$

- wzdłuż osi Y

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{3,84 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 52,1 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{0,00}{52,10} = 0,000 < 1$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto $\eta = 1,2$.

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

$$h_w / t_w = 136,0/4,0 = 34,000 < 59,743 = 72 \times 1,000/1,200 = 72 \varepsilon / \eta$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (S3+U3+W1)$ (a)

Klasa przekroju 3.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{35,97 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 8,45 \text{ kNm}$$

Nośność na zginanie względem osi Z:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5,33 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 1,25 \text{ kNm}$$

Największe naprężenia normalne z uwzględnieniem ścinania:

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed} z}{J_y} + \frac{M_{z,Ed} y}{J_z} = \frac{-0,27 \times 10}{9,07} - \frac{4,75 \times -7}{251,8} \times 10^3 - \frac{0,01 \times 3,78}{20,18} \times 10^3 = -134,22 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{x,Ed} = 134,22 < 235 = \frac{235}{1} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.42)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{0,27}{213,24} + \frac{4,75}{8,45} + \frac{0,01}{1,25} = 0,571 < 1 \quad (6.2)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (S3+U3+W1)$ (a)

Współczynniki interakcji według metody 2:

$C_{my} = 0,9$ - przechyłowa postaci wyboczenia.

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \psi = 0,6 + 0,4 \times -0,964 = 0,214; \quad \text{przyjęto } C_{mz} = 0,400$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,900 \times \left(1 + 0,6 \times 1,467 \times \frac{0,27}{0,326 \times 213,24/1} \right) = 0,903$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{0,902} \leq 0,902 = 0,900 \times \left(1 + 0,6 \times \frac{0,27}{0,326 \times 213,24/1} \right) = C_{my} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,400 \times \left(1 + 0,6 \times 1,099 \times \frac{0,27}{0,485 \times 213,24/1} \right) = \mathbf{0,401}$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{0,401} \leq 0,401 = 0,400 \times \left(1 + 0,6 \times \frac{0,27}{0,485 \times 213,24/1} \right) = C_{mz} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yz} = k_{zz} = \mathbf{0,401}$$

$$k_{zy} = 0,8 \quad k_{yy} = 0,8 \times 0,902 = \mathbf{0,722}$$

Warunki nośności:

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} &= \frac{0,27}{0,326 \times 213,24/1} + 0,902 \times \frac{4,75+0}{1,000 \times 8,45/1} \\ &+ 0,401 \times \frac{0,01+0}{1,25/1} = \mathbf{0,514} < \mathbf{1} \quad (6.61) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} &= \frac{0,27}{0,485 \times 213,24/1} + 0,722 \times \frac{4,75+0}{1,000 \times 8,45/1} + \\ &0,401 \times \frac{0,01+0}{1,25/1} = \mathbf{0,411} < \mathbf{1} \quad (6.62) \end{aligned}$$

Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (S4+U3+W3)$ (a)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $s_s = \mathbf{100,0}$ mm oraz typ obciążenia środnika **(a)**. Dodatkowo przyjęto rozstaw żebier poprzecznych $a = \mathbf{3,000}$ m. Nośność najbardziej obciążonego środnika:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (136,0/3000,0)^2 = \mathbf{6,00}$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 235 \times 48,0 / (235 \times 4,0) = \mathbf{12,000}$$

$$m_2 = 0,02 (h_w / t_f)^2 = 0,02 \times (136,0/4,0)^2 = \mathbf{23,120}$$

$$l_y = s_s + 2t_f \left(1 + \sqrt{m_1 + m_2} \right) = 100,0 + 2 \times 4,0 \times (1 + \sqrt{12,000 + 23,120}) = \mathbf{155,4} \quad \text{przyjęto } l_y = \mathbf{155,4} \leq a$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,00 \times 210 \times 4,0^3 / 136,0 = \mathbf{534,01 \text{ kN}}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{155,4 \times 4,0 \times 235 \times 10^3}{534,01}} = 0,523$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,523} = 0,956 \quad \text{przyjęto } \chi_F = 0,956 \leq 1,0$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 0,956 \times 155,4 = 148,6 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 148,6 \times 4,0 \times 10^3}{1} = 139,65 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN 1993-1-5})$$

Warunki nośności środnika:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{16,53}{139,65} = 0,118 < 1 \quad (6.14 \text{ EN 1993-1-5})$$

$$\frac{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \sigma_{z,Ed} + 3\tau_{Ed}^2}{(f_y / \gamma_{M0})^2} = \frac{128,5^2 + 41,3^2 - 128,5 \times 41,3 + 3 \times 15,7^2}{(235/1)^2} = 0,247 < 1 \quad (6.1)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+St+S1+S4+U1+U2+U3+W2+W3 Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z wynoszą:

$$a_{\max} = 3,4 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 3000 / 250 = 12,0 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 3,4 < 12,0 = a_{\text{gr}}$$

Ugięcia względem osi Y wynoszą:

$$a_{\max} = 0,0 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 3000 / 250 = 12,0 \text{ mm}$$

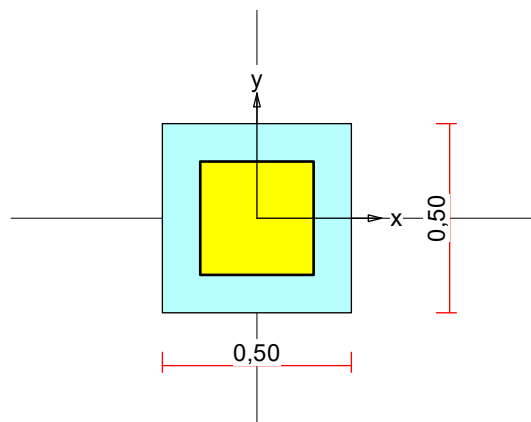
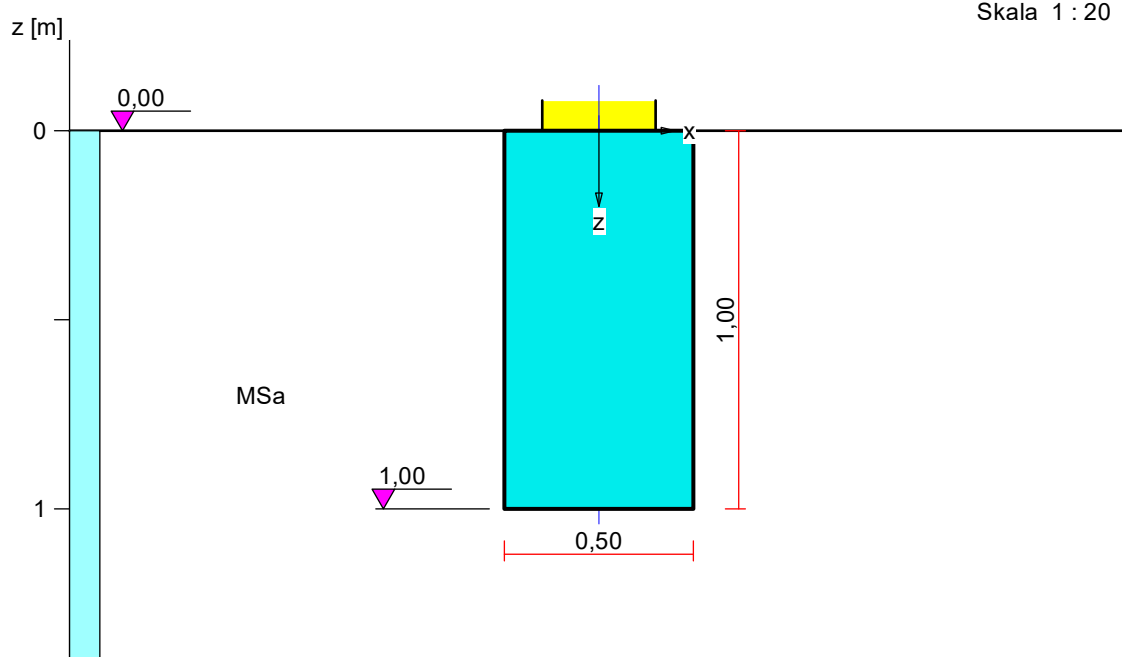
$$a_{\max} = 0,0 < 12,0 = a_{\text{gr}}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = 3,449 \text{ mm}; \quad L / a = 3000,0 / 3,449 = 869,9$$

1.5. Stopa fundamentowa Sf1

Nazwa fundamentu: stopa prostokątna



1. Wymiary fundamentu

Względny poziom posadowienia: $z_f = 1,00$ m

Kształt fundamentu: **prosty**

Wymiary podstawy: $B_x = 0,50$ m, $B_y = 0,50$ m,

Wysokość: $H = 1,00$ m,

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

1.1. Podłoże gruntowe

1.2. Teren

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

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

1.3. Warstwy gruntu

Lp.	Poz. stropu	Grubość	Nazwa gruntu	Identyfikator	Poz. wody gr.
1	0,00	nieokreśl.	Piasek średni	MSa_c:0,00_f:35,0	0,00

2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: **słup prostokątny**

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

Współrzędne osi słupa: $x_0 = 0,00$ m, $y_0 = 0,00$ m,

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

3. Obciążenie od konstrukcji

Względny poziom przyłożenia obciążenia: $z_{obc} = 1,05$ m.

Parametry importu obciążenia:

Nazwa zadania: D:Kontur_2016-14_Teolin Świetlicakompletv2.rm3.

Data utworzenia: 04.09.2024 21:45.

Oznaczenie podpory: Węzeł nr 222.

Lista kombinacji obciążeń fundamentu:

Lp.	Rodzaj	N	H_x	H_y	M_x	M_y
	obciążenia	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1	podst.- trwała	64,2	-0,8	-2,8	0,00	0,00
		44,1	-0,5	-1,9	0,00	0,00
2	podst.- trwała	61,5	-0,9	-2,8	0,00	0,00
		44,1	-0,5	-1,9	0,00	0,00
3	podst.- trwała	24,2	-2,4	-3,3	0,00	0,00
		17,4	-1,6	-2,2	0,00	0,00
4	podst.- trwała	21,5	-2,4	-3,4	0,00	0,00
		17,4	-1,6	-2,2	0,00	0,00
5	podst.- trwała	24,2	-4,7	0,5	0,00	0,00
		17,5	-3,1	0,3	0,00	0,00
6	podst.- trwała	21,5	-4,8	0,5	0,00	0,00
		17,5	-3,1	0,3	0,00	0,00
7	podst.- trwała	66,7	1,8	0,4	0,00	0,00
		45,8	1,2	0,3	0,00	0,00
8	podst.- trwała	64,0	1,7	0,4	0,00	0,00
		45,8	1,2	0,3	0,00	0,00
9	podst.- trwała	60,0	-0,8	-2,8	0,00	0,00
		41,3	-0,5	-1,9	0,00	0,00
10	podst.- trwała	57,4	-0,8	-2,8	0,00	0,00
		41,3	-0,5	-1,9	0,00	0,00
11	podst.- trwała	57,6	-0,4	-3,0	0,00	0,00
		39,7	-0,2	-2,0	0,00	0,00
12	podst.- trwała	54,9	-0,5	-3,0	0,00	0,00
		39,7	-0,2	-2,0	0,00	0,00
13	podst.- trwała	21,6	-4,5	0,3	0,00	0,00
		15,7	-3,0	0,2	0,00	0,00
14	podst.- trwała	18,9	-4,6	0,3	0,00	0,00
		15,7	-3,0	0,2	0,00	0,00
15	podst.- trwała	16,1	-2,3	-3,1	0,00	0,00
		12,0	-1,5	-2,1	0,00	0,00

16	podst.- trwała	13,4	-2,4	-3,1	0,00	0,00
		12,0	-1,5	-2,1	0,00	0,00
17	podst.- trwała	49,9	-0,3	-3,1	0,00	0,00
		34,6	-0,2	-2,1	0,00	0,00
18	podst.- trwała	47,2	-0,4	-3,1	0,00	0,00
		34,6	-0,2	-2,1	0,00	0,00
19	podst.- trwała	57,9	-0,3	-3,2	0,00	0,00
		39,9	-0,1	-2,1	0,00	0,00
20	podst.- trwała	55,3	-0,3	-3,2	0,00	0,00
		39,9	-0,1	-2,1	0,00	0,00
21	podst.- trwała	11,8	-2,3	-3,2	0,00	0,00
		9,2	-1,5	-2,1	0,00	0,00
22	podst.- trwała	9,1	-2,4	-3,2	0,00	0,00
		9,2	-1,5	-2,1	0,00	0,00
23	podst.- trwała	47,9	-0,2	-2,9	0,00	0,00
		33,3	-0,1	-1,9	0,00	0,00
24	podst.- trwała	45,2	-0,2	-2,9	0,00	0,00
		33,3	-0,1	-1,9	0,00	0,00
25	podst.- trwała	49,5	0,0	-3,1	0,00	0,00
		34,3	0,0	-2,0	0,00	0,00
26	podst.- trwała	46,8	-0,1	-3,1	0,00	0,00
		34,3	0,0	-2,0	0,00	0,00
27	podst.- trwała	49,6	-2,4	0,8	0,00	0,00
		34,4	-1,6	0,5	0,00	0,00
28	podst.- trwała	46,9	-2,5	0,8	0,00	0,00
		34,4	-1,6	0,5	0,00	0,00
29	podst.- trwała	27,1	-0,4	0,3	0,00	0,00
		19,4	-0,2	0,2	0,00	0,00
30	podst.- trwała	24,5	-0,4	0,3	0,00	0,00
		19,4	-0,2	0,2	0,00	0,00
31	podst.- trwała	11,9	-4,3	0,4	0,00	0,00
		9,3	-2,8	0,3	0,00	0,00
32	podst.- trwała	9,3	-4,4	0,4	0,00	0,00
		9,3	-2,8	0,3	0,00	0,00
33	podst.- trwała	9,5	-4,0	0,3	0,00	0,00
		7,7	-2,6	0,2	0,00	0,00
34	podst.- trwała	6,8	-4,0	0,2	0,00	0,00
		7,7	-2,6	0,2	0,00	0,00
35	podst.- trwała	52,0	2,6	0,2	0,00	0,00
		36,0	1,7	0,1	0,00	0,00
36	podst.- trwała	49,3	2,5	0,2	0,00	0,00
		36,0	1,7	0,1	0,00	0,00
37	podst.- trwała	59,6	-0,9	-3,0	0,00	0,00
		42,6	-0,5	-2,0	0,00	0,00
38	podst.- trwała	58,3	-0,9	-3,0	0,00	0,00
		42,6	-0,5	-2,0	0,00	0,00
39	podst.- trwała	12,8	-4,4	0,3	0,00	0,00
		11,4	-2,9	0,2	0,00	0,00
40	podst.- trwała	11,4	-4,4	0,3	0,00	0,00
		11,4	-2,9	0,2	0,00	0,00
41	podst.- trwała	47,3	-2,4	0,8	0,00	0,00
		34,4	-1,6	0,5	0,00	0,00

42	podst.- trwała	45,9	-2,5	0,8	0,00	0,00
		34,4	-1,6	0,5	0,00	0,00
43	podst.- trwała	44,6	-1,9	0,3	0,00	0,00
		32,6	-1,2	0,2	0,00	0,00
44	podst.- trwała	43,3	-1,9	0,3	0,00	0,00
		32,6	-1,2	0,2	0,00	0,00
45	podst.- trwała	22,0	-2,8	-3,2	0,00	0,00
		19,1	-1,8	-2,1	0,00	0,00
46	podst.- trwała	22,0	-2,8	-3,2	0,00	0,00
		19,1	-1,8	-2,1	0,00	0,00
47	podst.- trwała	19,6	-4,8	0,5	0,00	0,00
		17,5	-3,1	0,3	0,00	0,00
48	podst.- trwała	19,6	-4,8	0,5	0,00	0,00
		17,5	-3,1	0,3	0,00	0,00
49	podst.- trwała	53,1	-0,9	-2,7	0,00	0,00
		39,8	-0,5	-1,8	0,00	0,00
50	podst.- trwała	53,1	-0,9	-2,7	0,00	0,00
		39,8	-0,5	-1,8	0,00	0,00
51	podst.- trwała	57,8	-0,8	-2,9	0,00	0,00
		42,9	-0,4	-1,9	0,00	0,00
52	podst.- trwała	57,8	-0,8	-2,9	0,00	0,00
		42,9	-0,4	-1,9	0,00	0,00
53	podst.- trwała	8,0	-2,6	-3,1	0,00	0,00
		9,8	-1,6	-2,1	0,00	0,00
54	podst.- trwała	8,0	-2,6	-3,1	0,00	0,00
		9,8	-1,6	-2,1	0,00	0,00
55	podst.- trwała	7,2	-2,4	-3,2	0,00	0,00
		9,2	-1,5	-2,1	0,00	0,00
56	podst.- trwała	7,2	-2,4	-3,2	0,00	0,00
		9,2	-1,5	-2,1	0,00	0,00
57	podst.- trwała	43,3	-0,3	-2,9	0,00	0,00
		33,3	-0,1	-1,9	0,00	0,00
58	podst.- trwała	43,3	-0,3	-2,9	0,00	0,00
		33,3	-0,1	-1,9	0,00	0,00
59	podst.- trwała	7,3	-4,4	0,4	0,00	0,00
		9,3	-2,8	0,3	0,00	0,00
60	podst.- trwała	7,3	-4,4	0,4	0,00	0,00
		9,3	-2,8	0,3	0,00	0,00
61	podst.- trwała	4,9	-4,0	0,2	0,00	0,00
		7,7	-2,6	0,2	0,00	0,00
62	podst.- trwała	4,9	-4,0	0,2	0,00	0,00
		7,7	-2,6	0,2	0,00	0,00
63	podst.- trwała	21,8	-2,5	-3,4	0,00	0,00
		17,4	-1,6	-2,2	0,00	0,00
64	podst.- trwała	20,5	-2,5	-3,4	0,00	0,00
		17,4	-1,6	-2,2	0,00	0,00
65	podst.- trwała	22,8	-4,6	0,2	0,00	0,00
		18,1	-3,0	0,2	0,00	0,00
66	podst.- trwała	21,5	-4,6	0,3	0,00	0,00
		18,1	-3,0	0,2	0,00	0,00
67	podst.- trwała	17,6	-4,8	0,5	0,00	0,00
		14,7	-3,1	0,3	0,00	0,00

68	podst.- trwała	16,3	-4,8	0,5	0,00	0,00
		14,7	-3,1	0,3	0,00	0,00
69	podst.- trwała	56,1	2,3	0,1	0,00	0,00
		40,3	1,6	0,1	0,00	0,00
70	podst.- trwała	54,8	2,3	0,1	0,00	0,00
		40,3	1,6	0,1	0,00	0,00
71	podst.- trwała	12,7	-4,5	0,3	0,00	0,00
		11,4	-2,9	0,2	0,00	0,00
72	podst.- trwała	11,4	-4,5	0,3	0,00	0,00
		11,4	-2,9	0,2	0,00	0,00

4. Materiał

Rodzaj materiału: **żelbet**

Klasa betonu: C20/25, Klasa stali: $f_{yk}=500$,

Zbrojenie dolne:

Średnica prętów zbrojeniowych:

na kierunku x: $d_x = 14$ mm, na kierunku y: $d_y = 14$ mm,
strzemiona $d_s = 6$ mm.

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 50 mm.

Zbrojenie górne:

Średnica prętów zbrojeniowych:

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

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 50 mm.

Zbrojenie na przebiecie strzemionami: średnica $d_{sp} = 6$ mm.

5. Stan graniczny I

5.1. Zestawienie wyników analizy nośności, przesunięcia i mimośrod

Nr komb.	Rodzaj komb.	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. przes.	Wsp. mimośr.
1	podstawowa	1,00	0,711	0,075	0,032
2	podstawowa	1,00	0,684	0,075	0,034
3	podstawowa	1,00	0,359	0,171	0,123
4	podstawowa	1,00	0,326	0,172	0,137
5	podstawowa	1,00	0,375	0,215	0,112
6	podstawowa	1,00	0,341	0,218	0,125
* 7	podstawowa	1,00	0,715	0,045	0,019
8	podstawowa	1,00	0,688	0,044	0,019
9	podstawowa	1,00	0,671	0,078	0,034
10	podstawowa	1,00	0,644	0,078	0,036
11	podstawowa	1,00	0,649	0,083	0,033
12	podstawowa	1,00	0,622	0,083	0,035
13	podstawowa	1,00	0,346	0,216	0,114
14	podstawowa	1,00	0,311	0,218	0,129
15	podstawowa	1,00	0,280	0,186	0,164
16	podstawowa	1,00	0,244	0,188	0,192
17	podstawowa	1,00	0,579	0,095	0,038
18	podstawowa	1,00	0,551	0,095	0,041

19	podstawowa	1,00	0,657	0,088	0,034
20	podstawowa	1,00	0,629	0,089	0,036
21	podstawowa	1,00	0,243	0,207	0,211
22	podstawowa	1,00	0,205	0,209	0,258
23	podstawowa	1,00	0,556	0,090	0,036
24	podstawowa	1,00	0,527	0,090	0,038
25	podstawowa	1,00	0,574	0,093	0,035
26	podstawowa	1,00	0,546	0,094	0,037
27	podstawowa	1,00	0,564	0,076	0,036
28	podstawowa	1,00	0,536	0,077	0,038
29	podstawowa	1,00	0,313	0,018	0,013
30	podstawowa	1,00	0,287	0,020	0,015
31	podstawowa	1,00	0,256	0,256	0,180
32	podstawowa	1,00	0,215	0,259	0,219
33	podstawowa	1,00	0,224	0,249	0,191
34	podstawowa	1,00	0,183	0,253	0,241
35	podstawowa	1,00	0,589	0,076	0,029
36	podstawowa	1,00	0,561	0,074	0,030
37	podstawowa	1,00	0,669	0,080	0,036
38	podstawowa	1,00	0,655	0,081	0,037
39	podstawowa	1,00	0,252	0,241	0,171
40	podstawowa	1,00	0,233	0,244	0,188
41	podstawowa	1,00	0,541	0,076	0,037
42	podstawowa	1,00	0,526	0,077	0,039
43	podstawowa	1,00	0,503	0,059	0,026
44	podstawowa	1,00	0,489	0,060	0,027
45	podstawowa	1,00	0,328	0,165	0,141
46	podstawowa	1,00	0,328	0,165	0,141
47	podstawowa	1,00	0,316	0,219	0,136
48	podstawowa	1,00	0,316	0,219	0,136
49	podstawowa	1,00	0,600	0,078	0,038
50	podstawowa	1,00	0,600	0,078	0,038
51	podstawowa	1,00	0,646	0,078	0,036
52	podstawowa	1,00	0,646	0,078	0,036
53	podstawowa	1,00	0,186	0,205	0,289
54	podstawowa	1,00	0,186	0,205	0,289
55	podstawowa	1,00	0,176	0,210	0,307
56	podstawowa	1,00	0,176	0,210	0,307
57	podstawowa	1,00	0,507	0,091	0,041
58	podstawowa	1,00	0,507	0,091	0,041
59	podstawowa	1,00	0,186	0,261	0,260
60	podstawowa	1,00	0,186	0,261	0,260
61	podstawowa	1,00	0,153	0,255	0,298
62	podstawowa	1,00	0,153	0,255	0,298
63	podstawowa	1,00	0,330	0,173	0,137
64	podstawowa	1,00	0,314	0,173	0,144
65	podstawowa	1,00	0,347	0,203	0,109
66	podstawowa	1,00	0,331	0,203	0,115
67	podstawowa	1,00	0,304	0,235	0,147
68	podstawowa	1,00	0,287	0,235	0,157
69	podstawowa	1,00	0,624	0,064	0,025
70	podstawowa	1,00	0,611	0,064	0,025

71	podstawowa	1,00	0,250	0,245	0,173
72	podstawowa	1,00	0,232	0,245	0,189

Uwaga: Nośność podłoża w warunkach bez odpływu nie była wyznaczana, ponieważ parametr c_{uk} nie jest określony.

Uwaga: Do warunku na przesuw fundamentu przyjęto $\varphi'_{cv} = \varphi'$, ponieważ parametr φ'_{cv} nie jest określony.

5.2. Analiza stanu granicznego I dla kombinacji obciążenia nr 7

Litera kombinacji obciążeń: $1.35 \cdot (CW+St) + 1.5 \cdot (S1+S4+U2+W3)$ (a)

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego: $B_x = 0,50$ m, $B_y = 0,50$ m.

Względny poziom posadowienia: $H = 1,00$ m.

Rodzaj kombinacji obciążenia: podstawowa.

Sytuacja obliczeniowa: trwała.

Zestawienie obciążeń:

Pozycja	Obc. char.	E_x	E_y	γ	Obc. obl.	Mom. obl.	Mom. obl.
	[kN]	[m]	[m]	[-]	G [kN]	M_{Gx} [kNm]	M_{Gy} [kNm]
Fundament	6,25	0,00	0,00	1,35(1,0)	8,44	0,00	0,00
Wypor wody					-3,38	0,00	0,00

Wartości obliczeniowe | charakterystyczne obciążenia zewnętrznego fundamentu:

siła pionowa $N = 66,7$ | $45,8$ kN, mimośrod wzgl. podst. fund. $E_x = 0,00$ m, $E_y = 0,00$ m,

siła pozioma $H_x = 1,8$ | $1,2$ kN, mimośród względem podstawy fund. $E_z = -0,05$ m,

siła pozioma $H_y = 0,4$ | $0,3$ kN, mimośród względem podstawy fund. $E_z = -0,05$ m,

moment $M_x = 0,0$ | $0,0$ kNm, moment $M_y = 0,0$ | $0,0$ kNm.

Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Wartość obliczeniowa max. | min. obciążenia pionowego:

$$V_d = N + G = 66,7 + 5,1 \mid 3,8 = 71,7 \mid 70,4 \text{ kN.}$$

Wartości obliczeniowe max. | min. momentów względem środka podstawy fundamentu:

$$M_{xd} = N \cdot E_y - H_y \cdot E_z + M_x + M_{Gx} = 66,7 \cdot 0,00 - 0,4 \cdot (-0,05) + (0,0) + 0,0 \mid 0,0 = 0,0 \mid 0,0 \text{ kNm.}$$

$$M_{yd} = -N \cdot E_x + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy} = -66,7 \cdot 0,00 + 1,8 \cdot (-0,05) + (0,0) + 0,0 \mid 0,0 = -0,1 \mid -0,1 \text{ kNm.}$$

Mimośrod sił względem środka podstawy:

$$e_{xd} = |M_{yd}/V_d| = 0,1/70,4 = 0,00 \text{ m,}$$

$$e_{yd} = |M_{xd}/V_d| = 0,0/70,4 = 0,00 \text{ m.}$$

$$e_{xd}/B_x + e_{yd}/B_y = 0,003 + 0,001 = 0,003 \text{ m} < 0,167.$$

Wniosek: Wypadkowa obciążenia wewnątrz rdzenia podstawy fundamentu.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

w warunkach z odpływem wody

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

Obciążenia charakterystyczne: $V_k = 49,5$ kN, $M_{xk} = 0,0$ kNm, $M_{yk} = 0,1$ kNm.

$$e_x = |M_{yk}/V_k| = 0,1/49,5 = 0,00 \text{ m, } e_y = |M_{xk}/V_k| = 0,0/49,5 = 0,00 \text{ m.}$$

$$B'_x = B_x - 2 \cdot e_x = 0,50 - 2 \cdot 0,00 = 0,50 \text{ m, } B'_y = B_y - 2 \cdot e_y = 0,50 - 2 \cdot 0,00 = 0,50 \text{ m.}$$

Efektywne naprężenie w poz. posadowienia fund.: $q' = 10,21$ kPa.

Efektywny ciężar obj. gruntu poniżej posadowienia fund.: $\gamma' = 7,00$ kN/m³.

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{efektywny kąt tarcia wewnętrzznego: } \varphi'_d = \varphi'/\gamma_\varphi = 35,00^\circ,$$

$$\text{efektywna spójność: } c'_d = c'/\gamma_{c'} = 0,00 \text{ kPa,}$$

$$N_c = 46,11, \quad N_q = 33,28, \quad N_\gamma = 45,20,$$

$$\text{wykładnik: } m = 1,50,$$

$$i_c = 0,96, \quad i_q = 0,96, \quad i_\gamma = 0,94,$$

$$\text{współczynniki kształtu: } s_c = 1,59, \quad s_q = 1,57, \quad s_\gamma = 0,70,$$

$$b_c = 1,00, \quad b_q = 1,00, \quad b_\gamma = 1,00.$$

Odpór graniczny podłoża:

$$R_k = B_x' B_y' (c_d' \cdot b_c \cdot s_c \cdot N_c \cdot i_c + q' \cdot b_q \cdot s_q \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot \min\{B_x', B_y'\} \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma) = 140,5 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$V_d = 71,7 \text{ kN} < R_d = R_k / \gamma_{R,v} = 140,5 / 1,40 = 100,4 \text{ kN}.$$

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

Sprawdzenie warunku przesunięcia fundamentu rzeczywistego

w warunkach z odpływem wody

Całkowite obciążenie poziome fundamentu:

$$H_d = (H_x^2 + H_y^2)^{0,5} = 1,8 \text{ kN}.$$

Obliczeniowy kąt tarcia jest równy $\delta_d = \varphi'_{cv} / \gamma_{\varphi'} = 35,0^\circ$.

Opór tarcia na podstawie fundamentu: $R_k = V_k \cdot \tan \delta_d = 34,7 \text{ kN}$.

Opór powierzchni bocznej na przesunięcie: $R_{p,k} = A_b \cdot \sigma_{p0} = 9,7 \text{ kN}$.

Sprawdzenie warunku na przesuw:

$$H_d = 1,8 \text{ kN} < R_d + \kappa \cdot R_{p,d} = R_k / \gamma_{R,h} + \kappa \cdot R_{p,k} / \gamma_{R,h} = 31,5 + 8,8 = 40,4 \text{ kN}.$$

Wniosek: warunek przesunięcia jest spełniony.

6. Stan graniczny II

6.1. Osiadanie fundamentu

Osiadanie całkowite:

Osiadanie pierwotne: $s' = 0,08 \text{ cm}$.

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

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

Osiadanie: $s = s' + \lambda \cdot s'' = 0,08 + 0 \cdot 0,00 = 0,08 \text{ cm}$,

Sprawdzenie warunku osiadania:

Dopuszczalne osiadanie: $s_{dop} = 1,00 \text{ cm}$.

$$s = 0,08 \text{ cm} < s_{dop} = 1,00 \text{ cm}$$

Wniosek: Warunek osiadania jest spełniony.

7. Przebiecie fundamentu

7.1. Zestawienie wyników wymiarowania stopy na przebiecie

Nr komb.	Przekrój	Napr. styczne	Nośność betonu	Min nośność strzemion
		$V_{Ed} \text{ [kPa]}$	$V_{Rd} \text{ [kPa]}$	$V_{Rs} \text{ [kPa]}$
1	1	7	5220	-
2	1	7	5220	-
3	1	9	5220	-
4	1	9	5220	-
5	1	10	5220	-
6	1	10	5220	-
* 7	1	5	5220	-
8	1	5	5220	-

9	1	7	5220	-
10	1	7	5220	-
11	1	7	5220	-
12	1	7	5220	-
13	1	9	5220	-
14	1	9	5220	-
15	1	8	5220	-
16	1	8	5220	-
17	1	7	5220	-
18	1	7	5220	-
19	1	8	5220	-
20	1	8	5220	-
21	1	8	5220	-
22	1	8	5220	-
23	1	7	5220	-
24	1	7	5220	-
25	1	7	5220	-
26	1	7	5220	-
27	1	6	5220	-
28	1	6	5220	-
29	1	2	5220	-
30	1	2	5220	-
31	1	9	5220	-
32	1	9	5220	-
33	1	8	5220	-
34	1	8	5220	-
35	1	6	5220	-
36	1	6	5220	-
37	1	7	5220	-
38	1	7	5220	-
39	1	9	5220	-
40	1	9	5220	-
41	1	6	5220	-
42	1	6	5220	-
43	1	5	5220	-
44	1	5	5220	-
45	1	9	5220	-
46	1	9	5220	-
47	1	10	5220	-
48	1	10	5220	-
49	1	7	5220	-
50	1	7	5220	-
51	1	7	5220	-
52	1	7	5220	-
53	1	8	5220	-
54	1	8	5220	-
55	1	8	5220	-
56	1	8	5220	-
57	1	7	5220	-
58	1	7	5220	-
59	1	9	5220	-
60	1	9	5220	-

61	1	8	5220	-
62	1	8	5220	-
63	1	9	5220	-
64	1	9	5220	-
65	1	9	5220	-
66	1	9	5220	-
67	1	10	5220	-
68	1	10	5220	-
69	1	6	5220	-
70	1	6	5220	-
71	1	9	5220	-
72	1	9	5220	-

Nie jest wymagane zbrojenie fundamentu z uwagi na przebicie.

Wniosek: warunki wytrzymałości przebicia fundamentu są spełnione.

7.2. Wymiarowanie stopy na przebicie dla kombinacji obciążenia nr 7

Zestawienie obciążeń:

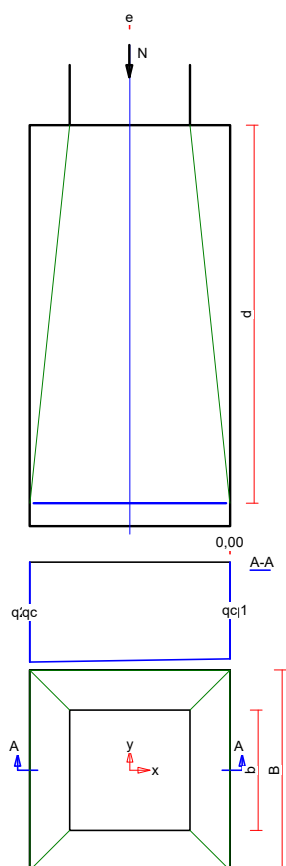
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa: $N_r = 67 \text{ kN}$,

momenty: $M_{xr} = 0,02 \text{ kNm}$, $M_{yr} = -0,09 \text{ kNm}$.

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

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



Oddziaływanie podłoża wywołana obciążeniem zewnętrznym:

Oddziaływania w narożach fundamentu:

$$q_1 = 261 \text{ kPa}, \quad q_2 = 270 \text{ kPa}, \quad q_3 = 272 \text{ kPa}, \quad q_4 = 263 \text{ kPa}.$$

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = 262 \text{ kPa}, \quad q_2 = 271 \text{ kPa}.$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $q_c = 270,96 \mid 262,42 \text{ kPa}$.

Przebiecie stopy na obwodzie kontrolnym 1:

Naprężenie styczne w przekroju ścinania: $v_{Ed} = 5 \text{ kPa}$.

Nośność betonu na ścinanie: $v_{Rd} = 5220 \text{ kPa}$.

$$v_{Ed} = 5 \text{ kN/m} < v_{Rd} = 5220 \text{ kN/m}.$$

8. Zginanie fundamentu**8.1. Zestawienie wyników wymiarowania stopy na zginanie**

Nr komb.	Kierunek	Przekrój	Moment zginający M [kNm]	Min. przekrój zbrojenia A _s [cm ²]
1	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
2	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
3	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
4	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
5	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
6	x	1	1	0,0
	y	1	0	0,0
*7	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
8	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
9	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
10	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
11	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
12	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
13	x	1	1	0,0
	y	1	0	0,0
14	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
15	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
16	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
17	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
18	x	1	1	0,0

	y	1	1	0,0
19	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
20	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
21	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
22	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
23	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
24	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
25	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
26	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
27	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
28	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
29	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
30	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
31	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
32	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
33	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
34	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
35	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
36	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
37	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
38	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
39	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
40	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
41	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
42	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
43	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
44	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0

45	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
46	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
47	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
48	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
49	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
50	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
51	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
52	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
53	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
54	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
55	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
56	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
57	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
58	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
59	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
60	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
61	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
62	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
63	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
64	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
65	x	1	1	0,0
	y	1	0	0,0
66	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
67	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
68	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
69	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
70	x	1	1	0,0
	y	1	1	0,0
71	x	1	0	0,0

	y	1	0	0,0
72	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0

Uwaga: Momenty zginające wyznaczono metodą wydzielonych wsporników trapezowych.

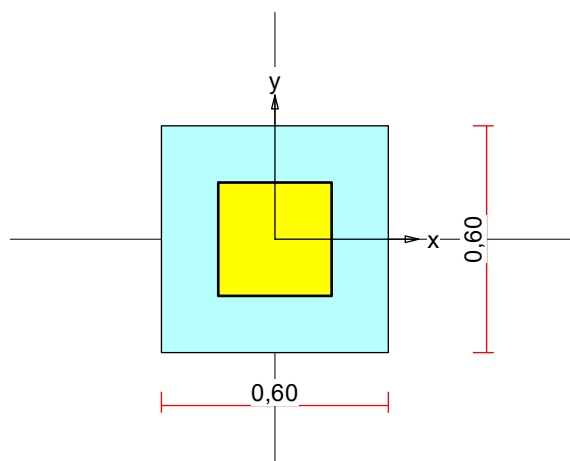
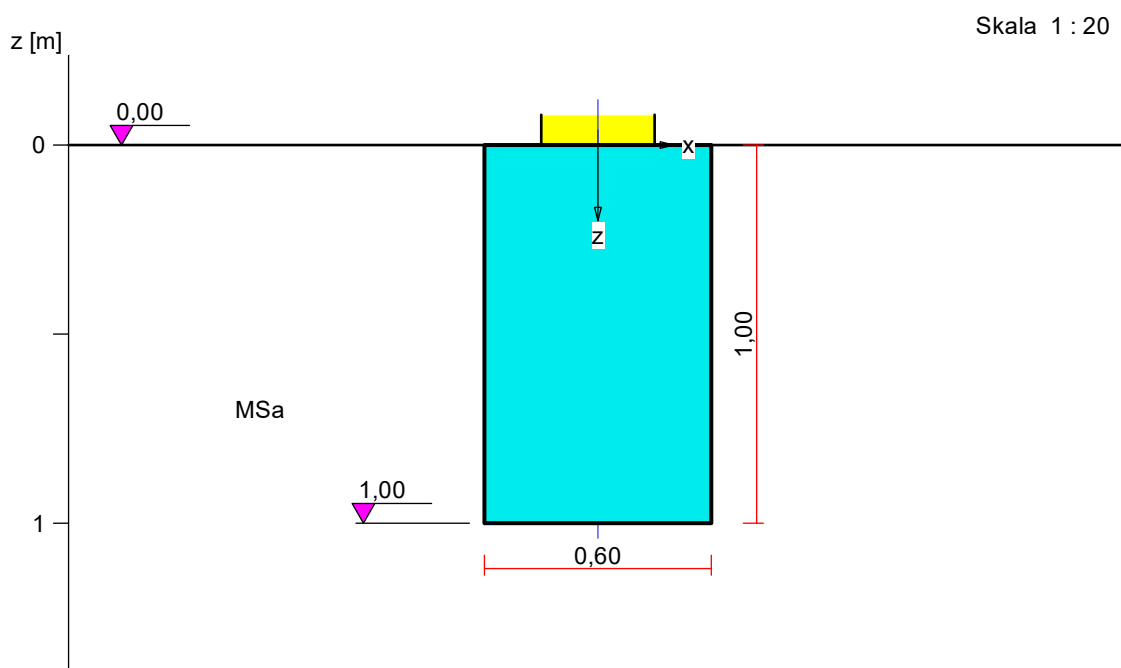
Przyjęto zbrojenie o powierzchni przekroju:

na kier. x: $A_{sx} = 0,0 \text{ cm}^2$, na kier. y: $A_{sy} = 0,0 \text{ cm}^2$.

Wniosek: warunki wytrzymałości na zginanie fundamentu są spełnione.

1.6. Stopa fundamentowa Sf2

Nazwa fundamentu: stopa prostokątna



1. Wymiary fundamentu

Względny poziom posadowienia: $z_f = 1,00$ m

Kształt fundamentu: **prosty**

Wymiary podstawy: $B_x = 0,60$ m, $B_y = 0,60$ m,

Wysokość: $H = 1,00$ m,

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

1.1. Podłoże gruntowe

1.2. Teren

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

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

1.3. Warstwy gruntu

Lp.	Poz. stropu	Grubość	Nazwa gruntu	Identyfikator	Poz. wody gr.
1	0,00	nieokreśl.	Piasek średni	MSa c:0,00 f:35,0	brak wody

2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: **słup prostokątny**

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

Współrzędne osi słupa: $x_0 = 0,00$ m, $y_0 = 0,00$ m,

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

3. Obciążenie od konstrukcji

Względny poziom przyłożenia obciążenia: $z_{obc} = 1,05$ m.

Parametry importu obciążenia:

Nazwa zadania: D:Kontur_2016-14_Teolin Świetlicakomplet.rm3.

Data utworzenia: 29.08.2024 14:55.

Oznaczenie podpory: Węzeł nr 244.

Lista kombinacji obciążeń fundamentu:

Lp.	Rodzaj	N	H_x	H_y	M_x	M_y
	obciążenia	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1	podst.- trwała	101,2	0,0	-1,1	0,00	0,00
		68,3	0,0	-0,7	0,00	0,00
2	podst.- trwała	99,5	0,0	-1,1	0,00	0,00
		68,3	0,0	-0,7	0,00	0,00
3	podst.- trwała	96,7	0,0	-1,1	0,00	0,00
		65,3	0,0	-0,7	0,00	0,00
4	podst.- trwała	95,0	0,0	-1,1	0,00	0,00
		65,3	0,0	-0,7	0,00	0,00
5	podst.- trwała	102,1	0,0	0,0	0,00	0,00
		68,9	0,0	0,0	0,00	0,00
6	podst.- trwała	100,4	0,0	0,0	0,00	0,00
		68,9	0,0	0,0	0,00	0,00
7	podst.- trwała	5,2	0,0	0,1	0,00	0,00
		4,3	0,0	0,1	0,00	0,00
8	podst.- trwała	3,6	0,0	0,1	0,00	0,00
		4,3	0,0	0,1	0,00	0,00
9	podst.- trwała	5,2	0,0	0,1	0,00	0,00
		4,3	0,0	0,1	0,00	0,00

10	podst.- trwała	3,5	0,0	0,1	0,00	0,00
		4,3	0,0	0,1	0,00	0,00
11	podst.- trwała	96,6	0,0	-1,1	0,00	0,00
		65,3	0,0	-0,7	0,00	0,00
12	podst.- trwała	95,0	0,0	-1,1	0,00	0,00
		65,3	0,0	-0,7	0,00	0,00
13	podst.- trwała	102,0	0,0	0,0	0,00	0,00
		68,8	0,0	0,0	0,00	0,00
14	podst.- trwała	100,3	0,0	0,0	0,00	0,00
		68,8	0,0	0,0	0,00	0,00
15	podst.- trwała	4,3	0,0	-0,9	0,00	0,00
		3,7	0,0	-0,6	0,00	0,00
16	podst.- trwała	2,6	0,0	-0,9	0,00	0,00
		3,7	0,0	-0,6	0,00	0,00
17	podst.- trwała	96,6	0,0	-1,1	0,00	0,00
		65,2	0,0	-0,7	0,00	0,00
18	podst.- trwała	94,9	0,0	-1,1	0,00	0,00
		65,2	0,0	-0,7	0,00	0,00
19	podst.- trwała	101,1	0,0	-1,1	0,00	0,00
		68,2	0,0	-0,7	0,00	0,00
20	podst.- trwała	99,4	0,0	-1,1	0,00	0,00
		68,2	0,0	-0,7	0,00	0,00
21	podst.- trwała	4,2	0,0	-0,9	0,00	0,00
		3,6	0,0	-0,6	0,00	0,00
22	podst.- trwała	2,5	0,0	-0,9	0,00	0,00
		3,6	0,0	-0,6	0,00	0,00
23	podst.- trwała	8,6	0,0	0,1	0,00	0,00
		6,6	0,0	0,1	0,00	0,00
24	podst.- trwała	6,9	0,0	0,1	0,00	0,00
		6,6	0,0	0,1	0,00	0,00
25	podst.- trwała	9,5	0,0	0,1	0,00	0,00
		7,2	0,0	0,1	0,00	0,00
26	podst.- trwała	7,9	0,0	0,1	0,00	0,00
		7,2	0,0	0,1	0,00	0,00
27	podst.- trwała	5,2	0,0	0,1	0,00	0,00
		4,3	0,0	0,1	0,00	0,00
28	podst.- trwała	3,5	0,0	0,1	0,00	0,00
		4,3	0,0	0,1	0,00	0,00
29	podst.- trwała	4,0	0,0	0,0	0,00	0,00
		3,5	0,0	0,0	0,00	0,00
30	podst.- trwała	2,3	0,0	0,0	0,00	0,00
		3,5	0,0	0,0	0,00	0,00
31	podst.- trwała	2,2	0,0	0,0	0,00	0,00
		3,6	0,0	0,0	0,00	0,00
32	podst.- trwała	1,6	0,0	0,0	0,00	0,00
		3,6	0,0	0,0	0,00	0,00
33	podst.- trwała	91,0	0,0	-1,0	0,00	0,00
		63,4	0,0	-0,7	0,00	0,00
34	podst.- trwała	91,0	0,0	-1,0	0,00	0,00
		63,4	0,0	-0,7	0,00	0,00
35	podst.- trwała	93,8	0,0	-1,1	0,00	0,00
		65,3	0,0	-0,7	0,00	0,00

36	podst.- trwała	93,8	0,0	-1,1	0,00	0,00
		65,3	0,0	-0,7	0,00	0,00
37	podst.- trwała	1,3	0,0	0,0	0,00	0,00
		3,6	0,0	0,0	0,00	0,00
38	podst.- trwała	1,3	0,0	0,0	0,00	0,00
		3,6	0,0	0,0	0,00	0,00
39	podst.- trwała	99,1	0,0	0,0	0,00	0,00
		68,8	0,0	0,0	0,00	0,00
40	podst.- trwała	99,1	0,0	0,0	0,00	0,00
		68,8	0,0	0,0	0,00	0,00
41	podst.- trwała	1,3	0,0	-0,9	0,00	0,00
		3,6	0,0	-0,6	0,00	0,00
42	podst.- trwała	1,3	0,0	-0,9	0,00	0,00
		3,6	0,0	-0,6	0,00	0,00
43	podst.- trwała	5,7	0,0	0,1	0,00	0,00
		6,6	0,0	0,1	0,00	0,00
44	podst.- trwała	5,7	0,0	0,1	0,00	0,00
		6,6	0,0	0,1	0,00	0,00
45	podst.- trwała	1,2	0,0	0,0	0,00	0,00
		3,6	0,0	0,0	0,00	0,00
46	podst.- trwała	1,2	0,0	0,0	0,00	0,00
		3,6	0,0	0,0	0,00	0,00
47	podst.- trwała	2,1	0,0	0,1	0,00	0,00
		4,2	0,0	0,1	0,00	0,00
48	podst.- trwała	2,1	0,0	0,1	0,00	0,00
		4,2	0,0	0,1	0,00	0,00
49	podst.- trwała	1,1	0,0	0,0	0,00	0,00
		3,5	0,0	0,0	0,00	0,00
50	podst.- trwała	1,1	0,0	0,0	0,00	0,00
		3,5	0,0	0,0	0,00	0,00
51	podst.- trwała	100,1	0,0	-1,1	0,00	0,00
		68,2	0,0	-0,7	0,00	0,00
52	podst.- trwała	99,0	0,0	-1,1	0,00	0,00
		68,2	0,0	-0,7	0,00	0,00

4. Materiał

Rodzaj materiału: **żelbet**

Klasa betonu: C20/25, Klasa stali: $f_{yk}=500$,

Zbrojenie dolne:

Średnica prętów zbrojeniowych:

na kierunku x: $d_x = 14$ mm, na kierunku y: $d_y = 14$ mm,
strzemiona $d_s = 6$ mm.

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 50 mm.

Zbrojenie górne:

Średnica prętów zbrojeniowych:

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

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 50 mm.

Zbrojenie na przebiecie strzemionami: średnica $d_{sp} = 6$ mm.

5. Stan graniczny I

5.1. Zestawienie wyników analizy nośności, przesunięcia i mimośrod

Nr komb.	Rodzaj komb.	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. przes.	Wsp. mimośr.
* 1	podstawowa	1,00	0,426	0,016	0,005
2	podstawowa	1,00	0,420	0,016	0,005
3	podstawowa	1,00	0,410	0,017	0,005
4	podstawowa	1,00	0,404	0,017	0,005
5	podstawowa	1,00	0,422	0,000	0,000
6	podstawowa	1,00	0,416	0,000	0,000
7	podstawowa	1,00	0,065	0,004	0,004
8	podstawowa	1,00	0,059	0,004	0,004
9	podstawowa	1,00	0,065	0,004	0,004
10	podstawowa	1,00	0,059	0,004	0,004
11	podstawowa	1,00	0,410	0,017	0,005
12	podstawowa	1,00	0,403	0,017	0,005
13	podstawowa	1,00	0,422	0,000	0,000
14	podstawowa	1,00	0,416	0,000	0,000
15	podstawowa	1,00	0,067	0,037	0,035
16	podstawowa	1,00	0,060	0,037	0,040
17	podstawowa	1,00	0,410	0,017	0,005
18	podstawowa	1,00	0,403	0,017	0,005
19	podstawowa	1,00	0,426	0,016	0,005
20	podstawowa	1,00	0,420	0,016	0,005
21	podstawowa	1,00	0,066	0,037	0,036
22	podstawowa	1,00	0,060	0,037	0,041
23	podstawowa	1,00	0,077	0,003	0,002
24	podstawowa	1,00	0,071	0,003	0,002
25	podstawowa	1,00	0,081	0,005	0,004
26	podstawowa	1,00	0,075	0,005	0,004
27	podstawowa	1,00	0,065	0,004	0,004
28	podstawowa	1,00	0,059	0,004	0,004
29	podstawowa	1,00	0,060	0,002	0,002
30	podstawowa	1,00	0,054	0,002	0,002
31	podstawowa	1,00	0,053	0,002	0,002
32	podstawowa	1,00	0,051	0,002	0,002
33	podstawowa	1,00	0,388	0,016	0,005
34	podstawowa	1,00	0,388	0,016	0,005
35	podstawowa	1,00	0,399	0,017	0,005
36	podstawowa	1,00	0,399	0,017	0,005
37	podstawowa	1,00	0,050	0,002	0,002
38	podstawowa	1,00	0,050	0,002	0,002
39	podstawowa	1,00	0,411	0,000	0,000
40	podstawowa	1,00	0,411	0,000	0,000
41	podstawowa	1,00	0,055	0,037	0,046
42	podstawowa	1,00	0,055	0,037	0,046
43	podstawowa	1,00	0,066	0,003	0,003
44	podstawowa	1,00	0,066	0,003	0,003
45	podstawowa	1,00	0,050	0,002	0,002
46	podstawowa	1,00	0,050	0,002	0,002
47	podstawowa	1,00	0,053	0,004	0,005

48	podstawowa	1,00	0,053	0,004	0,005
49	podstawowa	1,00	0,049	0,002	0,002
50	podstawowa	1,00	0,049	0,002	0,002
51	podstawowa	1,00	0,422	0,016	0,005
52	podstawowa	1,00	0,418	0,016	0,005

Uwaga: Nośność podłoża w warunkach bez odpływu nie była wyznaczana, ponieważ parametr c_{uk} nie jest określony.

Uwaga: Do warunku na przesuw fundamentu przyjęto $\varphi'_{cv} = \varphi'$, ponieważ parametr φ'_{cv} nie jest określony.

5.2. Analiza stanu granicznego I dla kombinacji obciążenia nr 1

Litera kombinacji obciążeń: $1.35 \cdot (CW+St) + 1.5 \cdot (S1+S4+U2+W1+W3)$ (a)

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego: $B_x = 0,60$ m, $B_y = 0,60$ m.

Względny poziom posadowienia: $H = 1,00$ m.

Rodzaj kombinacji obciążenia: podstawowa.

Sytuacja obliczeniowa: trwała.

Zestawienie obciążeń:

Pozycja	Obc. char.	E_x	E_y	γ	Obc. obl.	Mom. obl.	Mom. obl.
	[kN]	[m]	[m]	[-]	G [kN]	M_{Gx} [kNm]	M_{Gy} [kNm]
Fundament	9,00	0,00	0,00	1,35(1,0)	12,15	0,00	0,00

Wartości obliczeniowe | charakterystyczne obciążenia zewnętrznego fundamentu:

siła pionowa $N = 101,2 \mid 68,3$ kN, mimośrod względ. podst. fund. $E_x = 0,00$ m, $E_y = 0,00$ m,

siła pozioma $H_x = 0,0 \mid 0,0$ kN, mimośród względem podstawy fund. $E_z = -0,05$ m,

siła pozioma $H_y = -1,1 \mid -0,7$ kN, mimośród względem podstawy fund. $E_z = -0,05$ m,

moment $M_x = 0,0 \mid 0,0$ kNm, moment $M_y = 0,0 \mid 0,0$ kNm.

Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Wartość obliczeniowa max. | min. obciążenia pionowego:

$$V_d = N + G = 101,2 + 12,2 \mid 9,0 = 113,3 \mid 110,2 \text{ kN.}$$

Wartości obliczeniowe max. | min. momentów względem środka podstawy fundamentu:

$$M_{xd} = N \cdot E_y - H_y \cdot E_z + M_x + M_{Gx} = 101,2 \cdot 0,00 - (-1,1) \cdot (-0,05) + (0,0) + 0,0 \mid 0,0 = -0,1 \mid -0,1 \text{ kNm.}$$

$$M_{yd} = -N \cdot E_x + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy} = -101,2 \cdot 0,00 + (0,0) \cdot (-0,05) + (0,0) + 0,0 \mid 0,0 = 0,0 \mid 0,0 \text{ kNm.}$$

Mimośrod sił względem środka podstawy:

$$e_{xd} = |M_{yd}/V_d| = 0,0/110,2 = 0,00 \text{ m,}$$

$$e_{yd} = |M_{xd}/V_d| = 0,1/110,2 = 0,00 \text{ m.}$$

$$e_{xd}/B_x + e_{yd}/B_y = 0,000 + 0,001 = 0,001 \text{ m} < 0,167.$$

Wniosek: Wypadkowa obciążenia wewnątrz rdzenia podstawy fundamentu.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

w warunkach z odpływem wody

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

Obciążenia charakterystyczne: $V_k = 77,3$ kN, $M_{xk} = 0,0$ kNm, $M_{yk} = 0,0$ kNm.

$$e_x = |M_{yk}/V_k| = 0,0/77,3 = 0,00 \text{ m, } e_y = |M_{xk}/V_k| = 0,0/77,3 = 0,00 \text{ m.}$$

$$B'_x = B_x - 2 \cdot e_x = 0,60 - 2 \cdot 0,00 = 0,60 \text{ m, } B'_y = B_y - 2 \cdot e_y = 0,60 - 2 \cdot 0,00 = 0,60 \text{ m.}$$

Efektywne naprężenie w poz. posadowienia fund.: $q' = 17,00$ kPa.

Efektywny ciężar obj. gruntu poniżej posadowienia fund.: $\gamma' = 17,00 \text{ kN/m}^3$.

Współczynniki nośności podłoża:

efektywny kąt tarcia wewnętrznego: $\phi'_d = \phi'/\gamma_{\phi'} = 35,00^\circ$,

efektywna spójność: $c'_d = c'/\gamma_{c'} = 0,00 \text{ kPa}$,

$N_c = 46,11$, $N_q = 33,28$, $N_\gamma = 45,20$,

wykładnik: $m = 1,50$,

$i_c = 0,99$, $i_q = 0,99$, $i_\gamma = 0,98$,

współczynniki kształtu: $s_c = 1,59$, $s_q = 1,57$, $s_\gamma = 0,70$,

$b_c = 1,00$, $b_q = 1,00$, $b_\gamma = 1,00$.

Odpór graniczny podłoża:

$R_k = B_x' B_y' (c'_d \cdot b_c \cdot s_c \cdot N_c \cdot i_c + q' \cdot b_q \cdot s_q \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot \min\{B_x', B_y'\} \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma) = 372,1 \text{ kN}$.

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$V_d = 113,3 \text{ kN} < R_d = R_k/\gamma_{R,v} = 372,1/1,40 = 265,8 \text{ kN}$.

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

Sprawdzenie warunku przesunięcia fundamentu rzeczywistego

w warunkach z odpływem wody

Całkowite obciążenie poziome fundamentu:

$H_d = (H_x^2 + H_y^2)^{0,5} = 1,1 \text{ kN}$.

Obliczeniowy kąt tarcia jest równy $\delta_d = \phi'_{cv}/\gamma_{\phi'} = 35,0^\circ$.

Opór tarcia na podstawie fundamentu: $R_k = V_k \cdot \tan \delta_d = 54,1 \text{ kN}$.

Opór powierzchni bocznej na przesunięcie: $R_{p,k} = A_b \cdot \sigma_{p0} = 18,9 \text{ kN}$.

Sprawdzenie warunku na przesuw:

$H_d = 1,1 \text{ kN} < R_d + \kappa \cdot R_{p,d} = R_k/\gamma_{R,h} + \kappa \cdot R_{p,k}/\gamma_{R,h} = 49,2 + 17,2 = 66,4 \text{ kN}$.

Wniosek: warunek przesunięcia jest spełniony.

6. Stan graniczny II

6.1. Osiadanie fundamentu

Osiadanie całkowite:

Osiadanie pierwotne: $s' = 0,09 \text{ cm}$.

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

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

Osiadanie: $s = s' + \lambda \cdot s'' = 0,09 + 0 \cdot 0,00 = 0,09 \text{ cm}$,

Sprawdzenie warunku osiadania:

Dopuszczalne osiadanie: $s_{dop} = 1,00 \text{ cm}$.

$s = 0,09 \text{ cm} < s_{dop} = 1,00 \text{ cm}$

Wniosek: Warunek osiadania jest spełniony.

7. Przebiecie fundamentu

7.1. Zestawienie wyników wymiarowania stopy na przebiecie

Nr komb.	Przekrój	Napr. styczne	Nośność betonu	Min nośność strzemion
		V_{Ed} [kPa]	V_{Rd} [kPa]	V_{Rs} [kPa]
1	1	5	3480	-
2	1	5	3480	-
3	1	4	3480	-

4	1	4	3480	-
* 5	1	3	3480	-
6	1	3	3480	-
7	1	0	3480	-
8	1	0	3480	-
9	1	0	3480	-
10	1	0	3480	-
11	1	4	3480	-
12	1	4	3480	-
13	1	3	3480	-
14	1	3	3480	-
15	1	1	3480	-
16	1	1	3480	-
17	1	4	3480	-
18	1	4	3480	-
19	1	5	3480	-
20	1	5	3480	-
21	1	1	3480	-
22	1	1	3480	-
23	1	0	3480	-
24	1	0	3480	-
25	1	0	3480	-
26	1	0	3480	-
27	1	0	3480	-
28	1	0	3480	-
29	1	0	3480	-
30	1	0	3480	-
31	1	0	3480	-
32	1	0	3480	-
33	1	4	3480	-
34	1	4	3480	-
35	1	4	3480	-
36	1	4	3480	-
37	1	0	3480	-
38	1	0	3480	-
39	1	3	3480	-
40	1	3	3480	-
41	1	1	3480	-
42	1	1	3480	-
43	1	0	3480	-
44	1	0	3480	-
45	1	0	3480	-
46	1	0	3480	-
47	1	0	3480	-
48	1	0	3480	-
49	1	0	3480	-
50	1	0	3480	-
51	1	5	3480	-
52	1	4	3480	-

Nie jest wymagane zbrojenie fundamentu z uwagi na przebicie.

Wniosek: warunki wytrzymałości przebicia fundamentu są spełnione.

7.2. Wymiarowanie stopy na przebiecie dla kombinacji obciążenia nr 5

Zestawienie obciążeń:

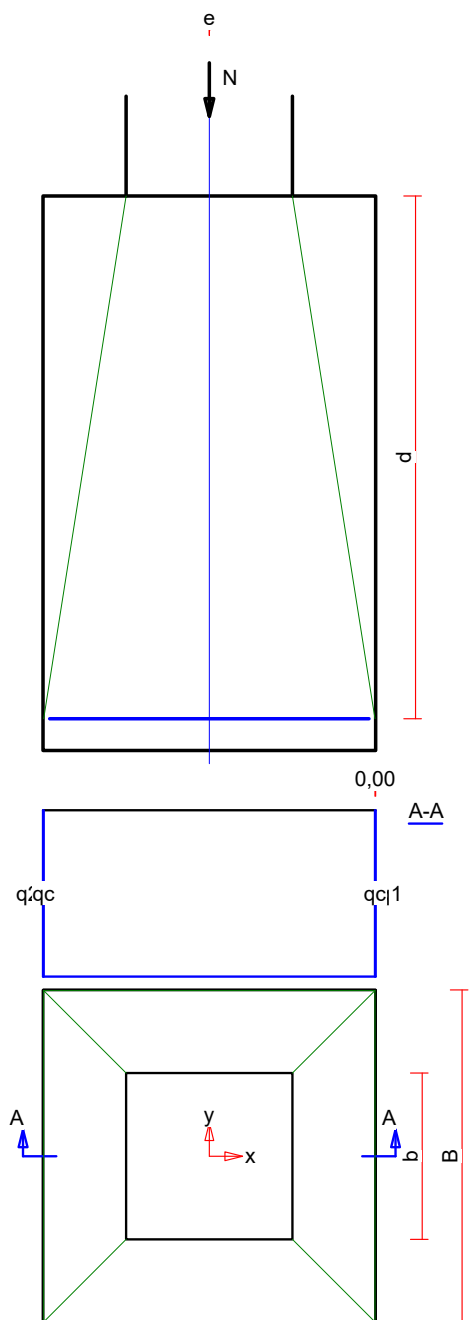
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa: $N_r = 102 \text{ kN}$,

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

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

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



Oddziaływanie podłoża wywołana obciążeniem zewnętrznym:

Oddziaływania w narożach fundamentu:

$$q_1 = 283 \text{ kPa}, \quad q_2 = 283 \text{ kPa}, \quad q_3 = 283 \text{ kPa}, \quad q_4 = 283 \text{ kPa}.$$

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = 283 \text{ kPa}, \quad q_2 = 283 \text{ kPa}.$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $q_c = 283,48 \mid 283,48 \text{ kPa}$.

Przebiecie stopy na obwodzie kontrolnym 1:

Naprężenie styczne w przekroju ścinania: $v_{Ed} = 3 \text{ kPa}$.

Nośność betonu na ścinanie: $v_{Rd} = 3480 \text{ kPa}$.

$$v_{Ed} = 3 \text{ kN/m} < v_{Rd} = 3480 \text{ kN/m}.$$

8. Zginanie fundamentu**8.1. Zestawienie wyników wymiarowania stopy na zginanie**

Nr komb.	Kierunek	Przekrój	Moment zginający M [kNm]	Min. przekrój zbrojenia A _s [cm ²]
1	x	1	3	0,1
	y	1	3	0,1
2	x	1	3	0,1
	y	1	3	0,1
3	x	1	3	0,1
	y	1	3	0,1
4	x	1	3	0,1
	y	1	3	0,1
*5	x	1	3	0,1
	y	1	3	0,1
6	x	1	3	0,1
	y	1	3	0,1
7	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
8	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
9	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
10	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
11	x	1	3	0,1
	y	1	3	0,1
12	x	1	3	0,1
	y	1	3	0,1
13	x	1	3	0,1
	y	1	3	0,1
14	x	1	3	0,1
	y	1	3	0,1
15	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
16	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
17	x	1	3	0,1
	y	1	3	0,1
18	x	1	3	0,1

	y	1	3	0, 1
19	x	1	3	0, 1
	y	1	3	0, 1
20	x	1	3	0, 1
	y	1	3	0, 1
21	x	1	0	0, 0
	y	1	0	0, 0
22	x	1	0	0, 0
	y	1	0	0, 0
23	x	1	0	0, 0
	y	1	0	0, 0
24	x	1	0	0, 0
	y	1	0	0, 0
25	x	1	0	0, 0
	y	1	0	0, 0
26	x	1	0	0, 0
	y	1	0	0, 0
27	x	1	0	0, 0
	y	1	0	0, 0
28	x	1	0	0, 0
	y	1	0	0, 0
29	x	1	0	0, 0
	y	1	0	0, 0
30	x	1	0	0, 0
	y	1	0	0, 0
31	x	1	0	0, 0
	y	1	0	0, 0
32	x	1	0	0, 0
	y	1	0	0, 0
33	x	1	3	0, 1
	y	1	3	0, 1
34	x	1	3	0, 1
	y	1	3	0, 1
35	x	1	3	0, 1
	y	1	3	0, 1
36	x	1	3	0, 1
	y	1	3	0, 1
37	x	1	0	0, 0
	y	1	0	0, 0
38	x	1	0	0, 0
	y	1	0	0, 0
39	x	1	3	0, 1
	y	1	3	0, 1
40	x	1	3	0, 1
	y	1	3	0, 1
41	x	1	0	0, 0
	y	1	0	0, 0
42	x	1	0	0, 0
	y	1	0	0, 0
43	x	1	0	0, 0
	y	1	0	0, 0
44	x	1	0	0, 0
	y	1	0	0, 0

45	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
46	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
47	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
48	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
49	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
50	x	1	0	0,0
	y	1	0	0,0
51	x	1	3	0,1
	y	1	3	0,1
52	x	1	3	0,1
	y	1	3	0,1

Uwaga: Momenty zginające wyznaczono metodą wydzielonych wsporników trapezowych.

Przyjęto zbrojenie o powierzchni przekroju:

na kier. x: $A_{sx} = 0,1 \text{ cm}^2$, na kier. y: $A_{sy} = 0,1 \text{ cm}^2$.

Wniosek: warunki wytrzymałości na zginanie fundamentu są spełnione.

Uwaga: W przypadku wystąpienia innych warunków gruntowych od założonych (w szczególności niejednorodnego uwarstwienia w poziomie posadowienia), konieczny jest odbiór wykopów przez projektanta w obecności geologa.

Zbrojenie konstrukcyjne płyty fundamentowej według części rysunkowej.