

*BIURO USŁUG INWESTYCYJNYCH
JAS-PROJEKT
ŁÓDŹ ul.MARATOŃSKA 87c/16*



Raport obliczeniowy

Projekt przebudowy, rozbudowy i adaptacji dawnych
budynków gospodarczych na centrum kulturalno-
edukacyjne św. Mikołaja wraz z infrastrukturą techniczną.

Lokalizacja:

Wolbórz,
Plac Jagiełły 5
dz. nr. ew. 518, obręb 0002

Inwestor:

Parafia Rzymskokatolicka
pw. św. Mikołaja Biskupa
Pl. Jagiełły 5, 97-320 Wolbórz

Zawartość

1. Więżba dachowa odtwarzana	4
1.1. Obciążenia	4
1.2. Obliczenia statyczne	5
1.2.1. Krokwie.....	5
1.2.2. Płatwie	10
1.3. Wymiarowanie	18
1.3.1. Krokwie BD 14x10.....	18
1.3.2. Płatwie BD 14x14.....	21
2. Więżba nad pawilonem	23
2.1. Obciążenia	23
2.2. Obliczenia statyczne	25
2.3. Wymiarowanie BD 16x8	29
3. Rama stalowa hall wejściowego.....	32
3.1. Obciążenia	32
3.2. Obliczenia statyczne	34
3.3. Wymiarowanie	40
3.3.1. Belka IPE200	40
3.3.2. Słup IPE200	43
4. Rama stalowa wiaty.....	47
4.1. Obciążenia	47
4.2. Obliczenia statyczne	48
4.3. Wymiarowanie IPE270	55
5. Belka stropu nad pawilonem.....	58
5.1. Obciążenia	58
5.2. Obliczenia statyczne	59
5.3. Wymiarowanie belka HEA120	63
6. Strop żelbetowy gr.12cm.....	66
6.1. Geometria.....	66
6.2. Obciążenia	67
6.3. Rezultaty analizy	69
6.4. Stan SGN	71

1. Wieżba dachowa odtwarzana

1.1. Obciążenia

OBCIĄŻENIE DACHU D1:

Obciążenie stałe - warstwy

Lp.	Warstwa	Grubość [m]	Ciężar [kN/m ³]	Obc.char. [kN/m ²]	Współ. obc. [-]	Obc. Obl. [kN/m ²]
1	Panele fotowoltaiczne	-	-	0,2	1,2	0,24
2	Dachówka ceramiczna marsylka	-	-	0,500	1,2	0,600
3	Łaty (5,5*0,038*0,05/0,35)	-	-	0,030	1,1	0,033
4	Kontrłaty (5,5*0,1*0,024/0,9)	-	-	0,015	1,2	0,018
5	Papa podkładowa	-	-	0,050	1,2	0,060
6	Pełne deskowanie	0,025	5,50	0,138	1,2	0,165
7	Krokwie	-	-	-	-	-
$\Sigma g_{k,d} =$				0,93	1,20	1,12

Obciążenie zmienne

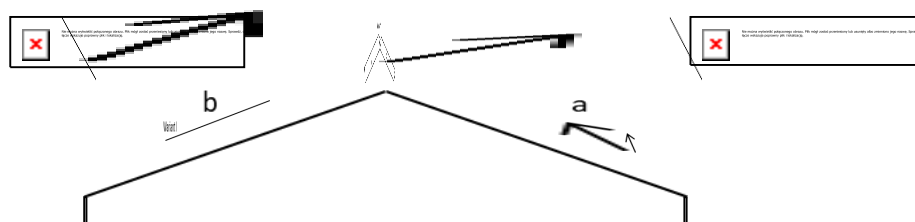
ŚNIEG

Strefa 2

 $Q_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$

Przypadek 1

Z1-1 b)



Lp.	Warstwa	Grubość [m]	Ciężar [kN/m ³]	Obc.char. [kN/m ²]	Współ. obc. [-]	Obc. Obl. [kN/m ²]
1	$S_1 = Q_k \times C_1 \quad C_1 = 0,72$	-	-	0,65	1,5	0,97
2	$S_2 = Q_k \times C_2 \quad C_2 = 1,08$	-	-	0,97	1,5	1,46

OBCIĄŻENIE DACHU D2:

Obciążenie stałe - warstwy

Lp.	Warstwa	Grubość [m]	Ciężar [kN/m ³]	Obc.char. [kN/m ²]	Współ. obc. [-]	Obc. Obl. [kN/m ²]
-----	---------	-------------	-----------------------------	--------------------------------	-----------------	--------------------------------

1	Dachówka ceramiczna marsylka	-	-	0,500	1,2	0,600
2	Łaty (5,5*0,038*0,05/0,35)	-	-	0,030	1,1	0,033
3	Kontrłaty (5,5*0,1*0,024/0,9)	-	-	0,015	1,2	0,018
4	Papa wierzchniego krycia	-	-	0,050	1,2	0,060
5	Pełne deskowanie	0,025	5,50	0,138	1,2	0,165
6	krokwie	-	-	-	-	-
7	węlna mineralna	0,300	0,40	0,120	1,2	0,144
8	paroizolacja	-	-	-	-	-
9	płyta GK z podkonstrukcją	-	-	0,150	1,2	0,180
$\Sigma g_{k,d} =$				1,00	1,20	1,20

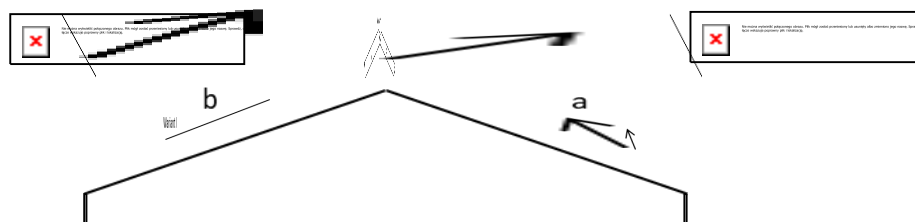
Obciążenie zmienne**ŚNIEG**

Strefa 2

 $Q_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$

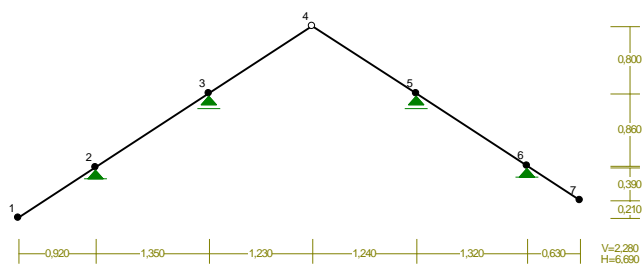
Przypadek 1

Z1-1 b)

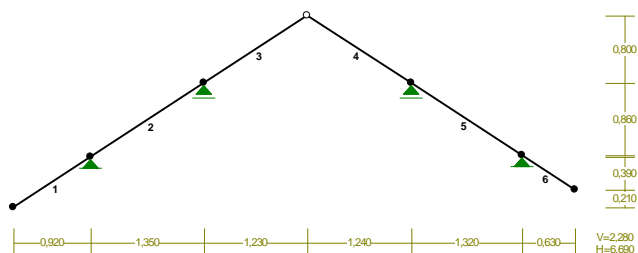
**1.2. Obliczenia statyczne****1.2.1.Krokwie**

NAZWA: DACH D1 - krokwie

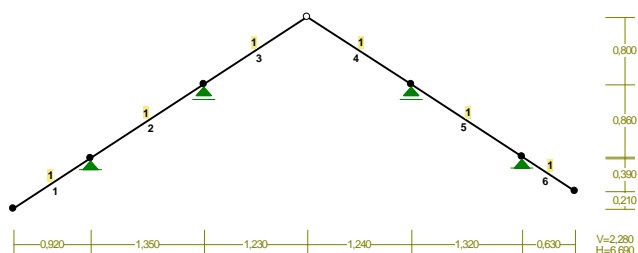
WEZŁY:



PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:



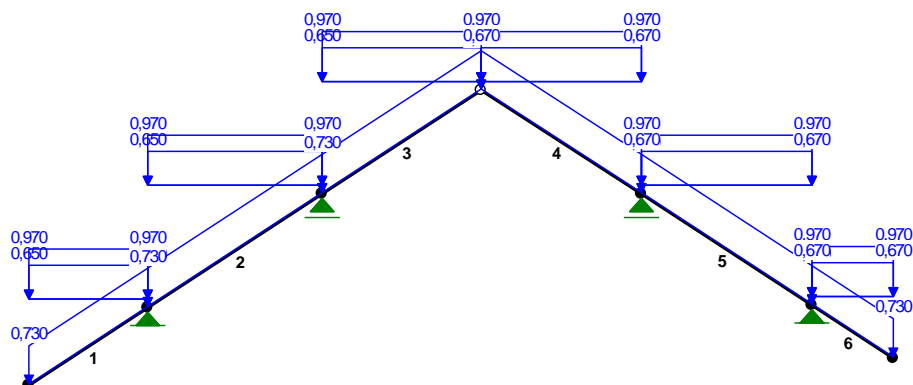
PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
 10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
 22 - ciągnio

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	0,920	0,600	1,098	1,000	1 B 14,0x7,0

2	00	2	3	1,350	0,880	1,611	1,000	1 B 14,0x7,0
3	01	3	4	1,230	0,800	1,467	1,000	1 B 14,0x7,0
4	10	4	5	1,240	-0,800	1,476	1,000	1 B 14,0x7,0
5	00	5	6	1,320	-0,860	1,575	1,000	1 B 14,0x7,0
6	00	6	7	0,630	-0,410	0,752	1,000	1 B 14,0x7,0

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:

Grupa:	A "WARSTWY"			Zmienne	$\gamma_f = 1,20$	
1	Liniowe	0,0	0,730	0,730	0,00	1,10
2	Liniowe	0,0	0,730	0,730	0,00	1,61
3	Liniowe	0,0	0,730	0,730	0,00	1,47
4	Liniowe	0,0	0,730	0,730	0,00	1,48
5	Liniowe	0,0	0,730	0,730	0,00	1,58
6	Liniowe	0,0	0,730	0,730	0,00	0,75
Grupa:	B "ŚNIEG 1"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe-Y	0,0	0,650	0,650	0,00	1,10
2	Liniowe-Y	0,0	0,650	0,650	0,00	1,61
3	Liniowe-Y	0,0	0,650	0,650	0,00	1,47
4	Liniowe-Y	0,0	0,970	0,970	0,00	1,48
5	Liniowe-Y	0,0	0,970	0,970	0,00	1,58
6	Liniowe-Y	0,0	0,970	0,970	0,00	0,75
Grupa:	C "ŚNIEG 2"			Zmienne	$\gamma_f = 1,00$	
1	Liniowe-Y	0,0	0,970	0,970	0,00	1,10
2	Liniowe-Y	0,0	0,970	0,970	0,00	1,61
3	Liniowe-Y	0,0	0,970	0,970	0,00	1,47
4	Liniowe-Y	0,0	0,670	0,670	0,00	1,48
5	Liniowe-Y	0,0	0,670	0,670	0,00	1,58
6	Liniowe-Y	0,0	0,670	0,670	0,00	0,75

=====

W Y N I K I wg PN 82/B-02000

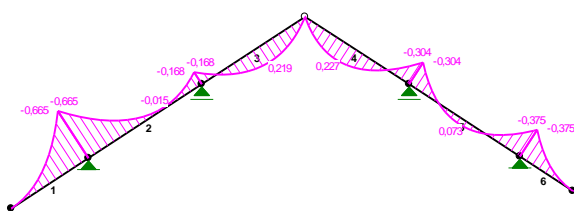
Teoria I-go rzędu

=====

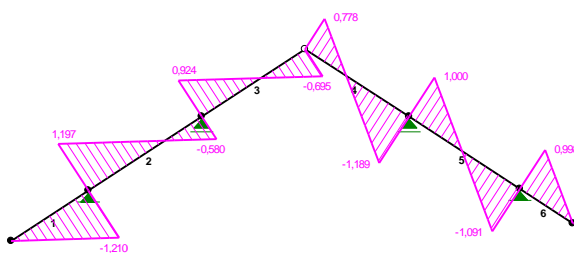
OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	ψ_d :	γ_f :
Ciężar wł.			1,10
A - "WARSTWY"	Zmienne	1	1,00
B - "ŚNIEG 1"	Zmienne	1	1,00
			1,50

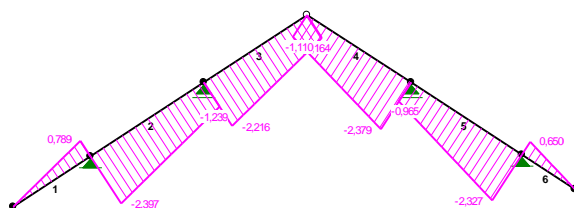
MOMENTY:



TNĄCE:



NORMALNE :

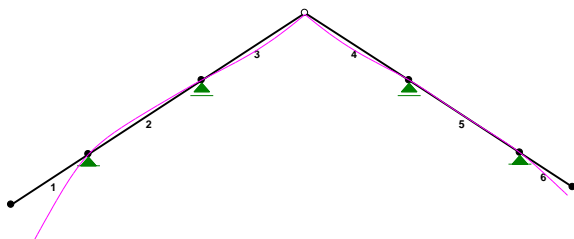
**SIŁY PRZEKROJOWE:** T.I rzędu

Obciążenia char.: Ciężar wł.+AB

Pręt:	x/L:	x [m] :	M [kNm] :	Q [kN] :	N [kN] :
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
	1,00	1,098	-0,665	-1,210	0,789
2	0,00	0,000	-0,665	1,197	-2,397
	0,68	1,089	-0,015*	-0,004	-1,614
	0,67	1,083	-0,015*	0,003	-1,619
	1,00	1,611	-0,168	-0,580	-1,239
3	0,00	0,000	-0,168	0,924	-2,216
	0,57	0,837	0,219*	0,000	-1,616
	1,00	1,467	-0,000	-0,695	-1,164
4	0,00	0,000	0,000	0,778	-1,110
	0,39	0,582	0,227*	0,002	-1,611
	1,00	1,476	-0,304	-1,189	-2,379
5	0,00	0,000	-0,304	1,000	-0,965
	0,48	0,757	0,073*	-0,004	-1,619
	0,48	0,751	0,073*	0,004	-1,614
	1,00	1,575	-0,375	-1,091	-2,327
6	0,00	0,000	-0,375	0,998	0,650
	1,00	0,749	-0,000*	0,004	0,003
	1,00	0,752	0,000	-0,000	-0,000

* = Wartości ekstremalne

PRZEMIESZCZENIA:



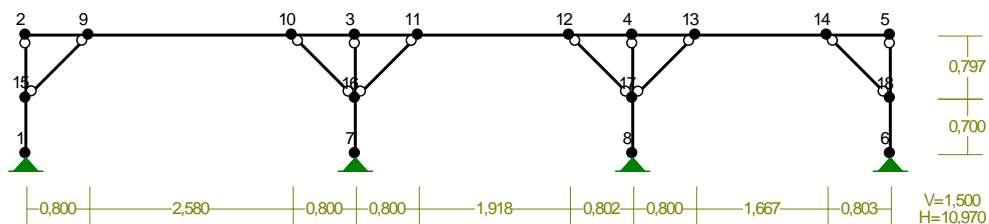
DEFORMACJE: T.I rzędu
Obciążenia char.: Ciężar wł.+AB

Pręt:	Wa[m]:	Wb[m]:	F1a[deg]:	F1b[deg]:	f[m]:	L/f:
1	-0,0025	-0,0000	0,148	0,069	0,0002	6126,0
2	-0,0000	0,0000	0,069	-0,024	0,0002	6461,0
3	0,0000	-0,0001	-0,024	0,030	0,0003	5862,3
4	-0,0001	0,0000	-0,030	0,013	0,0002	6221,8
5	0,0000	-0,0000	0,013	-0,020	0,0000	46623,3
6	-0,0000	-0,0006	-0,020	-0,051	0,0000	15863,4

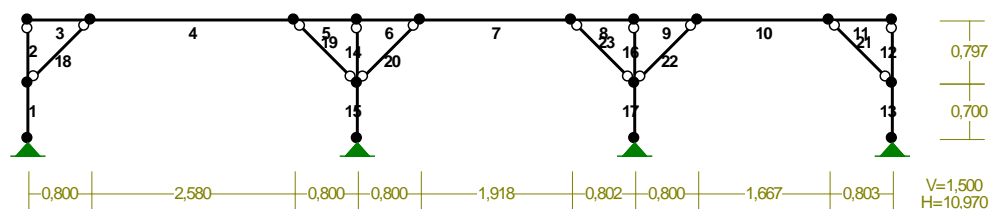
1.2.2.Płatwie

NAZWA: DACH D1 -płatw

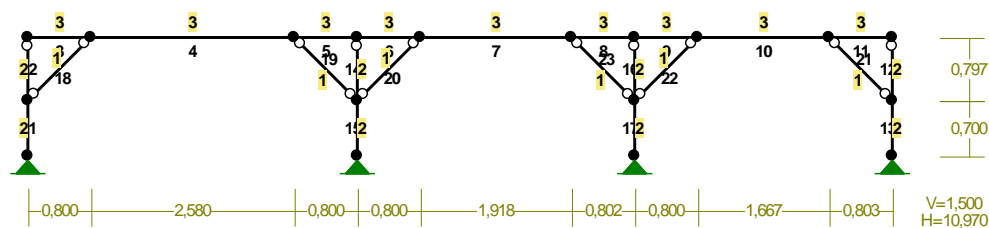
WĘZŁY:



PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:



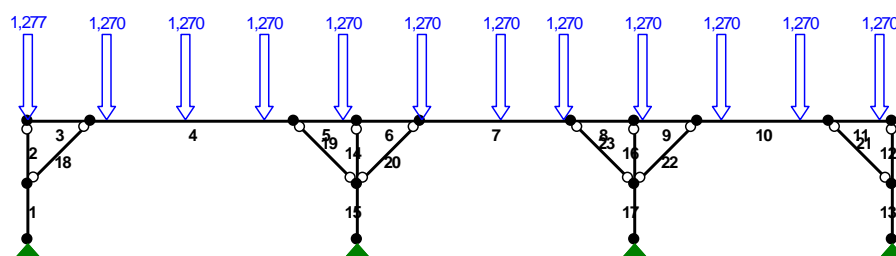
PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
 10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
 22 - ciągnio

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	15	0,000	0,703	0,703	1,000	2 B 12,0x12,0
2	01	15	2	0,000	0,797	0,797	1,000	2 B 12,0x12,0
3	00	2	9	0,800	0,000	0,800	1,000	3 B 14,0x14,0
4	00	9	10	2,580	0,000	2,580	1,000	3 B 14,0x14,0
5	00	10	3	0,800	0,000	0,800	1,000	3 B 14,0x14,0
6	00	3	11	0,800	0,000	0,800	1,000	3 B 14,0x14,0
7	00	11	12	1,918	0,000	1,918	1,000	3 B 14,0x14,0
8	00	12	4	0,802	0,000	0,802	1,000	3 B 14,0x14,0
9	00	4	13	0,800	0,000	0,800	1,000	3 B 14,0x14,0
10	00	13	14	1,667	0,000	1,667	1,000	3 B 14,0x14,0
11	00	14	5	0,803	0,000	0,803	1,000	3 B 14,0x14,0
12	10	5	18	0,000	-0,800	0,800	1,000	2 B 12,0x12,0
13	00	18	6	0,000	-0,700	0,700	1,000	2 B 12,0x12,0
14	10	3	16	0,000	-0,800	0,800	1,000	2 B 12,0x12,0
15	00	16	7	0,000	-0,700	0,700	1,000	2 B 12,0x12,0

16	10	4	17	0,000	-0,800	0,800	1,000	2	B 12,0x12,0
17	00	17	8	0,000	-0,700	0,700	1,000	2	B 12,0x12,0
18	11	15	9	0,800	0,797	1,129	1,000	1	B 14,0x10,0
19	11	16	10	-0,800	0,800	1,131	1,000	1	B 14,0x10,0
20	11	16	11	0,800	0,800	1,131	1,000	1	B 14,0x10,0
21	11	18	14	-0,803	0,800	1,133	1,000	1	B 14,0x10,0
22	11	17	13	0,800	0,800	1,131	1,000	1	B 14,0x10,0
23	11	17	12	-0,802	0,800	1,133	1,000	1	B 14,0x10,0

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN] , [kNm] , [kN/m])

Pręt: Rodzaj: Kąt: P1 (Tg): P2 (Td): a [m]: b [m]:

Grupa:	A	"REAKCJE Z KROKWI"	Zmienne	$\gamma_f = 1,19$
3	Skupione	0,0	1,277	0,00
4	Skupione	0,0	1,270	1,20
4	Skupione	0,0	1,270	2,20
4	Skupione	0,0	1,270	0,20
5	Skupione	0,0	1,270	0,62
7	Skupione	0,0	1,270	1,02
7	Skupione	0,0	1,270	0,02
7	Skupione	0,0	1,270	1,82
9	Skupione	0,0	1,270	0,10
10	Skupione	0,0	1,270	0,30
10	Skupione	0,0	1,270	1,30
11	Skupione	0,0	1,270	0,64

W Y N I K I wg PN 82/B-02000
Teoria I-go rzędu
Kombinatoryka obciążeń

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa: Znaczenie: ψ_d : γ_f :

Ciężar wł.				1,10
A -"REAKCJE Z KROKWI"	Zmienne	1	1,00	1,19

RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:	Relacje:

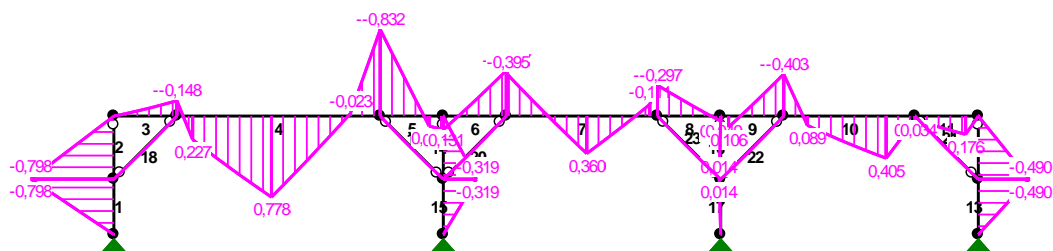
Ciężar wł.	ZAWSZE
A -"REAKCJE Z KROKWI"	ZAWSZE

KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

Nr:	Specyfikacja:
1	ZAWSZE : EWENTUALNIE: A

Współczynniki obciążeniowe nie są uwzględniane.

MOMENTY-OBWIEDNIE:



	0,000	-0,000	-0,151	1,002*	A
	0,800	-0,148	-0,217	1,002*	A
	0,000	-0,000	-0,151	1,002*	A
4	1,200	0,778*	-0,760	-1,136	A
	1,200	0,778*	0,510	-1,136	A
	2,580	-0,832*	-2,144	-1,136	A
	2,580	-0,832	-2,144*	-1,136	A
	2,580	-0,832	-2,144	-1,136*	A
	1,200	0,778	0,510	-1,136*	A
	2,580	-0,832	-2,144	-1,136*	A
	1,200	0,778	0,510	-1,136*	A
5	0,800	0,131*	0,187	2,564	A
	0,000	-0,832*	1,523	2,564	A
	0,000	-0,832	1,523*	2,564	A
	0,000	-0,832	1,523	2,564*	A
	0,800	0,131	0,187	2,564*	A
	0,000	-0,832	1,523	2,564*	A
	0,800	0,131	0,187	2,564*	A
6	0,000	0,131*	-0,677	2,165	A
	0,800	-0,437*	-0,743	2,165	A
	0,800	-0,437	-0,743*	2,165	A
	0,800	-0,437	-0,743	2,165*	A
	0,000	0,131	-0,677	2,165*	A
	0,800	-0,437	-0,743	2,165*	A
	0,000	0,131	-0,677	2,165*	A
7	1,020	0,360*	0,714	-0,679	A
	0,000	-0,437*	2,068	-0,679	A
	0,000	-0,437	2,068*	-0,679	A
	0,000	-0,437	2,068	-0,679*	A
	1,020	0,360	0,714	-0,679*	A
	0,000	-0,437	2,068	-0,679*	A
	1,020	0,360	0,714	-0,679*	A
8	0,802	0,049*	0,398	1,724	A
	0,000	-0,297*	0,464	1,724	A
	0,000	-0,297	0,464*	1,724	A
	0,000	-0,297	0,464	1,724*	A
	0,802	0,049	0,398	1,724*	A
	0,000	-0,297	0,464	1,724*	A
	0,802	0,049	0,398	1,724*	A
9	0,100	0,106*	-0,699	1,742	A
	0,100	0,106*	0,571	1,742	A
	0,800	-0,403*	-0,756	1,742	A
	0,800	-0,403	-0,756*	1,742	A
	0,800	-0,403	-0,756	1,742*	A
	0,100	0,106	0,571	1,742*	A
	0,800	-0,403	-0,756	1,742*	A
	0,100	0,106	0,571	1,742*	A
10	1,300	0,405*	-0,995	-0,700	A
	1,300	0,405*	0,275	-0,700	A
	0,000	-0,403*	1,652	-0,700	A
	0,000	-0,403	1,652*	-0,700	A
	0,000	-0,403	1,652	-0,700*	A
	1,300	0,405	0,275	-0,700*	A
	0,000	-0,403	1,652	-0,700*	A

	1,300	0,405	0,275	-0,700*	A
11	0,640	0,176*	-1,074	0,612	A
	0,640	0,176*	0,196	0,612	A
	0,803	0,000*	-1,087	0,612	A
	0,803	0,000	-1,087*	0,612	A
	0,803	0,000	-1,087	0,612*	A
	0,640	0,176	0,196	0,612*	A
	0,803	0,000	-1,087	0,612*	A
	0,640	0,176	0,196	0,612*	A
12	0,000	0,000*	-0,612	-1,087	A
	0,800	-0,490*	-0,612	-1,136	A
	0,000	0,000	-0,612*	-1,087	A
	0,800	-0,490	-0,612*	-1,136	A
	0,000	0,000	-0,612	-1,087*	A
	0,800	-0,490	-0,612	-1,136*	A
13	0,700	-0,000*	0,700	-2,519	A
	0,000	-0,490*	0,700	-2,477	A
	0,700	-0,000	0,700*	-2,519	A
	0,000	-0,490	0,700*	-2,477	A
	0,000	-0,490	0,700	-2,477*	A
	0,700	-0,000	0,700	-2,519*	A
14	0,000	0,000*	-0,399	0,864	A
	0,800	-0,319*	-0,399	0,815	A
	0,000	0,000	-0,399*	0,864	A
	0,800	-0,319	-0,399*	0,815	A
	0,000	0,000	-0,399	0,864*	A
	0,800	-0,319	-0,399	0,815*	A
15	0,700	0,000*	0,456	-5,837	A
	0,000	-0,319*	0,456	-5,795	A
	0,700	0,000	0,456*	-5,837	A
	0,000	-0,319	0,456*	-5,795	A
	0,000	-0,319	0,456	-5,795*	A
	0,700	0,000	0,456	-5,837*	A
16	0,800	0,014*	0,018	-0,230	A
	0,000	0,000*	0,018	-0,181	A
	0,800	0,014	0,018*	-0,230	A
	0,000	0,000	0,018*	-0,181	A
	0,000	0,000	0,018	-0,181*	A
	0,800	0,014	0,018	-0,230*	A
17	0,000	0,014*	-0,020	-5,135	A
	0,700	0,000*	-0,020	-5,177	A
	0,000	0,014	-0,020*	-5,135	A
	0,700	0,000	-0,020*	-5,177	A
	0,000	0,014	-0,020	-5,135*	A
	0,700	0,000	-0,020	-5,177*	A
18	0,565	0,007*	-0,000	-3,017	A
	0,000	0,000*	0,024	-3,040	A
	1,129	-0,000*	-0,024	-2,994	A
	0,000	0,000	0,024*	-3,040	A
	1,129	-0,000	-0,024*	-2,994	A
	1,129	-0,000	-0,024	-2,994*	A
	0,000	0,000	0,024	-3,040*	A

19	0,000	0,000*	-0,024	-5,255	A
	1,131	-0,000*	0,024	-5,208	A
	0,566	-0,007*	-0,000	-5,232	A
	0,000	0,000	-0,024*	-5,255	A
	1,131	-0,000	0,024*	-5,208	A
	1,131	-0,000	0,024	-5,208*	A
	0,000	0,000	-0,024	-5,255*	A
20	0,566	0,007*	-0,000	-4,022	A
	0,000	0,000*	0,024	-4,046	A
	1,131	-0,000*	-0,024	-3,999	A
	0,000	0,000	0,024*	-4,046	A
	1,131	-0,000	-0,024*	-3,999	A
	1,131	-0,000	-0,024	-3,999*	A
	0,000	0,000	0,024	-4,046*	A
21	0,000	0,000*	-0,024	-1,876	A
	1,133	0,000*	0,024	-1,829	A
	0,567	-0,007*	0,000	-1,852	A
	0,000	0,000	-0,024*	-1,876	A
	1,133	0,000	0,024*	-1,829	A
	1,133	0,000	0,024	-1,829*	A
	0,000	0,000	-0,024	-1,876*	A
22	0,566	0,007*	0,000	-3,453	A
	0,000	0,000*	0,024	-3,476	A
	1,131	0,000*	-0,024	-3,429	A
	0,000	0,000	0,024*	-3,476	A
	1,131	0,000	-0,024*	-3,429	A
	1,131	0,000	-0,024	-3,429*	A
	0,000	0,000	0,024	-3,476*	A
23	0,000	0,000*	-0,024	-3,418	A
	1,133	-0,000*	0,024	-3,371	A
	0,566	-0,007*	-0,000	-3,394	A
	0,000	0,000	-0,024*	-3,418	A
	1,133	-0,000	0,024*	-3,371	A
	1,133	-0,000	0,024	-3,371*	A
	0,000	0,000	-0,024	-3,418*	A

DEFORMACJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
 Obciążenia char.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt: L/f: Kombinacja obciążeń:

1	5284,7	A
2	4661,4	A
3	50131,1	A
4	2302,0	A
5	13167,5	A
6	21959,8	A
7	10084,2	A
8	28168,0	A
9	28043,1	A
10	6897,8	A
11	29184,1	A
12	7567,3	A
13	8648,3	A
14	11610,6	A

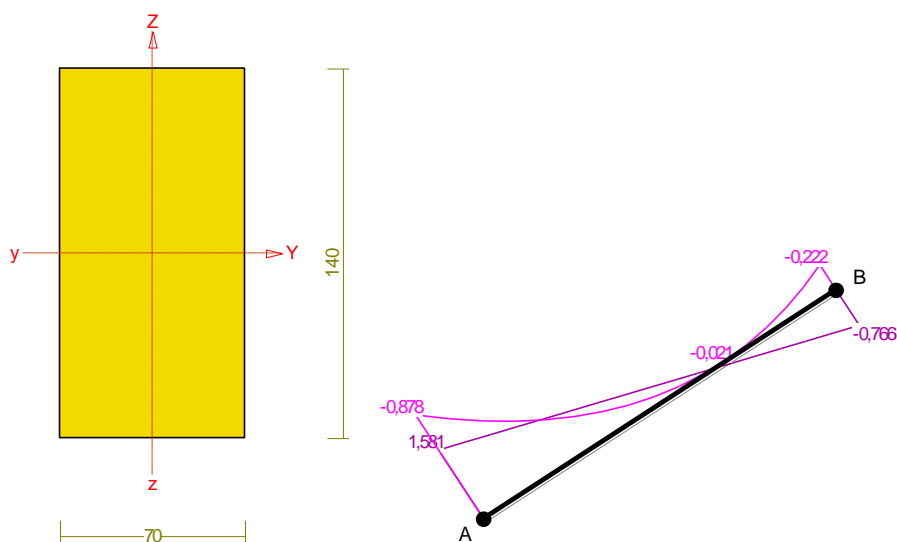
15	13269,3	A
16	259054,3	A
17	296062,1	A
18	322038,7	A
19	320833,3	A
20	320833,3	A
21	318438,3	A
22	320833,3	A
23	319234,2	A

1.3. Wymiarowanie

1.3.1. Krokwie BD 14x10

Pręt nr 2

Zadanie: DACH D1 - krokwie



Przekrój: 1 „B 14,0x7,0”

Wymiary przekroju:

$h=140,0$ mm $b=70,0$ mm.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{yg}=1600,7$; $J_{zg}=400,2$ cm⁴; $A=98,00$ cm²; $i_y=4,0$; $i_z=2,0$ cm; $W_y=228,7$; $W_z=114,3$ cm³.

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 2 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 85% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Średniotrwale** (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

$$K_{mod} = 0,80$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 14,77$$
 MPa

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 8,62$$
 MPa

$$f_{t,90,k} = 0,50$$

$$f_{t,90,d} = 0,31$$
 MPa

$$\begin{aligned}
 f_{c,0,k} &= 21,00 & f_{c,0,d} &= 12,92 \text{ MPa} \\
 f_{c,90,k} &= 2,50 & f_{c,90,d} &= 1,54 \text{ MPa} \\
 f_{v,k} &= 2,50 & f_{v,d} &= 1,54 \text{ MPa} \\
 E_{0,\text{mean}} &= 11000 \text{ MPa} \\
 E_{90,\text{mean}} &= 370 \text{ MPa} \\
 E_{0,05} &= 7400 \text{ MPa} \\
 G_{\text{mean}} &= 690 \text{ MPa} \\
 \rho_k &= 350 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 2

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych przy uwzględnieniu niekorzystnych kombinacji obciążeń.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=1,61 \text{ m}$, przy obciążeniach „AB”.

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,835 \times 1,611 = 1,346 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,611 = 1,611 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 1,346 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 1,611 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,346 / 0,0404 = 33,29$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 1,611 / 0,0202 = 79,75$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (33,29)^2 = 65,88 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (79,75)^2 = 11,48 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 65,88} = 0,565$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 11,48} = 1,352$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,565 - 0,5) + (0,565)^2] = 0,666$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,352 - 0,5) + (1,352)^2] = 1,500$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,666 + \sqrt{0,666^2 - 0,565^2}) = 0,98$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (1,500 + \sqrt{1,500^2 - 1,352^2}) = 0,466$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 98,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 3,192 / 98,00 \times 10 = \mathbf{0,33} < \mathbf{6,02} = 0,466 \times 12,92 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=1,61 \text{ m}$, przy obciążeniach „AB”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,33}{0,982 \times 12,92} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,77} + \frac{3,84}{14,77} = \mathbf{0,286} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,33}{0,466 \times 12,92} + \frac{0,00}{14,77} + 0,7 \times \frac{3,84}{14,77} = \mathbf{0,236} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=1,61 \text{ m}$, przy obciążeniach „AB”.

Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni **górnej**, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 1611 + 140 + 140 = 1891 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1891 \times 140 \times 14,77}{3,142 \times 70^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,370$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,878 / 228,67 \times 10^3 = \mathbf{3,84} < \mathbf{14,77} = 1,000 \times 14,77 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,00$ m; $x_b=1,61$ m, przy obciążeniach „AB”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{3,84}{14,77} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,260} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{3,84}{14,77} + \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,182} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,00$ m; $x_b=1,61$ m, przy obciążeniach „AB”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,33^2}{12,92^2} + \frac{3,84}{14,77} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,261} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,33^2}{12,92^2} + 0,7 \times \frac{3,84}{14,77} + \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,183} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=1,61$ m, przy obciążeniach „AB”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 1,581 / 98,00 \times 10 = 0,24 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 98,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,24^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,24} < \mathbf{1,54} = 1,000 \times 1,54 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=0,50$ m; $x_b=1,11$ m, przy obciążeniach „AC”.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 6,4 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + „”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/1611)^2] (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („AC”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Średniotrwale** (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,3 \times [1 + 19,2 \times (140,0/1611)^2] (1 + 0,25) = 0,4 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,25) = 0,0 \text{ mm}$$

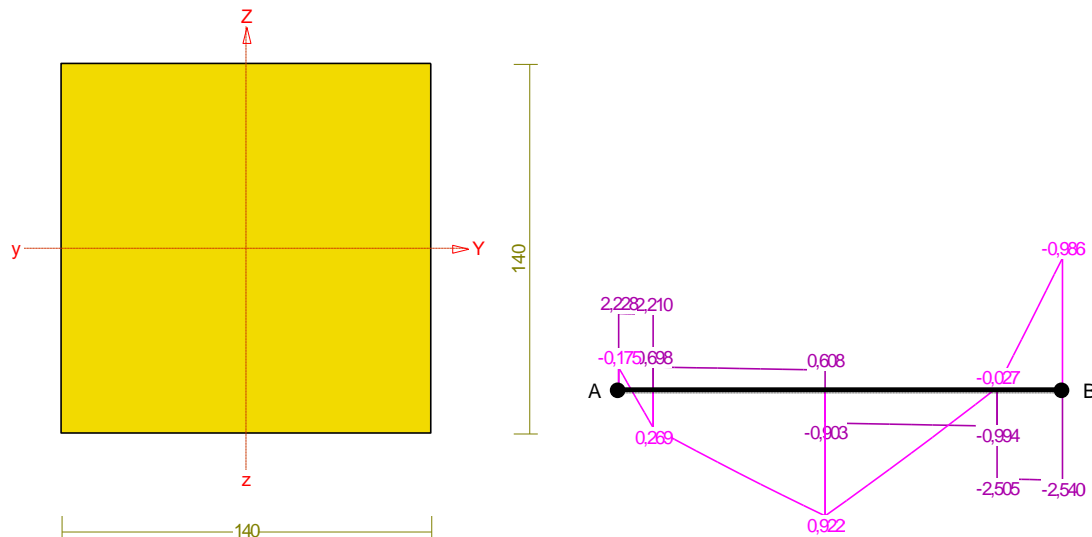
Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 0,0 + 0,4 = \mathbf{0,4} < \mathbf{6,4} = u_{\text{net,fin}}$$

1.3.2. Płatwie BD 14x14

Pręt nr 4

Zadanie: DACH D1 -płatew



Przekrój: 3 „B 14,0x14,0”

Wymiary przekroju:

$$h=140,0 \text{ mm } b=140,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=3201,3; J_z=3201,3 \text{ cm}^4; A=196,00 \text{ cm}^2; i_y=4,0; i_z=4,0 \text{ cm; } W_y=457,3; W_z=457,3 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 2 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 85% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Średniotrwale** (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

$$K_{mod} = 0,80$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 14,77 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 8,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,50$$

$$f_{t,90,d} = 0,31 \text{ MPa}$$

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

$$f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

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

$$f_{c,90,d} = 1,54 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,54 \text{ MPa}$$

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

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

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

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

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 4

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych przy uwzględnieniu niekorzystnych kombinacji obciążeń.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,58$ m, przy obciążeniach „A”.

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,586 \times 2,580 = 1,512 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,580 = 2,580 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 1,512 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,580 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,512 / 0,0404 = 37,41$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,580 / 0,0404 = 63,84$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (37,41)^2 = 52,19 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (63,84)^2 = 17,92 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 52,19} = 0,634$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 17,92} = 1,082$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,634 - 0,5) + (0,634)^2] = 0,715$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,082 - 0,5) + (1,082)^2] = 1,144$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,715 + \sqrt{0,715^2 - 0,634^2}) = 0,951$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (1,144 + \sqrt{1,144^2 - 1,082^2}) = 0,660$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 196,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 1,344 / 196,00 \times 10 = \mathbf{0,07} < \mathbf{8,53} = 0,660 \times 12,92 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=2,58$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach „A”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,07}{0,958 \times 12,92} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,77} + \frac{2,16}{14,77} = \mathbf{0,151} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,07}{0,660 \times 12,92} + \frac{0,00}{14,77} + 0,7 \times \frac{2,16}{14,77} = \mathbf{0,110} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=2,58$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach „A”.

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 2580 + 140 + 140 = 2860 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2860 \times 140 \times 14,77}{3,142 \times 140^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,228$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,986 / 457,33 \times 10^3 = \mathbf{2,16} < \mathbf{14,77} = 1,000 \times 14,77 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=2,58$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach „A”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,16}{14,77} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,146 < 1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{2,16}{14,77} + \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,102 < 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=2,58$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach „A”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,07^2}{12,92^2} + \frac{2,16}{14,77} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,146 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,07^2}{12,92^2} + 0,7 \times \frac{2,16}{14,77} + \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,102 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=2,58$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach „A”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 2,540 / 196,00 \times 10 = 0,19 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 196,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,19^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,19 < 1,54} = 1,000 \times 1,54 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,07$ m; $x_b=1,51$ m, przy obciążeniach „A”.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 10,3 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + „”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,1 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2580)^2] (1 + 0,80) = -0,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2580)^2] (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („A”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: *Średniotrwale* (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -1,7 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2580)^2] (1 + 0,25) = -2,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2580)^2] (1 + 0,25) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,2 + -2,2 = \mathbf{2,4 < 10,3} = u_{\text{net,fin}}$$

2. Wieżba nad pawilonem

2.1. Obciążenia

OBCIĄŻENIE DACHU D3:

Obciążenie stałe - warstwy

Lp.	Warstwa	Grubość [m]	Ciężar [kN/m ³]	Obc.char. [kN/m ²]	Współ. obc. [-]	Obc. Obl. [kN/m ²]
1	Blacha na rąbek stojący	-	-	0,060	1,2	0,072
2	membrana wysokoparoprzepuszczalna	-	-	-	-	-
3	plyta OSB 25mm	0,025	0,63	0,016	1,2	0,019
4	krokwie	-	-	-	-	-
5	wełna mineralna	0,180	0,40	0,072	1,2	0,086
6	paroizolacja	-	-	-	-	-
7	plyta gk z podkonstrukcją 2x12,5mm	0,300	0,40	0,120	1,2	0,144
8	Panele fotowoltaiczne	-	-	0,200	1,2	0,240
$\Sigma g_{k,d} =$				0,47	1,20	0,56

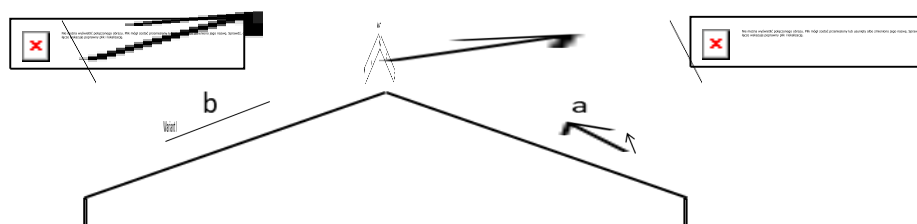
Obciążenie zmienne**ŚNIEG**

Strefa 2

 $Q_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$

Przypadek 1

Z1-1 b)

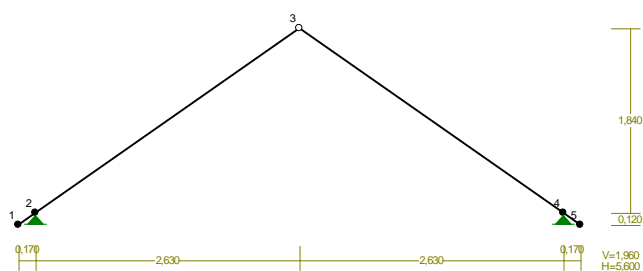


Lp.	Warstwa	Grubość [m]	Ciężar [kN/m ³]	Obc.char. [kN/m ²]	Współ. obc. [-]	Obc. Obl. [kN/m ²]
1	$S_1 = Q_k \times C_1 \quad C_1 = 0,67$	-	-	0,60	1,5	0,90
2	$S_2 = Q_k \times C_2 \quad C_2 = 1,00$	-	-	0,90	1,5	1,35

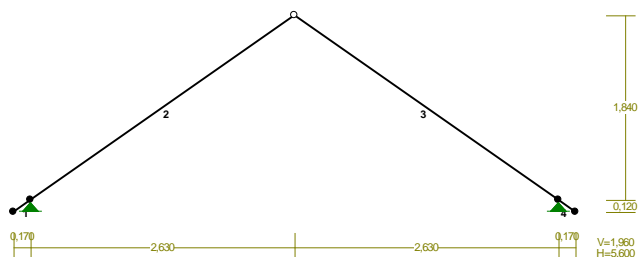
2.2. Obliczenia statyczne

NAZWA: DACH D3 - krokwie

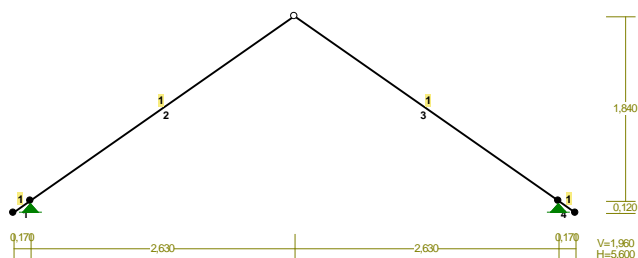
WĘZŁY:



PRĘTY:



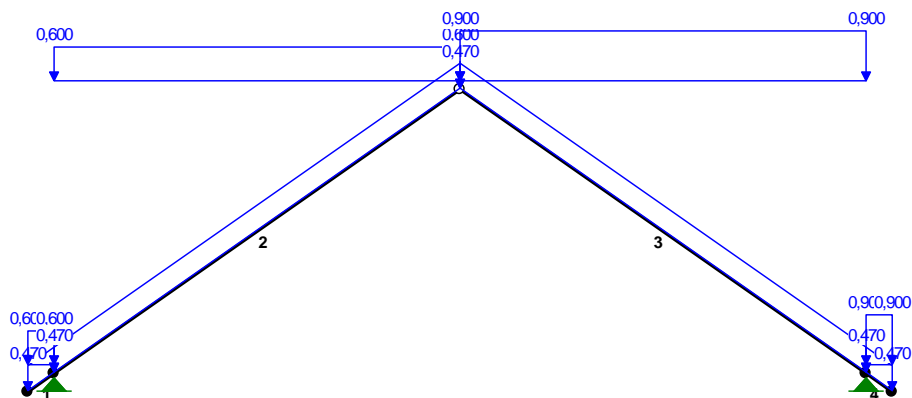
PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
 10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
 22 - ciągnio

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	0,170	0,120	0,208	1,000	1 B 16,0x8,0
2	01	2	3	2,630	1,840	3,210	1,000	1 B 16,0x8,0
3	10	3	4	2,630	-1,840	3,210	1,000	1 B 16,0x8,0
4	00	4	5	0,170	-0,120	0,208	1,000	1 B 16,0x8,0

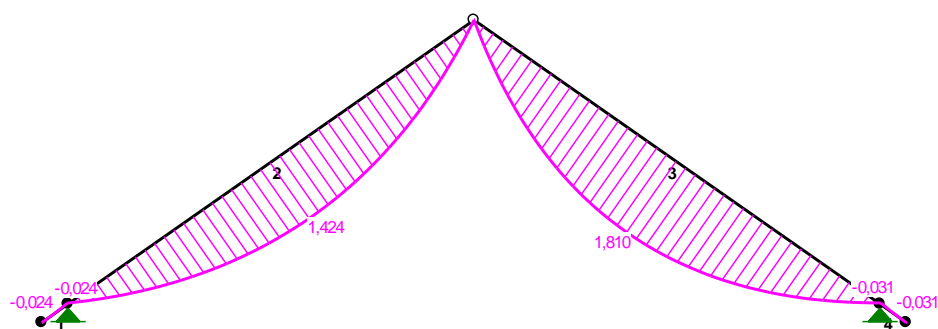
OBCIĄŻENIA:**OBCIĄŻENIA:** ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: A ""						
1	Liniowe	0,0	0,470	0,470	0,00	0,21
2	Liniowe	0,0	0,470	0,470	0,00	3,21
3	Liniowe	0,0	0,470	0,470	0,00	3,21
4	Liniowe	0,0	0,470	0,470	0,00	0,21
Grupa: B ""						
1	Liniowe-Y	0,0	0,600	0,600	0,00	0,21
2	Liniowe-Y	0,0	0,600	0,600	0,00	3,21
3	Liniowe-Y	0,0	0,900	0,900	0,00	3,21
4	Liniowe-Y	0,0	0,900	0,900	0,00	0,21

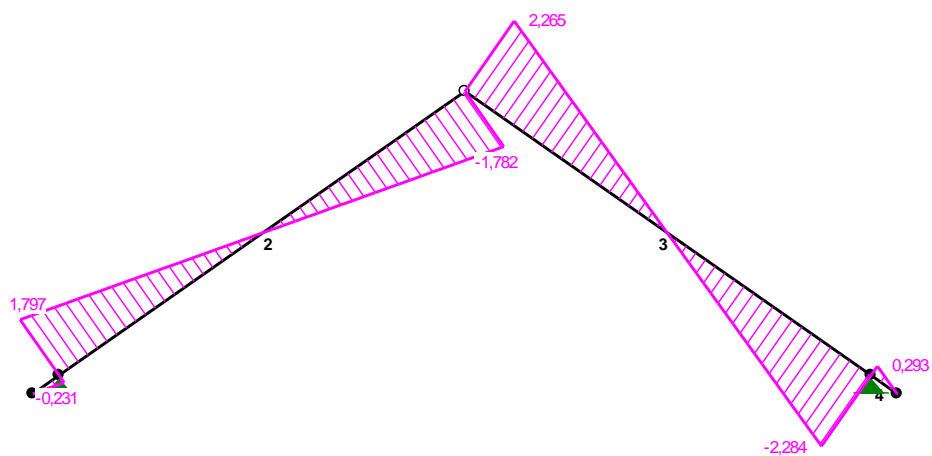
W Y N I K I wg PN 82/B-02000

Teoria I-go rzędu**OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:**

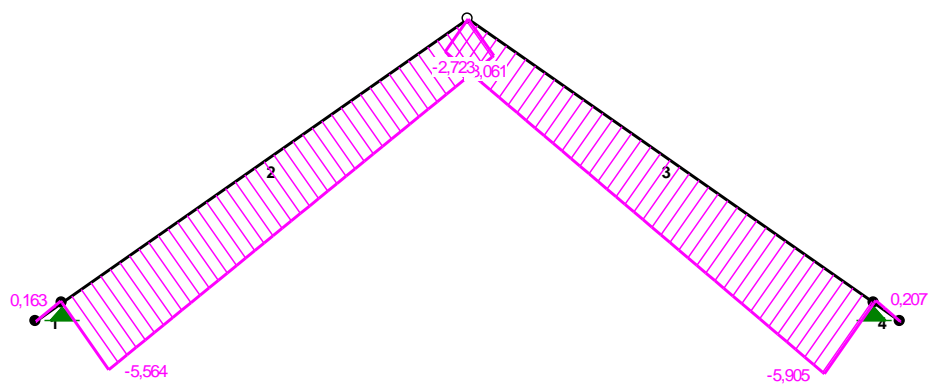
Grupa:	Znaczenie:		ψ_d :	γ_f :
Ciężar wł.				1,10
A - ""	Zmienne	1	1,00	1,20
B - ""	Zmienne	1	1,00	1,50

MOMENTY:

TNĄCE :



NORMALNE :



SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu

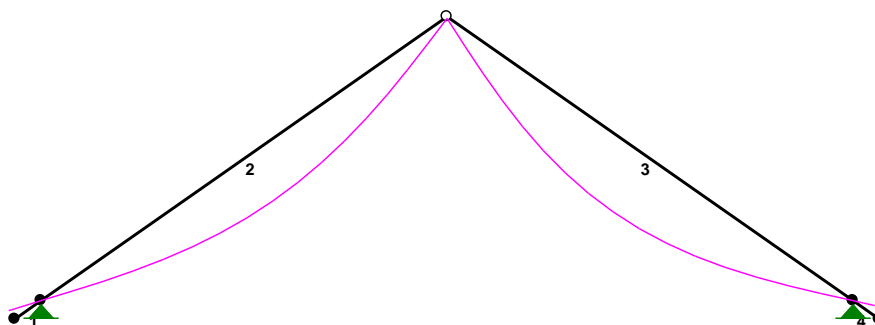
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+AB

Pręt:	x/L:	x [m] :	M [kNm] :	Q [kN] :	N [kN] :
1	0,00	0,000	0,000	0,000	-0,000
	0,02	0,004	-0,000*	-0,005	0,003
	1,00	0,208	-0,024	-0,231	0,163
2	0,00	0,000	-0,024	1,797	-5,564
	0,50	1,605	1,424*	0,007	-4,312

	0,50	1,617	1,424*	-0,006	-4,303
	1,00	3,210	-0,000	-1,782	-3,061
3	0,00	0,000	0,000	2,265	-2,723
	0,50	1,605	1,809*	-0,010	-4,314
	0,50	1,592	1,810*	0,008	-4,301
	1,00	3,210	-0,031	-2,284	-5,905
4	0,00	0,000	-0,031	0,293	0,207
	1,00	0,207	-0,000*	0,001	0,001
	1,00	0,208	-0,000	-0,000	0,000

* = Wartości ekstremalne

PRZEMIESZCZENIA:



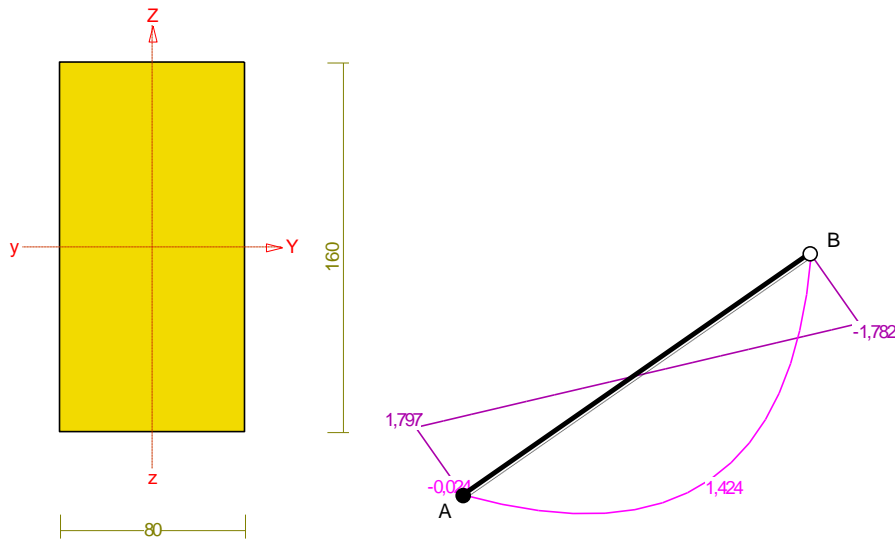
DEFORMACJE: T.I rzędu
 Obciążenia obl.: Ciężar wł.+AB

Pręt:	Wa[m]:	Wb[m]:	F1a[deg]:	F1b[deg]:	f[m]:	L/f:
1	0,0011	0,0000	-0,290	-0,291	0,0000	1,53E+06
2	-0,0000	-0,0001	-0,291	0,288	0,0051	632,1
3	-0,0001	-0,0000	-0,367	0,369	0,0065	497,3
4	-0,0000	0,0013	0,369	0,368	0,0000	1,20E+06

2.3. Wymiarowanie BD 16x8

Pręt nr 2

Zadanie: DACH D3 - krokwie

**Przekrój: 1 „B 16,0x8,0”**

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm } b=80,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=2730,7; J_z=682,7 \text{ cm}^4; A=128,00 \text{ cm}^2; i_y=4,6; i_z=2,3 \text{ cm; } W_y=341,3; W_z=170,7 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 2 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 85% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Średniotrwale** (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

$$K_{mod} = 0,80$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 14,77 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 8,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,50$$

$$f_{t,90,d} = 0,31 \text{ MPa}$$

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

$$f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

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

$$f_{c,90,d} = 1,54 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,54 \text{ MPa}$$

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

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

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

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

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 2

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych przy uwzględnieniu niekorzystnych kombinacji obciążeń.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,21 \text{ m}$, przy obciążeniach „AB”.

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,210 = 3,210 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,210 = 3,210 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 3,210 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 3,210 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 3,210 / 0,0462 = 69,49$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 3,210 / 0,0231 = 138,99$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (69,49)^2 = 15,12 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (138,99)^2 = 3,78 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 15,12} = 1,178$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 3,78} = 2,357$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,178 - 0,5) + (1,178)^2] = 1,262$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (2,357 - 0,5) + (2,357)^2] = 3,463$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (1,262 + \sqrt{1,262^2 - 1,178^2}) = 0,58$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (3,463 + \sqrt{3,463^2 - 2,357^2}) = 0,16$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 128,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 5,564 / 128,00 \times 10 = \mathbf{0,43} < \mathbf{2,15} = 0,167 \times 12,92 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a = 1,40 \text{ m}$; $x_b = 1,81 \text{ m}$, przy obciążeniach „AB”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,35}{0,583 \times 12,92} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,77} + \frac{4,10}{14,77} = \mathbf{0,324} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,35}{0,167 \times 12,92} + \frac{0,00}{14,77} + 0,7 \times \frac{4,10}{14,77} = \mathbf{0,356} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a = 1,60 \text{ m}$; $x_b = 1,60 \text{ m}$, przy obciążeniach „AB”.

Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 3210 + 160 + 160 = 3530 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3530 \times 160 \times 14,77}{3,142 \times 80^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,473$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 1,424 / 341,33 \times 10^3 = \mathbf{4,17} < \mathbf{14,77} = 1,000 \times 14,77 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a = 1,60 \text{ m}$; $x_b = 1,60 \text{ m}$, przy obciążeniach „AB”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{4,17}{14,77} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,282} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{4,17}{14,77} + \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,198} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a = 1,60 \text{ m}$; $x_b = 1,60 \text{ m}$, przy obciążeniach „AB”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,34^2}{12,92^2} + \frac{4,17}{14,77} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,283 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,34^2}{12,92^2} + 0,7 \times \frac{4,17}{14,77} + \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,198 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=3,21$ m, przy obciążeniach „AB”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 1,797 / 128,00 \times 10 = 0,21 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 128,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,21^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,21 < 1,54} = 1,000 \times 1,54 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,60$ m; $x_b=1,60$ m, przy obciążeniach „AB”.

Ugięcia graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 12,8 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + „”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -0,2 \times (1 + 0,80) = -0,4 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („AB”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Średniotrwale** (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -3,6 \times (1 + 0,25) = -4,5 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,25) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,4 + -4,5 = \mathbf{4,9 < 12,8} = u_{\text{net,fin}}$$

3. Rama stalowa hall wejściowego**3.1. Obciążenia****OBCIĄŻENIE DACHU D5:****Obciążenie stałe - warstwy**

Lp.	Warstwa	Grubość [m]	Ciężar [kN/m³]	Obc.char. [kN/m²]	Współ. obc. [-]	Obc. Obl. [kN/m²]
1	membrana pcv	-	-	-	-	-
2	pianka PIR gr. Śr. 12cm	0,120	0,60	0,072	1,2	0,086
3	paroizolacja	-	-	-	-	-
4	plyta OSB gr. 25mm	0,025	0,63	0,016	1,2	0,019
5	IPE200	-	-	-	-	-

6	instalacje	-	-	0,100	1,2	0,120
7	zabudowa G-K z podkonstrukcją	-	-	0,150	1,2	0,180
$\Sigma g_{k,d} =$				0,34	1,20	0,41

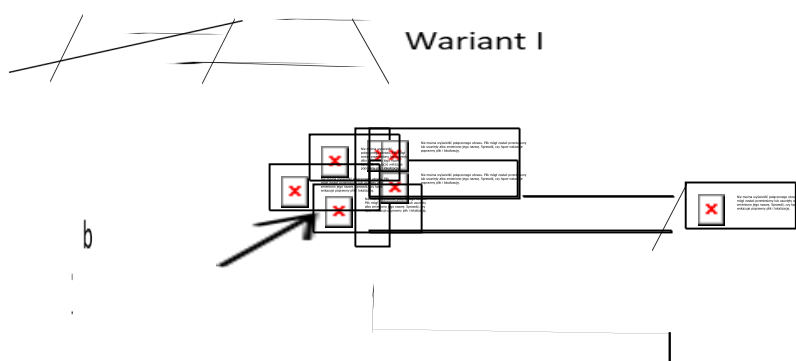
Obciążenie zmienne**ŚNIEG**

Strefa 2

 $Q_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$ $C_1 = 0,8 \text{ [-]}$ $C_2 = 1,0 \text{ [-]}$

Przypadek 6 (tarasy)

Z1-4



Lp.	Warstwa	Grubość [m]	Ciężar [kN/m³]	Obc.char. [kN/m²]	Współ. obc. [-]	Obc. Obl. [kN/m²]
Tras pomiędzy osiami A-B						
1	$S_1 = Q_k \times C_1 \times C_3 = 0,8$	-	-	0,72	1,5	1,08
Tras pomiędzy osiami C-D						
2	$S_1 = Q_k \times C_1 \times C_4 = 3,07$	-	-	2,76	1,5	4,14

WIATR

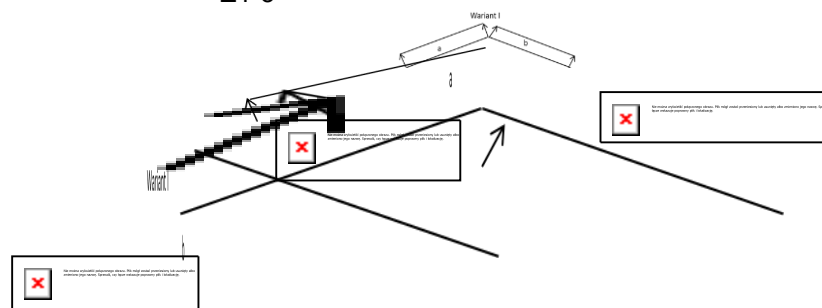
Teren A

Strefa I

 $q_k = 0,3 \text{ kN/m}^2$ $C_e = 0,65 \text{ [-]}$ $\beta = 2,2 \text{ [-]}$

Przypadek 1

Z1-3

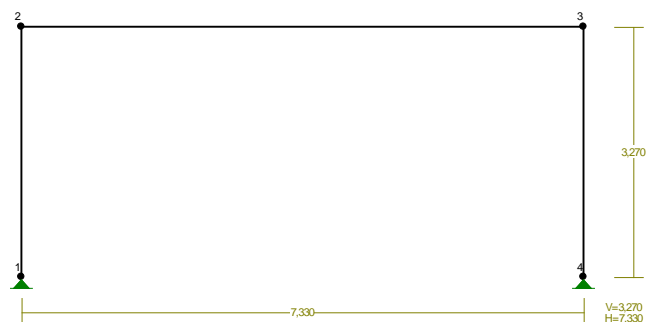


Warstwa	Grubość [m]	Ciężar [kN/m³]	Obc.char. [kN/m²]	Współ. obc. [-]	Obc. Obl. [kN/m²]
$p_{k1} = q_k \times C_e \times C_1 \times \beta$	-	-	0,30	1,5	0,45
$p_{k2} = q_k \times C_e \times C_2 \times \beta$	-	-	-0,13	1,5	-0,19

3.2. Obliczenia statyczne

NAZWA: DACH D5 - RS-1 rama stalowa

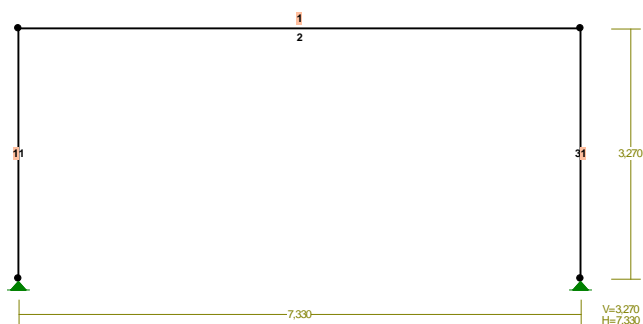
WĘZŁY:



PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:

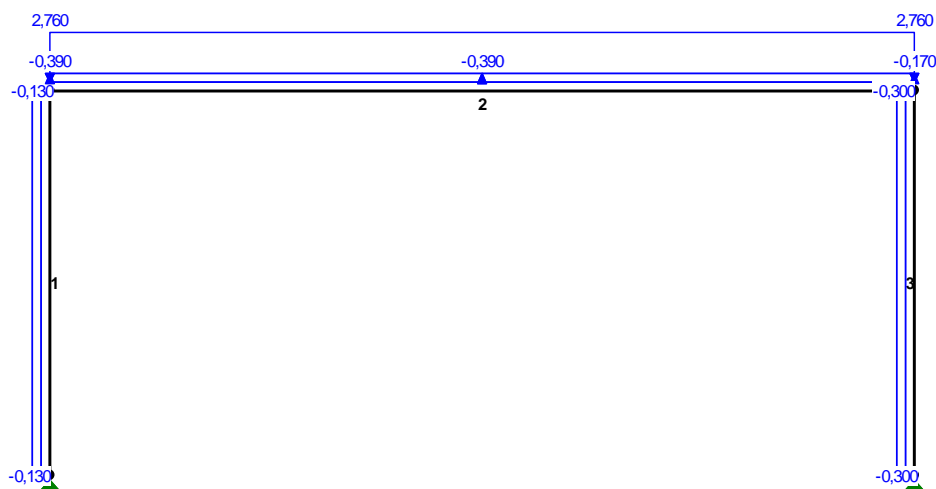


PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
 10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
 22 - ciągnio

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	0,000	3,270	3,270	1,000	1 I 200 PE
2	00	2	3	7,330	0,000	7,330	1,000	1 I 200 PE
3	00	3	4	0,000	-3,270	3,270	1,000	1 I 200 PE

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:

Grupa: A	"WARSTWY"			Stale	$\gamma_f = 1,20$	
2	Liniowe-Y	0,0	0,340	0,340	0,00	7,33
Grupa: B	"ŚNIEG"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
2	Liniowe-Y	0,0	2,760	2,760	0,00	7,33
Grupa: C	"WIATR I"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
2	Liniowe-Y	0,0	-0,170	-0,170	3,67	7,33
2	Liniowe-Y	0,0	-0,390	-0,390	0,00	3,67
Grupa: D	"WIATR poz. 1"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe-X	90,0	0,300	0,300	0,00	3,27
3	Liniowe-X	90,0	0,130	0,130	0,00	3,27
Grupa: E	"WIATR poz. 2"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe-X	90,0	-0,130	-0,130	0,00	3,27
3	Liniowe-X	90,0	-0,300	-0,300	0,00	3,27

=====

W Y N I K I wg PN 82/B-02000
Teoria I-go rzędu
Kombinatoryka obciążeń

=====

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	ψ_d :	γ_f :
Ciężar wł.			1,10
A -"WARSTWY"	Stałe		1,20
B -"ŚNIEG"	Zmienne	1 1,00	1,50
C -"WIATR I"	Zmienne	1 0,90	1,50
D -"WIATR poz. 1"	Zmienne	1 0,90	1,50
E -"WIATR poz. 2"	Zmienne	1 0,90	1,50

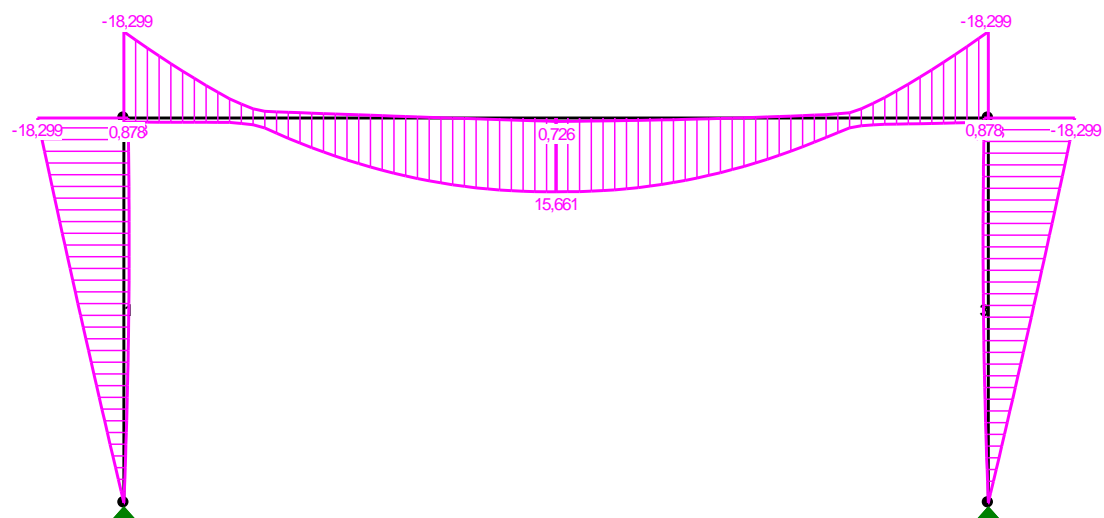
RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	ZAWSZE
A -"WARSTWY"	ZAWSZE
B -"ŚNIEG"	EWENTUALNIE
C -"WIATR I"	EWENTUALNIE
D -"WIATR poz. 1"	EWENTUALNIE
	Nie występuje z: E
E -"WIATR poz. 2"	EWENTUALNIE
	Nie występuje z: D

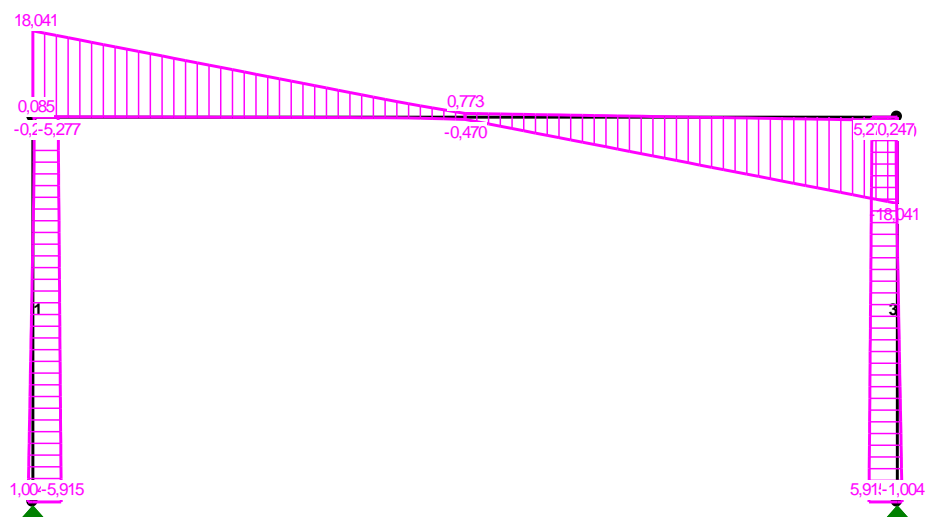
KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

Nr:	Specyfikacja:
1	ZAWSZE :
	EWENTUALNIE: A+B+C+D+E

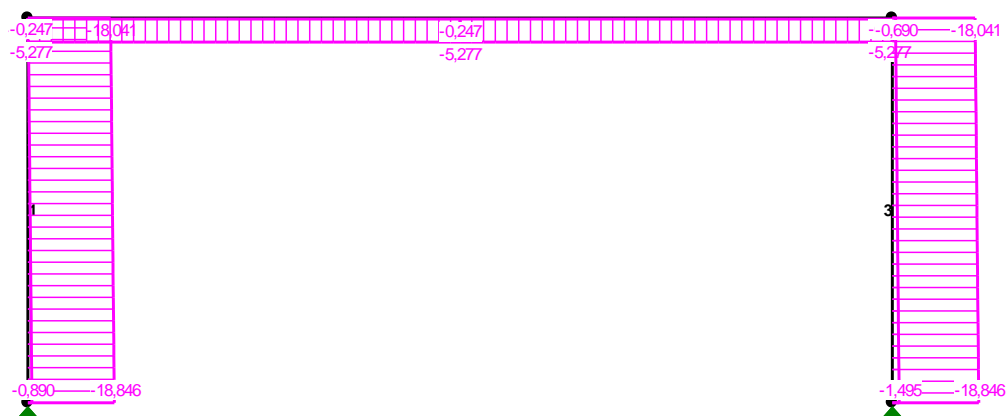
MOMENTY-OBWIEDNIE :



TNĄCE-OBWIEDNIE :



NORMALNE-OBWIEDNIE:

**SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt: x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:	
1	2,248	1,121*	-0,007	-0,337	ACD
	3,270	-18,299*	-5,277	-18,041	ABE
	0,000	-0,000	-5,915*	-18,846	ABE
	3,270	0,878	-0,467	-0,085*	ACD
	0,000	-0,000	-5,915	-18,846*	ABE
2	3,665	15,661*	0,000	-5,057	AB
	0,000	-18,299*	18,041	-5,277	ABE
	0,000	-18,299	18,041*	-5,277	ABE
	7,330	-0,807	-1,160	-0,247*	AC
	4,352	0,878	0,028	-0,247*	AC
	0,000	-0,807	0,556	-0,247*	AC
	0,000	-18,299	18,041	-5,277*	ABE
	3,665	15,622	0,470	-5,277*	ABE
3	1,022	1,121*	0,007	-0,941	ACE
	0,000	-18,299*	5,277	-18,041	ABD
	3,270	-0,000	5,915*	-18,846	ABD
	0,000	0,878	0,467	-0,690*	ACE
	3,270	-0,000	5,915	-18,846*	ABD

DEFORMACJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt: L/f: Kombinacja obciążeń:

1	1014,0	ABE
2	421,6	AB
3	1014,0	ABD

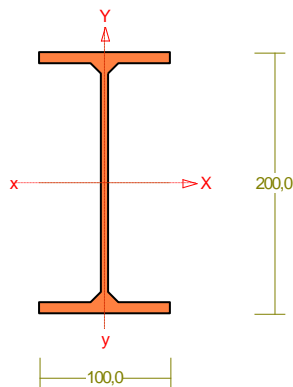
3.3. Wymiarowanie

3.3.1. Belka IPE200

Pręt nr 2

Zadanie: DACH D5 - RS-1 rama stalowa

Przekrój: I 200 PE



Wymiary przekroju:

I 200 PE $h=200,0$ $g=5,6$ $s=100,0$ $t=8,5$ $r=12,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=1940,0$ $J_{yg}=142,0$ $A=28,50$ $i_x=8,3$ $i_y=2,2$

$J_w=12988,1$ $J_t=6,3$ $i_s=8,5$.

Materiał: **St3S (X,Y,V,W)**. Wytrzymałość **$f_d=215$ MPa** dla **$g=8,5$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Siły przekrojowe:

$x_a = 7,330$; $x_b = -0,000$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

$M_x = 16,537$ kNm, $V_y = -17,570$ kN, $N = -5,057$ kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 83,5$ MPa $\sigma_c = -87,0$ MPa.

Naprężenia:

$x_a = 7,330$; $x_b = -0,000$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 83,5$ MPa $\sigma_c = -87,0$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = -1,8$ $\Delta\sigma = 85,2$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi Y: $A_v = 11,20$ cm² $\tau = 15,7$ MPa $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 1,8 / 1,000 + 85,2 = 87,0 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 15,7 / 1,000 = 15,7 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{87,0^2 + 3 \times 0,0^2} = 87,0 < 215 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$; $x_b = 7,330$.

Siała osiowa: $N = -5,057$ kN.

Pole powierzchni przekroju: $A = 28,50$ cm².

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 28,50 \times 215 \times 10^{-1} = 612,750$ kN.

Warunek nośności (31):

$$N = 5,057 < 612,750 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\kappa_a = 0,300 \quad \kappa_b = 0,300 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,592 \quad \text{dla } l_0 = 7,330$$

$$l_w = 0,592 \times 7,330 = 4,339 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 3,660$$

$$l_w = 1,000 \times 3,660 = 3,660 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 3,660$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 3,660$ m.

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 1940,0}{4,339^2} 10^{-2} = 2084,510 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 142,0}{3,660^2} 10^{-2} = 214,477 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{8,5^2} \left(\frac{3,14^2 \times 205 \times 12988,1}{3,660^2} 10^{-2} + 80 \times 6,3 \times 10^2 \right) = 953,873 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 7,330$:

$$N_{RC} = A f_d = 28,5 \times 215 \times 10^{-1} = 612,750 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{612,750 / 2084,510} = 0,624 \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = 0,932$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{612,750 / 214,477} = 1,944 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,247$$

$$\text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{612,750 / 953,873} = 0,922 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,606$$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0,247$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{5,057}{0,247 \times 612,750} = 0,033 < 1$$

Zwichrzenie:

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem $l_1 = l_{\omega\omega} = 3660$ mm:

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 22}{1,000} \times \sqrt{215 / 215} = 784 < 3660 = l_I$$

Konieczne jest sprawdzenie zwichrzenia pręta.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_o = 9,00$ cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = (-9,00)$ cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: $A_1 = 0,270$, $A_2 = 1,610$, $B = 1,880$.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,270 \times 0,00 + 1,610 \times (-9,00) = -14,490$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$(-0,145) \times 214,477 + \sqrt{(-0,145 \times 214,477)^2 + 1,880^2 \times 0,085^2 \times 214,477 \times 953,873} = 47,967$$

Smukłość względna dla zwichrzenia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{41,710 / 47,967} = 1,072$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 7,330$; $x_b = -0,000$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 194,0 \times 215 \times 10^{-3} = 41,710 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\bar{\lambda}_L = 1,072$ wynosi $\varphi_L = 0,703$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{5,057}{612,750} + \frac{16,537}{0,703 \times 41,710} = 0,572 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = 16,537 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,932 \times 0,624^2 \frac{1,000 \times 16,537}{41,710} \times \frac{5,057}{612,750} = 0,001$$

$$\Delta_x = 0,001 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{5,057}{0,932 \times 612,750} + \frac{1,000 \times 16,537}{0,703 \times 41,710} = 0,573 < 0,999 = 1 - 0,001$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{5,057}{0,247 \times 612,750} + \frac{1,000 \times 16,537}{0,703 \times 41,710} = 0,597 < 1,000 = 1 - 0,000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 7,330$; $x_b = -0,000$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 11,2 \times 215 \times 10^{-1} = 139,664 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,6 V_R = 83,798 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 17,570 < 139,664 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$$x_a = 7,330; \quad x_b = -0,000.$$

- dla zginania względem osi X: $V_y = 17,570 < 83,798 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 41,710 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{R,x,V}} = \frac{5,057}{612,750} + \frac{16,537}{41,710} = 0,405 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$$x_a = 7,330; \quad x_b = -0,000.$$

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 17,570 < 139,659 = 139,664 \times \sqrt{1 - \left(\frac{5,057}{612,750} \right)^2} = V_R \sqrt{1 - \left(\frac{N}{N_{Rc}} \right)^2} = V_{R,N}$$

Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 7,330.$$

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $c = 100,0 \text{ mm}$.

Naprężenia ściskające w środku wynoszą $\sigma_c = 69,5 \text{ MPa}$. Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 69,5 / 215 = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 202,5 \times 5,6 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 243,810 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 243,810 = P_{R,W}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y wynoszą:

$$a_{\max} = 12,1 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 500 = 7330 / 500 = 14,7 \text{ mm}$$

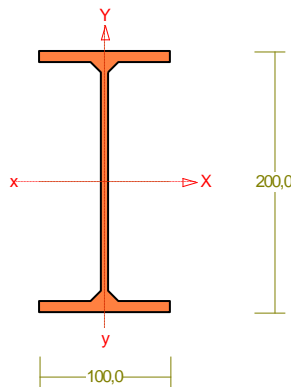
$$a_{\max} = 12,1 < 14,7 = a_{\text{gr}}$$

3.3.2. Słup IPE200

Pręt nr 1

Zadanie: DACH D5 - RS-1 rama stalowa

Przekrój: I 200 PE



Wymiary przekroju:

I 200 PE $h=200,0$ $g=5,6$ $s=100,0$ $t=8,5$ $r=12,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=1940,0$ $J_{yg}=142,0$ $A=28,50$ $i_x=8,3$ $i_y=2,2$

$J_w=12988,1$ $J_t=6,3$ $i_s=8,5$.

Materiał: **St3S (X,Y,V,W)**. Wytrzymałość **$f_d=215$ MPa** dla **$g=8,5$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Siły przekrojowe:

$x_a = 3,270$; $x_b = -0,000$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABE**

$M_x = 18,299$ kNm, $V_y = -5,277$ kN, $N = -18,041$ kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 88,0$ MPa $\sigma_c = -100,7$ MPa.

Naprężenia:

$x_a = 3,270$; $x_b = -0,000$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 88,0$ MPa $\sigma_c = -100,7$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = -6,3$ $\Delta\sigma = 94,3$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi Y: $A_v = 11,20$ cm² $\tau = 4,7$ MPa $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 6,3 / 1,000 + 94,3 = 100,7 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 4,7 / 1,000 = 4,7 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{100,7^2 + 3 \times 0,0^2} = 100,7 < 215 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,270$.

Siała osiowa: $N = -18,846$ kN.

Pole powierzchni przekroju: $A = 28,50$ cm².

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 28,50 \times 215 \times 10^{-1} = 612,750$ kN.

Warunek nośności (31):

$$N = 18,846 < 612,750 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$\kappa_a = 1,000$ $\kappa_b = 0,692$ węzły przesuwne $\Rightarrow \mu = 3,014$ dla $l_o = 3,270$

$$l_w = 3,014 \times 3,270 = 9,856 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$\kappa_a = 1,000$ $\kappa_b = 1,000$ węzły nieprzesuwne $\Rightarrow \mu = 1,000$ dla $l_o = 1,740$

$$l_w = 1,000 \times 1,740 = 1,740 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 1,740$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 1,740$ m.

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 1940,0}{9,856^2} 10^{-2} = 404,086 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 142,0}{1,740^2} 10^{-2} = 948,950 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{8,5^2} \left(\frac{3,14^2 \times 205 \times 12988,1}{1,740^2} 10^{-2} + 80 \times 6,3 \times 10^2 \right) = 1873,469 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,270$:

$$N_{RC} = A f_d = 28,5 \times 215 \times 10^{-1} = 612,750 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{612,750 / 404,086} = 1,416 \quad \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = 0,446$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{612,750 / 948,950} = 0,924 \quad \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,698$$

$$\text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{612,750 / 1873,469} = 0,658 \quad \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,771$$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0,446$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{18,846}{0,446 \times 612,750} = 0,069 < 1$$

Zwichrzenie:

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem $l_1 = l_{\omega\omega} = 1740$ mm:

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 22}{0,550} \times \sqrt{215 / 215} = 1425 < 1740 = l_1$$

Konieczne jest sprawdzenie zwichrzenia pręta.

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: $A_1 = 0,000$, $A_2 = 1,100$, $B = 2,560$.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,000 \times 0,00 + 1,100 \times -0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$0,000 \times 948,950 + \sqrt{(0,000 \times 948,950)^2 + 2,560^2 \times 0,085^2 \times 948,950 \times 1873,469} = 291,745$$

Smukłość względna dla zwichrzenia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{41,710 / 291,745} = 0,435$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 3,270$; $x_b = -0,000$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 194,0 \times 215 \times 10^{-3} = 41,710 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,435$ wynosi $\varphi_L = 0,994$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{18,041}{612,750} + \frac{18,299}{0,994 \times 41,710} = 0,471 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = 18,299 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,446 \times 1,416^2 \frac{1,000 \times 18,299}{41,710} \times \frac{18,846}{612,750} = 0,015$$

$$\Delta_x = 0,015 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{18,846}{0,446 \times 612,750} + \frac{1,000 \times 18,299}{0,994 \times 41,710} = 0,510 < 0,985 = 1 - 0,015$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{18,846}{0,698 \times 612,750} + \frac{1,000 \times 18,299}{0,994 \times 41,710} = 0,485 < 1,000 = 1 - 0,000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,270$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 11,2 \times 215 \times 10^{-1} = 139,664 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,6 V_R = 83,798 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 5,915 < 139,664 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 3,270$; $x_b = -0,000$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 5,277 < 83,798 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 41,710 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{18,041}{612,750} + \frac{18,299}{41,710} = 0,468 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 3,270$; $x_b = -0,000$.

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 5,277 < 139,603 = 139,664 \times \sqrt{1 - \left(\frac{18,041}{612,750} \right)^2} = V_R \sqrt{1 - \left(N/N_{Rc} \right)^2} = V_{R,N}$$

Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,270$.

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $c = 100,0$ mm.

Naprężenia ściskające w środku wynoszą $\sigma_c = 6,6$ MPa. Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 6,6 / 215 = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 202,5 \times 5,6 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 243,810 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 243,810 = P_{R,W}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y wynoszą:

$$a_{\max} = 3,8 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 200 = 3270 / 200 = 16,4 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 3,8 < 16,4 = a_{\text{gr}}$$

4. Rama stalowa wiaty**4.1. Obciążenia****Obciążenie stałe - warstwy**

Lp.	Warstwa	Grubość [m]	Ciężar [kN/m ³]	Obc.char. [kN/m ²]	Współ. obc. [-]	Obc. Obl. [kN/m ²]
1	panele fotowoltaiczne	-	-	0,200	1,2	0,240
2	blacha na rąbek stojący	-	-	0,060	1,2	0,072
3	membrana wysokoparoprzepuszczalna	-	-	-	-	-
4	plyta OSB gr. 25mm	0,025	0,63	0,016	1,2	0,019
5	IPE270	-	-	-	-	-
$\Sigma g_{k,d} =$				0,28	1,20	0,33

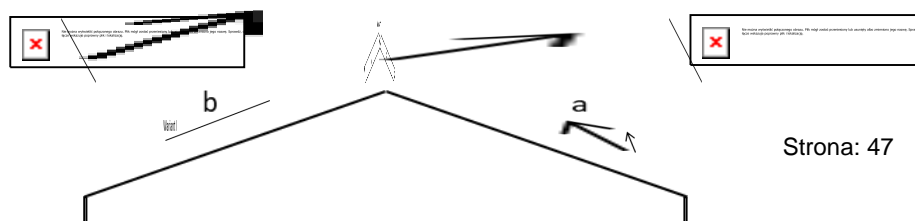
Obciążenie zmienne**ŚNIEG**

Strefa 2

$$Q_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$$

Przypadek 1

Z1-1 b)



Lp.	Warstwa	Grubość [m]	Ciężar [kN/m ³]	Obc.char. [kN/m ²]	Współ. obc. [-]	Obc. Obl. [kN/m ²]
1	$S_1 = Q_k \times C_1 \quad C_1=0,67$	-	-	0,60	1,5	0,90
2	$S_2 = Q_k \times C_2 \quad C_2=1,00$	-	-	0,90	1,5	1,35

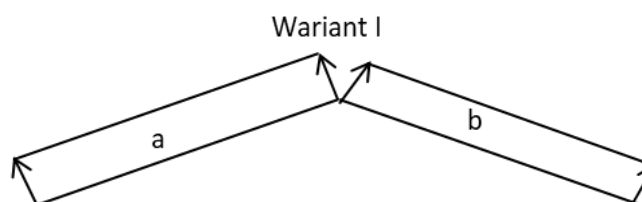
WIATR

Teren A
Strefa I

$q_k = 0,3 \quad \text{kN/m}^2$
 $C_e = 0,67 \quad [-]$
 $\beta = 2,2 \quad [-]$

Przypadek 1

Z1-9



Lp.	Warstwa	Grubość [m]	Ciężar [kN/m ³]	Obc.char. [kN/m ²]	Współ. obc. [-]	Obc. Obl. [kN/m ²]
1	$p_{k1} = q_k \times C_e \times C_p(a) \times \beta$	-	-	1,24	1,5	1,86
2	$p_{k2} = q_k \times C_e \times C_p(b) \times \beta$	-	-	0,00	1,5	0,00

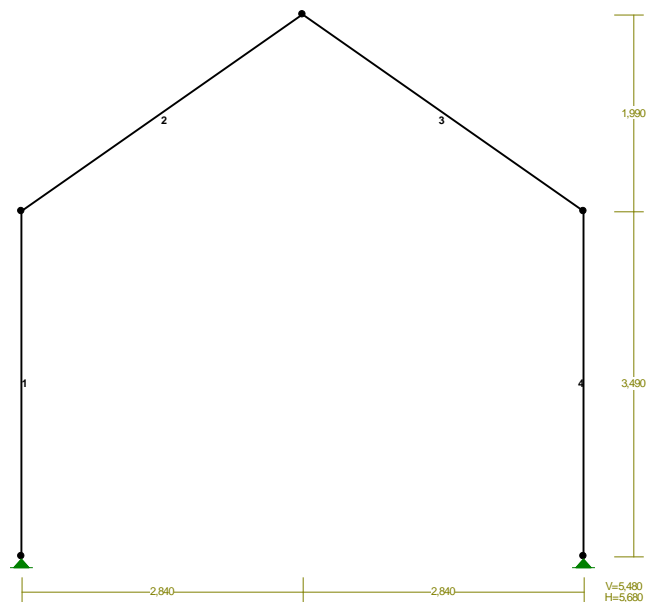
4.2. Obliczenia statyczne

NAZWA: DACH D4 - rama stalowa pawilonu

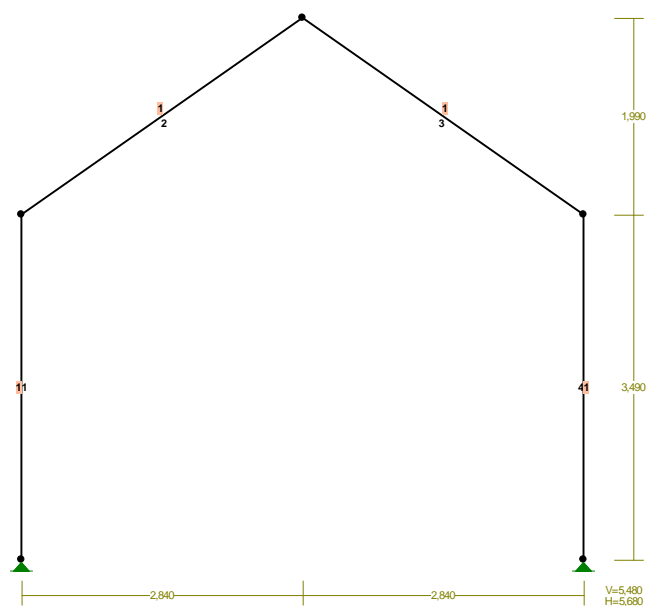
WĘZŁY:



PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:

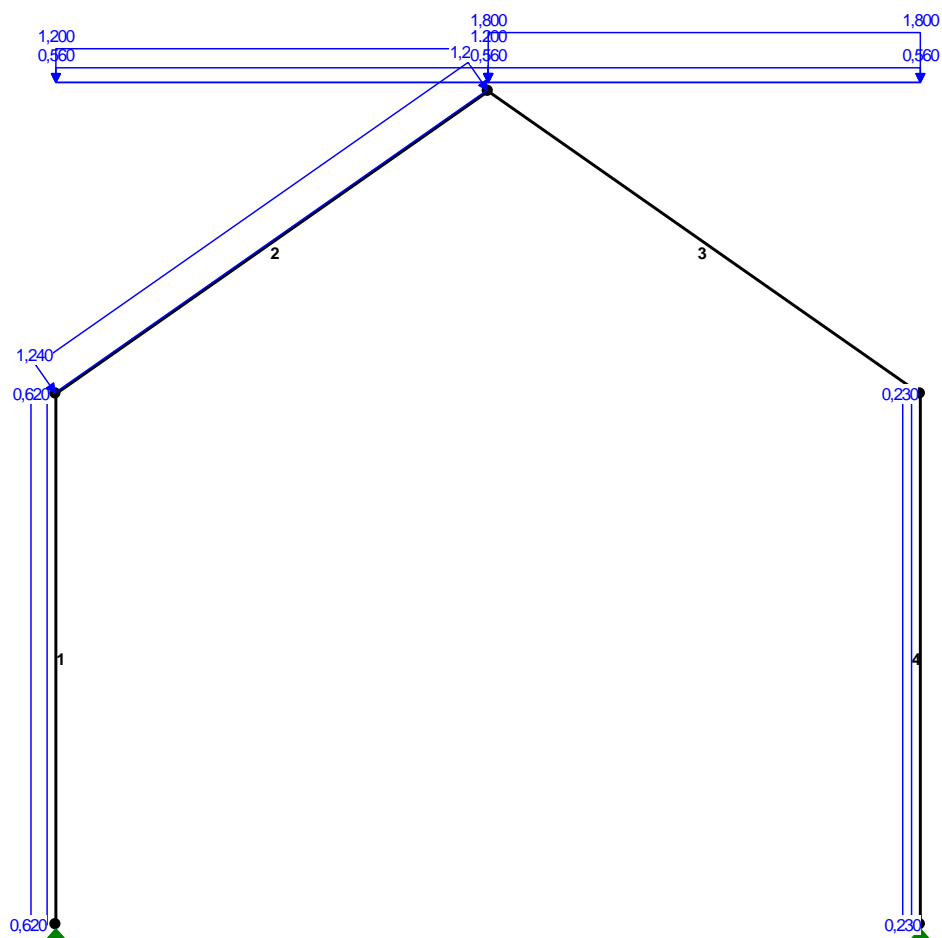


PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
 10 - przegub-szttyw.; 11 - przegub-przegub
 22 - ciągnio

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	0,000	3,490	3,490	1,000	1 I 270 PE
2	00	2	3	2,840	1,990	3,468	1,000	1 I 270 PE
3	00	3	4	2,840	-1,990	3,468	1,000	1 I 270 PE
4	00	4	5	0,000	-3,490	3,490	1,000	1 I 270 PE

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:

Grupa:	A	"WARSTWY"		Stałe	$\gamma_f = 1,20$	
2	Liniowe-Y	0,0	0,560	0,560	0,00	3,47
3	Liniowe-Y	0,0	0,560	0,560	0,00	3,47
Grupa:	B	"ŚNIEG"		Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
2	Liniowe-Y	0,0	1,200	1,200	0,00	3,47
3	Liniowe-Y	0,0	1,800	1,800	0,00	3,47
Grupa:	C	"		Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
2	Liniowe	35,0	1,240	1,240	0,00	3,47
Grupa:	E	"WIATR poz."		Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe-X	90,0	0,620	0,620	0,00	3,49
4	Liniowe-X	90,0	0,230	0,230	0,00	3,49

=====

W Y N I K I wg PN 82/B-02000

Teoria I-go rzędu
Kombinatoryka obciążeń

=====

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	ψd:	γf:
Ciężar wł.			1,10
A -"WARSTWY"	Stałe		1,20
B -"ŚNIEG"	Zmienne	1 1,00	1,50
C -""	Zmienne	1 1,00	1,50
E -"WIATR poz."	Zmienne	2 1,00	1,50

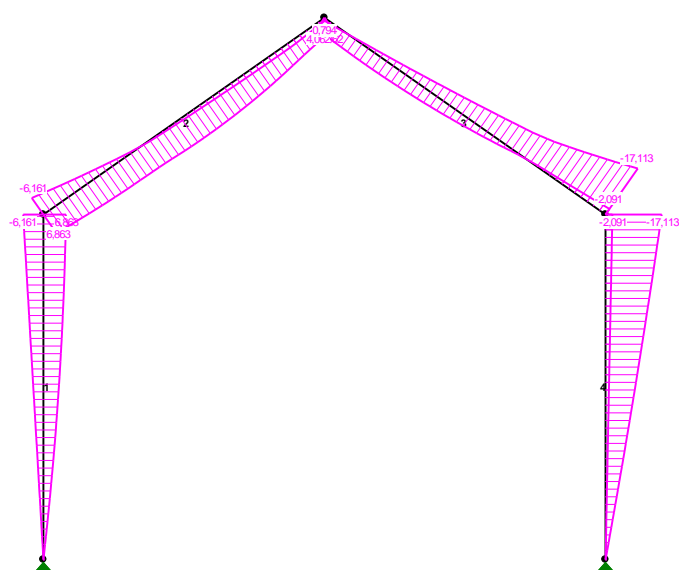
RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	ZAWSZE
A -"WARSTWY"	ZAWSZE
B -"ŚNIEG"	EWENTUALNIE
C -""	EWENTUALNIE
E -"WIATR poz."	EWENTUALNIE

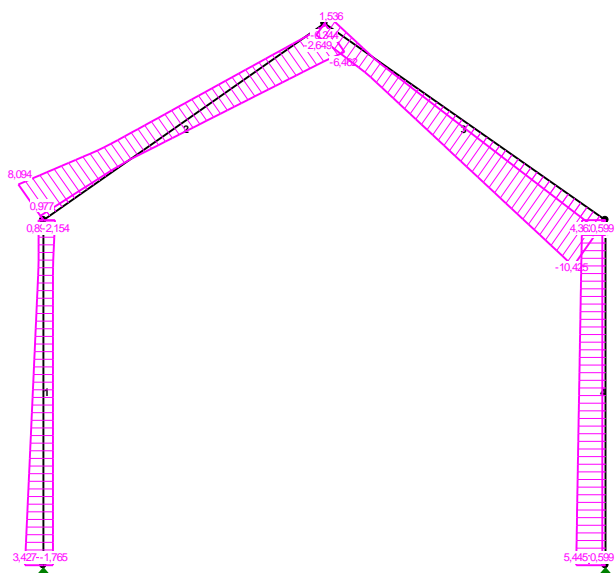
KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

Nr:	Specyfikacja:
1	ZAWSZE : EWENTUALNIE: A+B+C+E

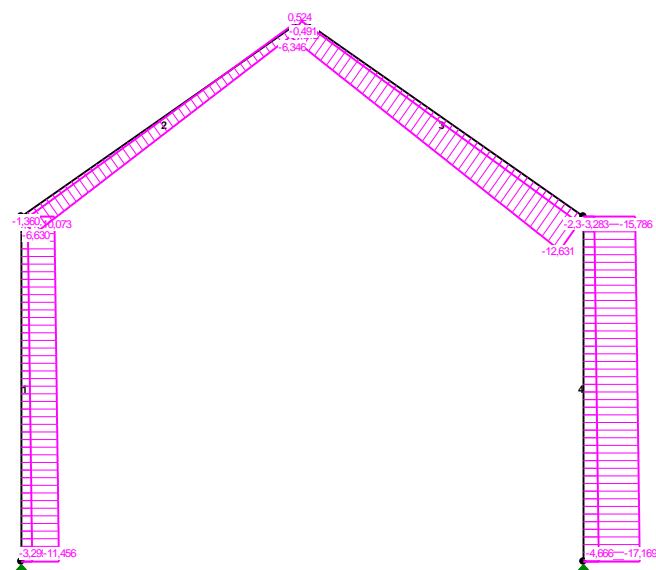
MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:



NORMALNE-OBWIEDNIE:

**SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	3,490	6,863*	0,506	-3,092	ACE
	3,490	-6,161*	-1,765	-9,034	AB
	0,000	-0,000	3,427*	-4,475	ACE
	3,490	2,066	-1,031	-1,916*	AE
	0,000	-0,000	-0,272	-11,456*	ABC
2	1,734	8,917*	0,200	-3,206	ABCE
	0,000	-6,161*	6,385	-6,630	AB
	0,000	-0,948	8,094*	-6,003	ABC
	3,468	0,805	-6,316	0,524*	ACE
	0,000	-6,161	6,385	-6,630*	AB
3	0,650	4,514*	-0,145	-2,257	AB
	3,468	-17,113*	-10,425	-12,631	ABCE
	3,468	-17,113	-10,425*	-12,631	ABCE
	0,000	1,379	0,344	-0,491*	A
	3,468	-17,113	-10,425	-12,631*	ABCE
4	3,490	0,000*	5,445	-17,169	ABCE
	0,000	-17,113*	4,362	-15,786	ABCE
	3,490	0,000	5,445*	-17,169	ABCE
	0,000	-2,091	0,599	-3,283*	A
	3,490	0,000	5,445	-17,169*	ABCE

DEFORMACJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

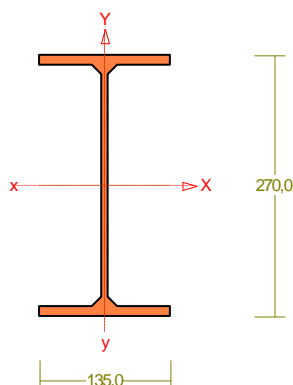
Pręt:	L/f:	Kombinacja obciążeń:
1	5965,6	ACE
2	3442,5	ABCE
3	5090,8	ACE
4	2970,2	ABCE

4.3. Wymiarowanie IPE270

Pręt nr 4

Zadanie: DACH D4 - rama stalowa pawilonu

Przekrój: I 270 PE



Wymiary przekroju:

I 270 PE $h=270,0$ $g=6,6$ $s=135,0$ $t=10,2$ $r=15,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

 $J_{xg}=5790,0$ $J_{yg}=420,0$ $A=45,90$ $i_x=11,2$ $i_y=3,0$ $J_w=70577,9$ $J_t=14,4$ $i_s=11,6$.Materiał: **St3S (X,Y,V,W)**. Wytrzymałość **$f_d=215$ MPa** dla **$g=10,2$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Siły przekrojowe:

 $x_a = 0,000$; $x_b = 3,490$.Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABCE** $M_x = 17,113$ kNm, $V_y = 4,362$ kN, $N = -15,786$ kN,Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 36,5$ MPa $\sigma_c = -43,3$ MPa.

Naprężenia:

 $x_a = 0,000$; $x_b = 3,490$.Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 36,5$ MPa $\sigma_c = -43,3$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = -3,4$ $\Delta\sigma = 39,9$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$ - ścinanie wzdłuż osi Y: $A_v = 17,82$ cm² $\tau = 2,4$ MPa $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 3,4 / 1,000 + 39,9 = 43,3 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 2,4 / 1,000 = 2,4 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{43,3^2 + 3 \times 0,0^2} = 43,3 < 215 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 3,490$; $x_b = -0,000$.

Siała osiowa: $N = -17,169 \text{ kN}$.

Pole powierzchni przekroju: $A = 45,90 \text{ cm}^2$.

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 45,90 \times 215 \times 10^{-1} = 986,850 \text{ kN}$.

Warunek nośności (31):

$$N = 17,169 < 986,850 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\kappa_a = 0,498 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 2,481 \quad \text{dla } l_0 = 3,490$$

$$l_w = 2,481 \times 3,490 = 8,659 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 3,490$$

$$l_w = 1,000 \times 3,490 = 3,490 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 3,490 \text{ m}$. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 3,490 \text{ m}$.

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 5790,0}{8,659^2} 10^{-2} = 1562,528 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 420,0}{3,490^2} 10^{-2} = 697,673 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{11,6^2} \left(\frac{3,14^2 \times 205 \times 70577,9}{3,490^2} 10^{-2} + 80 \times 14,4 \times 10^2 \right) = 1720,906 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 3,490$; $x_b = -0,000$:

$$N_{RC} = A f_d = 45,9 \times 215 \times 10^{-1} = 986,850 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{986,850 / 1562,528} = 0,914 \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = 0,767$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{986,850 / 697,673} = 1,368 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,440$$

$$\text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{986,850 / 1720,906} = 0,871 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,637$$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0,440$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{17,169}{0,440 \times 986,850} = 0,040 < 1$$

Zwichrzenie:

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem $l_1 = l_{\omega\omega} = 3490 \text{ mm}$:

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 30}{0,550} \times \sqrt{215 / 215} = 1922 < 3490 = l_1$$

Konieczne jest sprawdzenie zwichrzenia pręta.

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: $A_1 = 0,000$, $A_2 = 1,100$, $B = 2,560$.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,000 \times 0,00 + 1,100 \times -0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$0,000 \times 697,673 + \sqrt{(0,000 \times 697,673)^2 + 2,560^2 \times 0,116^2 \times 697,673 \times 1720,906} = 326,275$$

Smukłość względna dla zwichrzenia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{92,211 / 326,275} = 0,611$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,490$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 428,9 \times 215 \times 10^{-3} = 92,211 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,611$ wynosi $\varphi_L = 0,968$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{15,786}{986,850} + \frac{17,113}{0,968 \times 92,211} = 0,208 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = 17,113 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,767 \times 0,914^2 \frac{1,000 \times 17,113}{92,211} \times \frac{17,169}{986,850} = 0,003$$

$$\Delta_x = 0,003 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{17,169}{0,767 \times 986,850} + \frac{1,000 \times 17,113}{0,968 \times 92,211} = 0,214 < 0,997 = 1 - 0,003$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{17,169}{0,440 \times 986,850} + \frac{1,000 \times 17,113}{0,968 \times 92,211} = 0,231 < 1,000 = 1 - 0,000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 3,490$; $x_b = -0,000$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 17,8 \times 215 \times 10^{-1} = 222,215 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,6 V_R = 133,329 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 5,445 < 222,215 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,490$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 4,362 < 133,329 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 92,211 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{15,786}{986,850} + \frac{17,113}{92,211} = 0,202 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 0,000$, $x_b = 3,490$.

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 4,362 < 222,187 = 222,215 \times \sqrt{1 - \left(\frac{15,786}{986,850} \right)^2} = V_R \sqrt{1 - \left(\frac{N}{N_{Rc}} \right)^2} = V_{R,N}$$

Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,490$.

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $c = 100,0 \text{ mm}$.

Naprężenia ściskające w środku wynoszą $\sigma_c = 35,9 \text{ MPa}$. Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 35,9 / 215 = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 226,0 \times 6,6 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 320,694 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 320,694 = P_{R,W}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y wynoszą:

$$a_{\max} = 5,8 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 200 = 3490 / 200 = 17,4 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 5,8 < 17,4 = a_{\text{gr}}$$

5. Belka stropu nad pawilonem

5.1. Obciążenia

STROP ST3 NAD PARTEREM**Obciążenie stałe - warstwy**

Lp.	Warstwa	Grubość [m]	Ciężar [kN/m ³]	Obc.char. [kN/m ²]	Współ. obc. [-]	Obc. Obl. [kN/m ²]
1	Płyta suchy jastrych 2 x 10mm	0,020	19,00	0,380	1,2	0,456
2	Płyta OSB3	0,025	6,30	0,158	1,2	0,189
3	Wełna mineralna	0,200	0,40	0,080	1,2	0,096
4	Folia paroizolacyjna	-	-	-	-	-
5	Belki stalowe	-	-	-	-	-
6	Płyta gk z podkonstrukcją	-	-	0,270	1,2	0,324
$\Sigma g_{k,d} =$				0,89	1,20	1,07

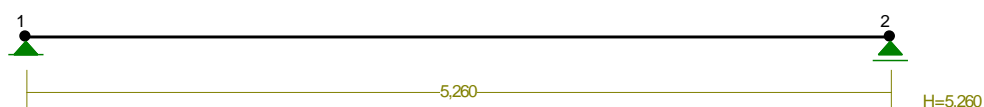
Obciążenie zmienne

Lp.	Warstwa	Grubość [m]	Ciężar [kN/m ³]	Obc.char. [kN/m ²]	Współ. obc. [-]	Obc. Obl. [kN/m ²]
1	Technologiczne	-	-	1,500	1,4	2,100
$\Sigma g_{k,d} =$				1,50	1,40	2,10

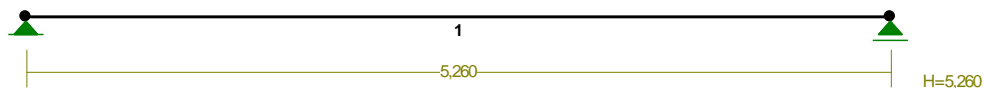
5.2. Obliczenia statyczne

NAZWA: STROP ST3 - belki stalowe

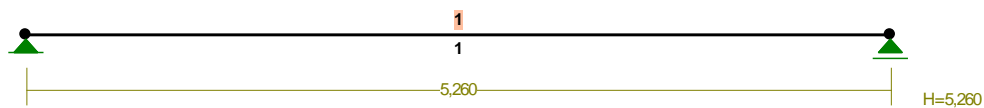
WĘZŁY:



PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:

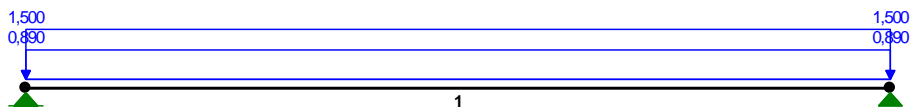


PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
 10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
 22 - ciągnio

Pręt	Typ	A	B	Lx[m]	Ly[m]	L[m]	Red.EJ	Przekrój
1	00	1	2	5,260	0,000	5,260	1,000	1 I 120 HEA

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt	Rodzaj	Kąt	P1 (Tg)	P2 (Td)	a[m]	b[m]
------	--------	-----	---------	---------	------	------

Grupa:	A	""			Zmienne	$\gamma_f = 1,20$
1	Liniowe-Y	0,0	0,890	0,890	0,00	5,26

Grupa:	B	""			Zmienne	$\gamma_f = 1,40$
1	Liniowe-Y	0,0	1,500	1,500	0,00	5,26

=====

W Y N I K I wg PN 82/B-02000

Teoria I-go rzędu

Kombinatoryka obciążeń

=====

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	ψ_d :	γ_f :
Ciężar wł.			1,10
A -""	Zmienne	1 1,00	1,20
B -""	Zmienne	1 1,00	1,40

RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	ZAWSZE
A -""	ZAWSZE
B -""	EWENTUALNIE

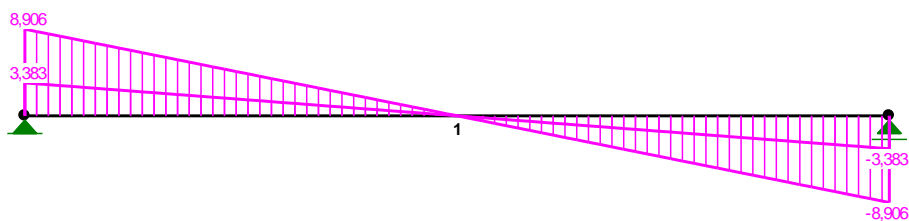
KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

Nr:	Specyfikacja:
1	ZAWSZE :
	EWENTUALNIE: A+B

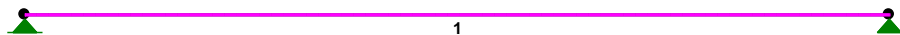
MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:



NORMALNE-OBWIEDNIE:

**SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	2,630	11,712*	0,000	0,000	AB
	0,000	0,000*	3,383	0,000	A
	0,000	-0,000	8,906*	0,000	AB
	0,000	-0,000	8,906	0,000*	AB
	2,630	11,712	0,000	0,000*	AB
	0,000	-0,000	8,906	0,000*	AB
	2,630	11,712	0,000	0,000*	AB

DEFORMACJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

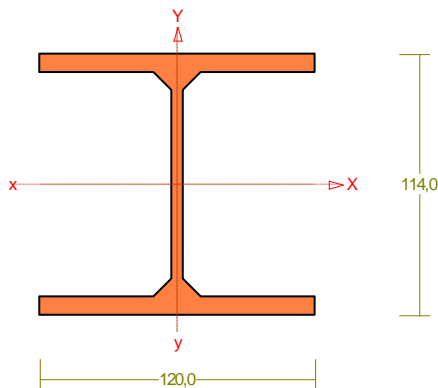
Pręt:	L/f:	Kombinacja obciążeń:
1	193,6	AB

5.3. Wymiarowanie belka HEA120

Pręt nr 1

Zadanie: STROP ST3 - belki stalowe

Przekrój: I 120 HEA



Wymiary przekroju:

I 120 HEA $h=114,0$ $g=5,0$ $s=120,0$ $t=8,0$ $r=12,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=606,0$ $J_{yg}=231,0$ $A=25,30$ $i_x=4,9$ $i_y=3,0$ $J_w=6471,9$
 $J_t=5,4$ $i_s=5,8$.

Materiał: **St3S (X,Y,V,W)**. Wytrzymałość **$f_d=215$ MPa** dla **$g=8,0$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Siły przekrojowe:

$x_a = 2,630$; $x_b = 2,630$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

$M_x = -11,712$ kNm, $V_y = 0,000$ kN, $N = 0,000$ kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 110,2$ MPa $\sigma_c = -110,2$ MPa.

Naprężenia:

$x_a = 2,630$; $x_b = 2,630$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 110,2$ MPa $\sigma_c = -110,2$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = 0,0$ $\Delta\sigma = 110,2$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 110,2 = 110,2 < 215 \text{ MPa}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 5,260$$

$$l_w = 1,000 \times 5,260 = 5,260 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 5,260$$

$$l_w = 1,000 \times 5,260 = 5,260 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 5,260 \text{ m}$. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 5,260 \text{ m}$.

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 606,0}{5,260^2} 10^{-2} = 443,154 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 231,0}{5,260^2} 10^{-2} = 168,925 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{5,8^2} \left(\frac{3,14^2 \times 205 \times 6471,9}{5,260^2} 10^{-2} + 80 \times 5,4 \times 10^2 \right) = 1459,794 \text{ kN}$$

Zwichrzenie:

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem $l_1 = l_{\omega\omega} = 5260 \text{ mm}$:

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 30}{0,400} \times \sqrt{215 / 215} = 2642 < 5260 = l_1$$

Konieczne jest sprawdzenie zwichrzenia pręta.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_o = 6,00 \text{ cm}$. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = (-6,00) \text{ cm}$. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: $A_1 = 0,610$, $A_2 = 0,530$, $B = 1,140$.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,610 \times 0,00 + 0,530 \times (-6,00) = -3,180$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$(-0,032) \times 168,925 + \sqrt{(-0,032 \times 168,925)^2 + 1,140^2 \times 0,058^2 \times 168,925 \times 1459,794} = 27,630$$

Smukłość względna dla zwichrzenia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{22,858 / 27,630} = 1,046$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 2,630$; $x_b = 2,630$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 106,3 \times 215 \times 10^{-3} = 22,858 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwężenia dla $\bar{\lambda}_L = 1,046$ wynosi $\varphi_L = 0,723$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{11,712}{0,723 \times 22,858} = 0,709 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 5,260$; $x_b = -0,000$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 5,7 \times 215 \times 10^{-1} = 71,079 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,6 V_R = 42,647 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 8,906 < 71,079 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 2,630$; $x_b = 2,630$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 0,000 < 42,647 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 22,858 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{R,x,V}} = \frac{11,712}{22,858} = 0,512 < 1$$

Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$; $x_b = 5,260$.

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $c = 100,0 \text{ mm}$.

Naprężenia ściskające w środku wynoszą $\sigma_c = 0,0 \text{ MPa}$. Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 200,0 \times 5,0 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 215,000 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 215,000 = P_{R,W}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y wynoszą:

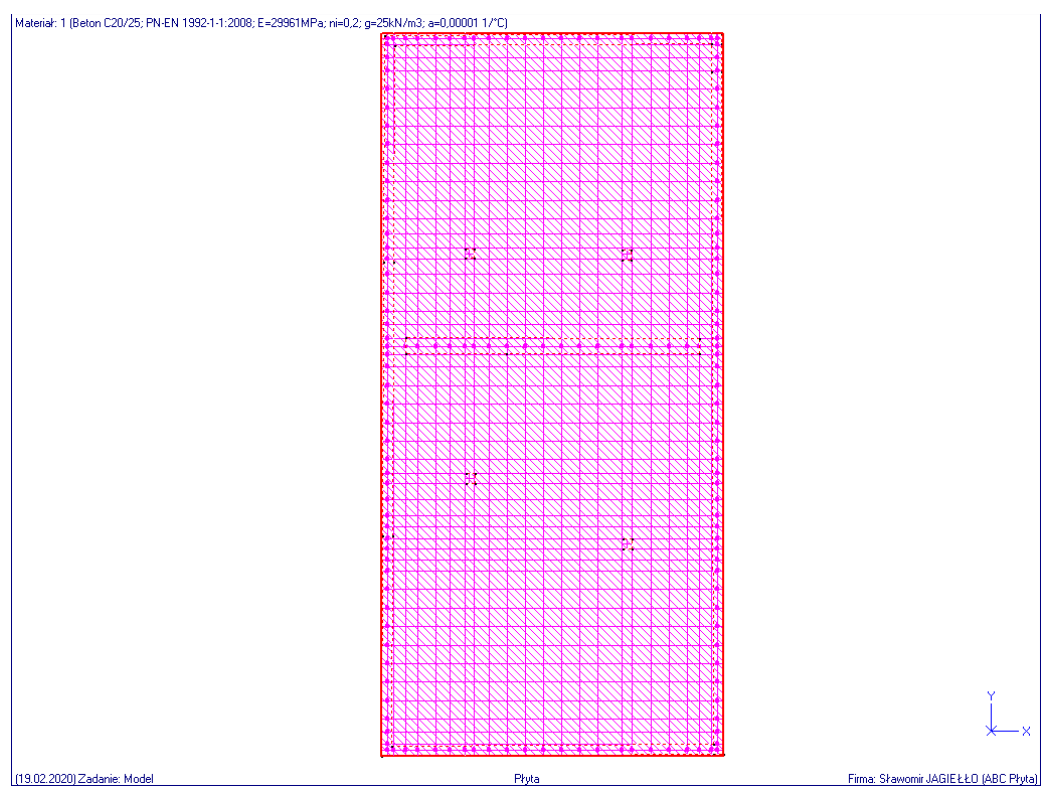
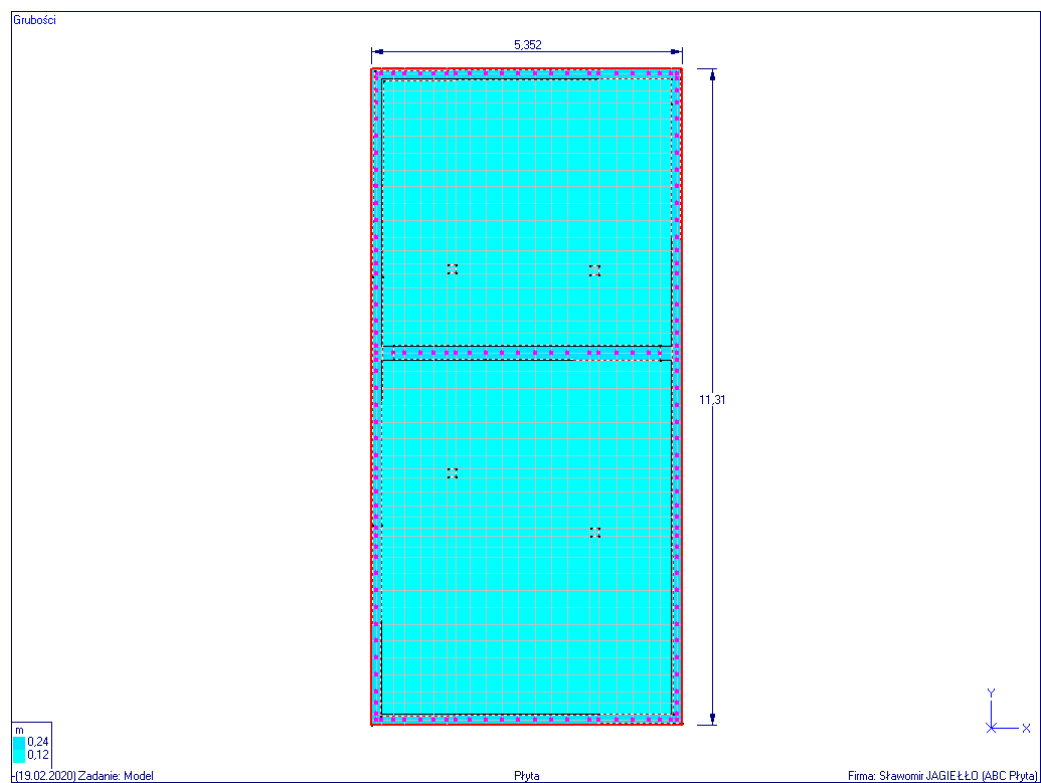
$$a_{\max} = 20,8 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 5260 / 250 = 21,0 \text{ mm}$$

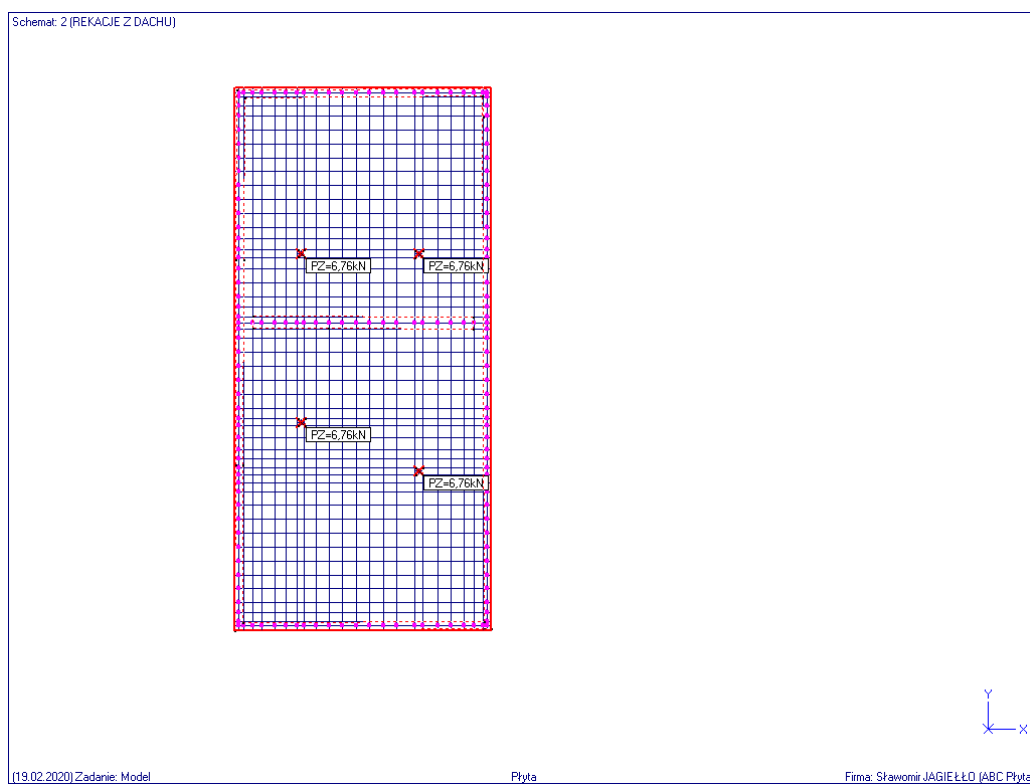
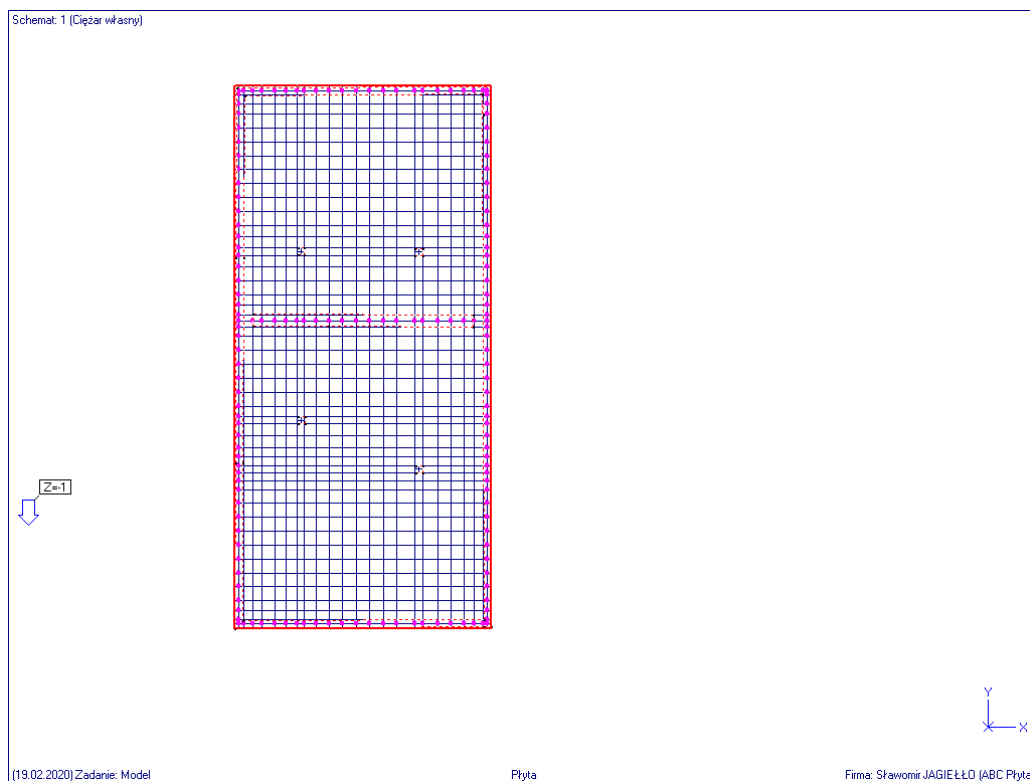
$$a_{\max} = 20,8 < 21,0 = a_{\text{gr}}$$

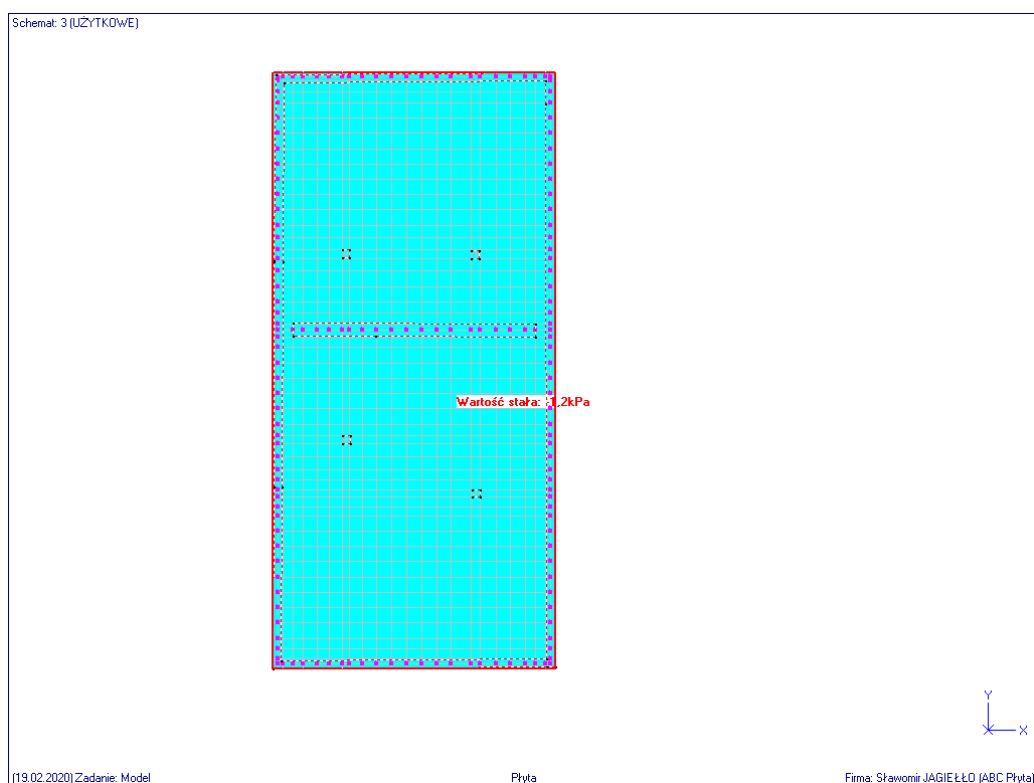
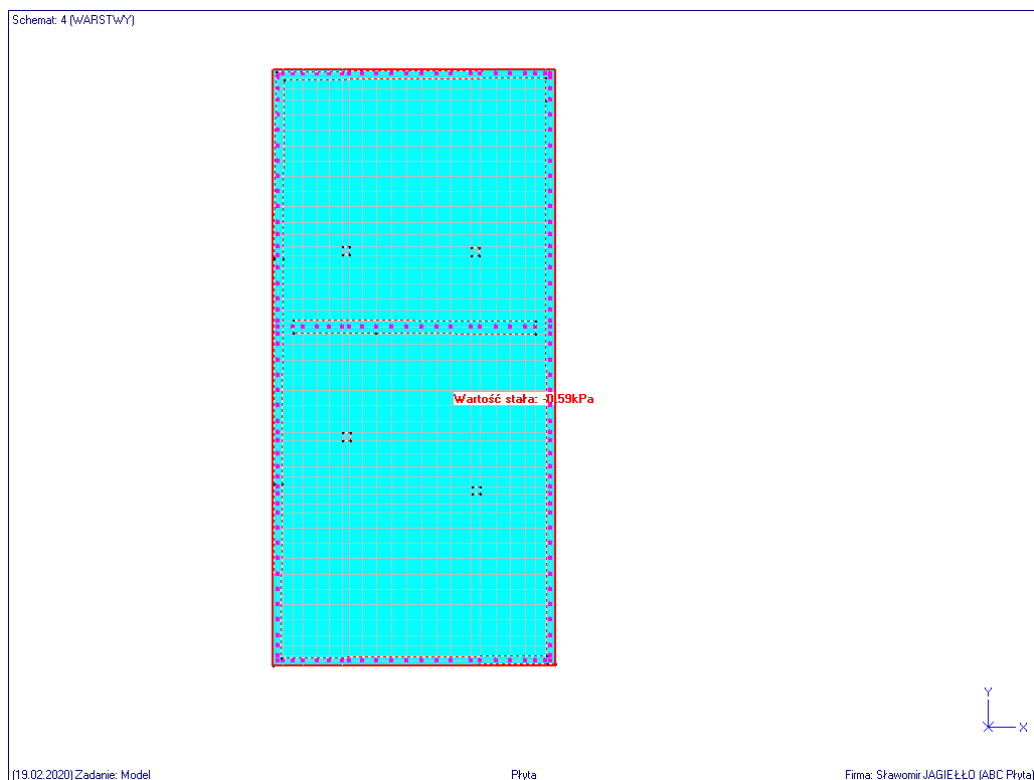
6. Strop żelbetowy gr.12cm

6.1. Geometria

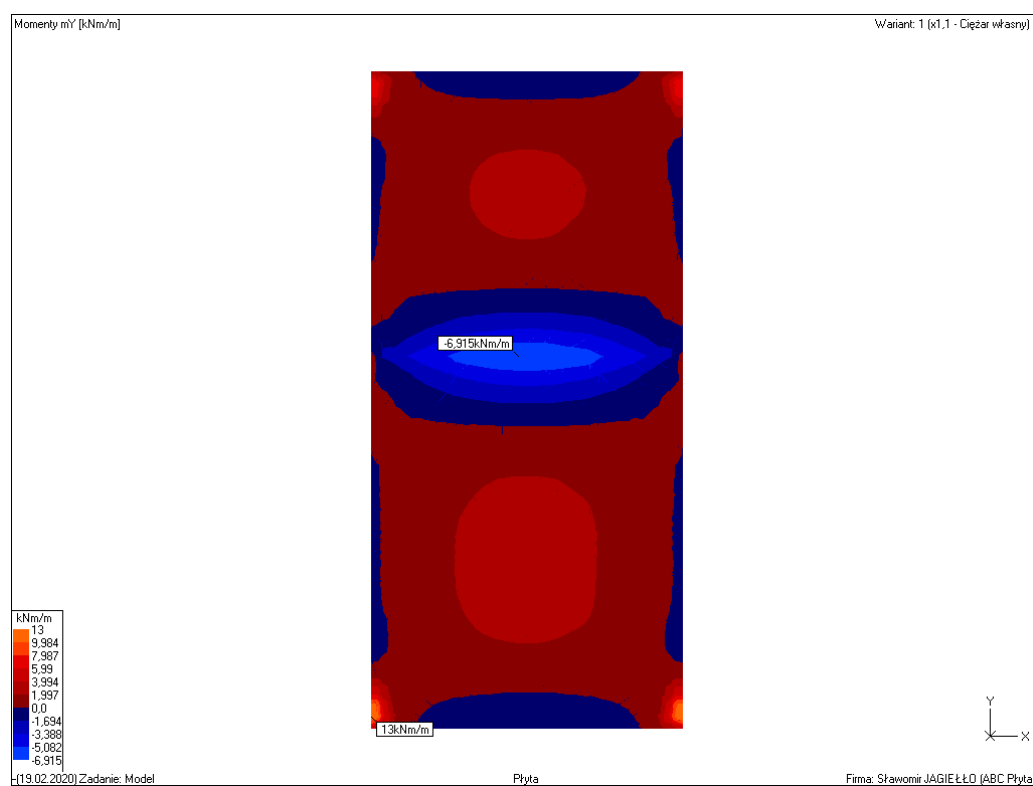
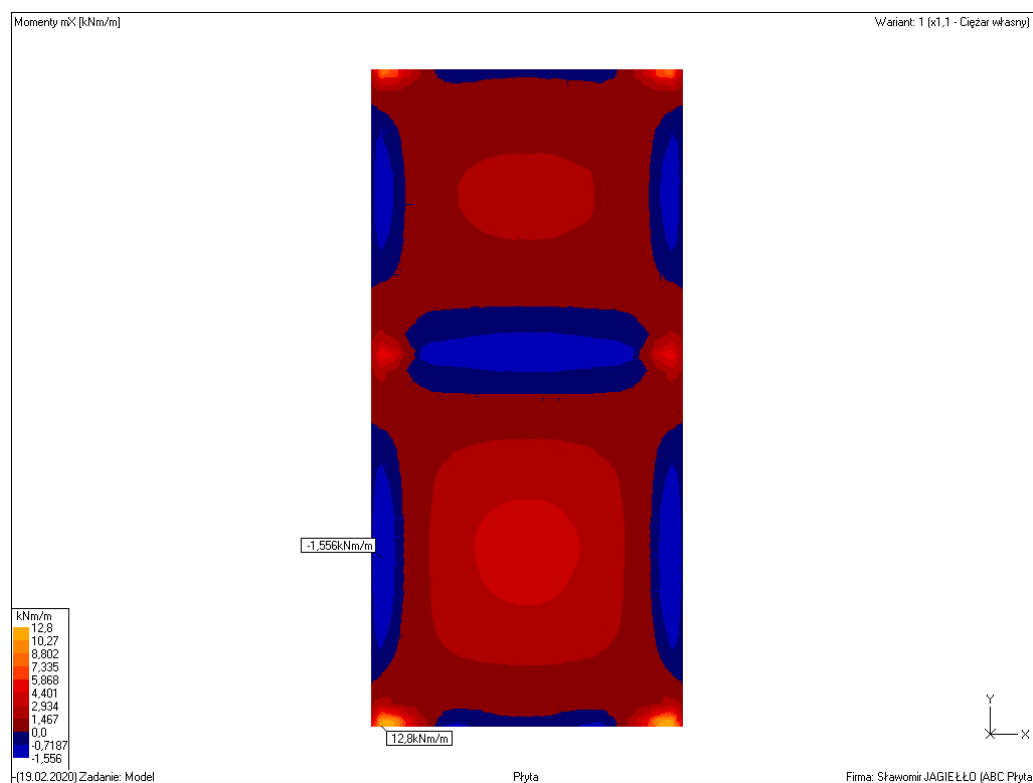


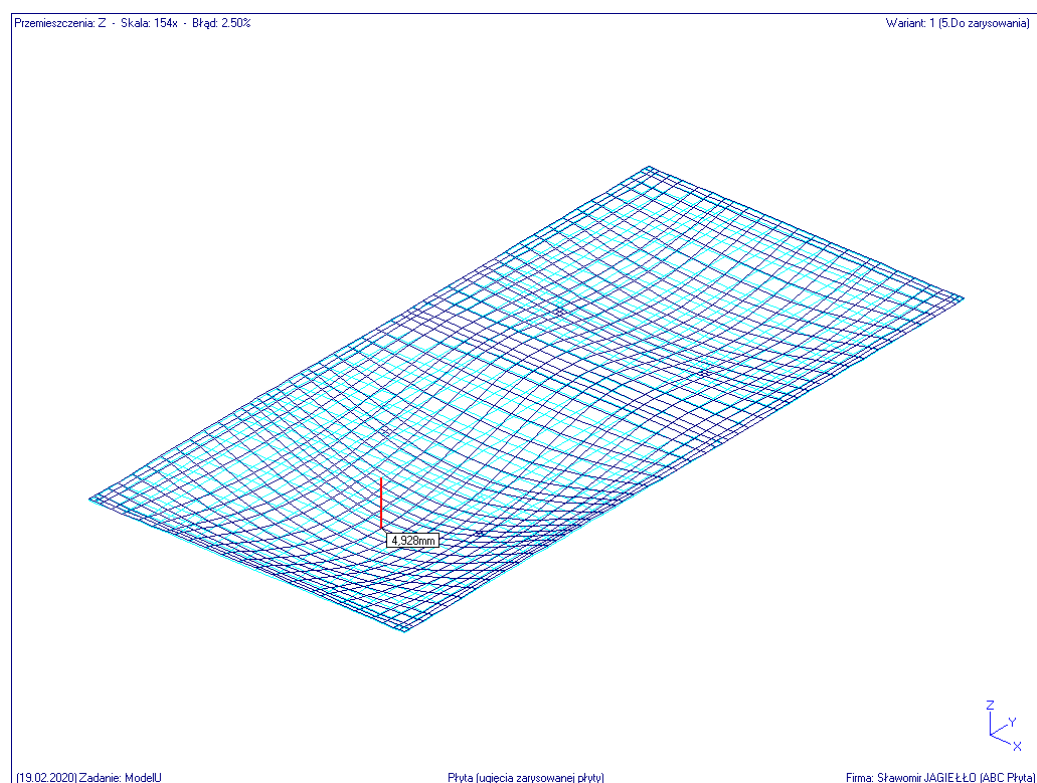
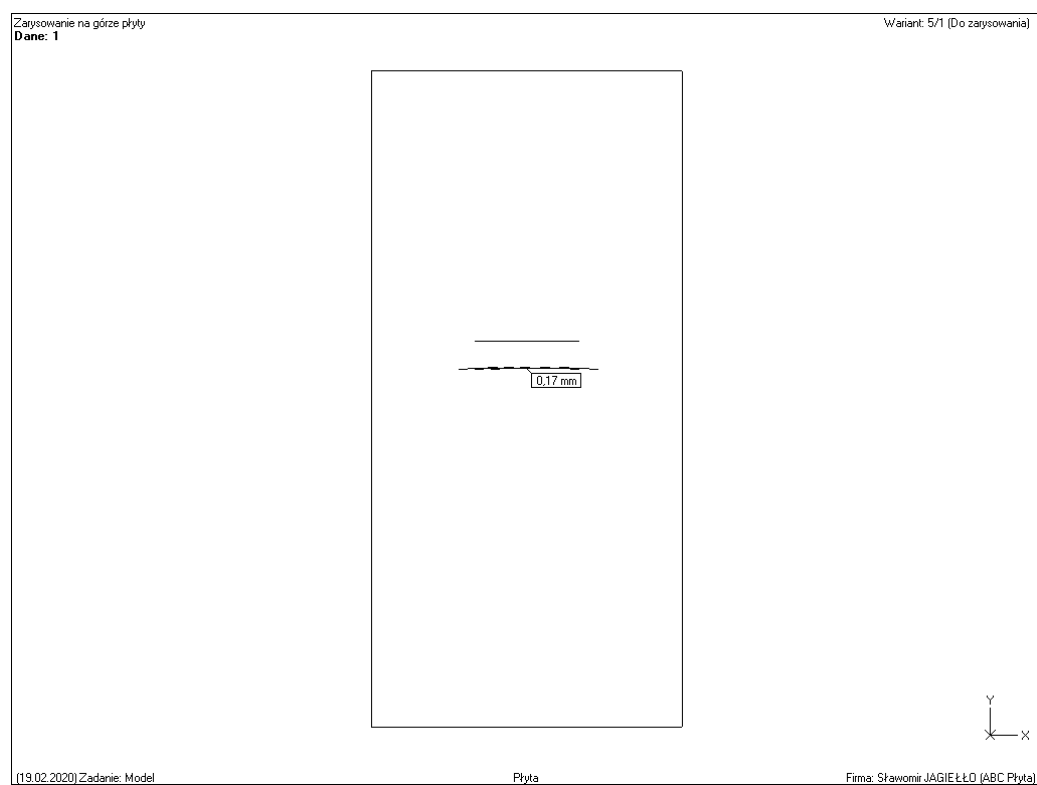
6.2. Obciążenia





6.3. Rezultaty analizy





6.4. Stan SGN

