

**PROJEKT TECHNICZNY**  
**ADAPTACJI I MODERNIZACJI LABORATORIUM**  
**TECHNOLOGII TRANZYSTORÓW MIKROFALOWYCH**  
**BUDYNKU IV, PIĘTRO II INSTYTUTU TECHNOLOGII**  
**ELEKTRONOWEJ W WARSZAWIE**

**KONSTRUKCJA**

PROJEKTANT  
Piotr Szmulik  
nr upr. SUW-19/89

Warszawa, lipiec 2013 r.

## SPIS ZAWARTOŚCI OPRACOWANIA

1. Uprawnienia i oświadczenie projektanta	3
2. Opis techniczny	5
3. Obliczenia statyczne	7
4. Wykaz stali kształtowej	30
5. Zestawienie krat pomostowych i schodów	31
6. Rysunki montażowe:	
Kw-1      Pomosty i ramy central	1:50/10
Kw-2      Podesty PT1, PT2	1:50/10

## Uprawnienia i zaświadczenie z izby projektanta

Obywatel(k) P I O T R S Z M U L I K jest upoważniony(ą) do:  
(imię i nazwisko)

- 1/ sporządzania projektów w zakresie rozwiązań konstrukcyjno-budowlanych budynków oraz innych budowli, z wyłączeniem linii, węzłów i stacji kolejowych, dróg oraz lotniskowych dróg startowych i manipulacyjnych, mostów, budowli hydrotechnicznych i melioracyjnych wodnych,
- 2/ sporządzania w budownictwie osób fizycznych projektów w zakresie rozwiązań architektonicznych:
  - a/ budynków inwentarskich i gospodarczych, adaptacji projektów typowych i powtarzalnych innych budynków oraz sporządzania planów zagospodarowania działki związanych z realizacją tych budynków,
  - b/ budowli nie będących budynkami,
- 3/ kierowania, nadzorowania i kontrolowania budowy i robót, kierowania i kontrolowania wytwarzania konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz oceniania i badania stanu technicznego w zakresie wszelkich budynków oraz innych budowli, z wyłączeniem linii, węzłów i stacji kolejowych, dróg oraz lotniskowych dróg startowych i manipulacyjnych, mostów, budowli hydrotechnicznych i wodnomelioracyjnych.



Z-ca DYREKTORA  
Inż. arch. Andrzej Mickaniewski  
(podpis i pieczęć)

URZĄD WOJEWÓDZKI  
16 Suwałki

Suwałki, dnia 1989-03-21 r.

WYDZIAŁ I (pieczęć)  
tel. SUWL 43789  
Nr

### Decyzja o stwierdzeniu przygotowania zawodowego

do pełnienia samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie

Na podstawie § 4 ust. 2, § 5 ust. 1, § 6 ust. 1 i § 13 ust. 1 pkt. 2 lit. 2 rozporządzenia Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia 20 lutego 1975 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. Nr 8, poz. 43) stwierdza się, że: Obywatel(k) P I O T R S Z M U L I K

(imię i nazwisko)

magister inżynier budownictwa

(tytuł naukowy - zawodowy)

urodzony(ą) dnia 3 grudnia 1957 r. w Białymstoku

posiada przygotowanie zawodowe upoważniające do wykonywania samodzielnej funkcji

projektanta i kierownika budowy i robót

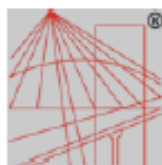
(rodzaj funkcji)

w specjalności konstrukcyjno - budowlanej

(rodzaj specjalności techniczno-budowlanej)

w zakresie

(specjalizacja zawodowa)



P O L S K A  
I Z B A  
INŻYNIERÓW  
BUDOWNICTWA

### Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

**MAZ-EDM-UX8-S2W \***

Pan PIOTR SZMULIK o numerze ewidencyjnym MAZ/BO/0064/09  
adres zamieszkania ul. SEMPOŁOWSKIEJ 3 M 86, 00-578 WARSZAWA  
jest członkiem Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane  
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2013-01-01 do 2013-12-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym  
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2012-11-29 roku przez:

Mieczysław Grodzki, Przewodniczący Rady Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

(Zgodnie art. 5 ust 2 ustawy z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (Dz. U. 2001 Nr 130 poz. 1450) dane w postaci elektronicznej opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu są równoważne pod względem skutków prawnych dokumentom opatrzonym podpisami własnoręcznymi.)

\* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa [www.pilb.org.pl](http://www.pilb.org.pl) lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

## **2. Opis techniczny**

### **2.1. Część ogólna**

Projektowana adaptacja i modernizacja pociąga za sobą zwiększenie obciążeń dachu spowodowane montażem szeregu urządzeń i instalacji. Celem niniejszego opracowania jest zbadanie wpływu, jaki wywiera dodatkowe obciążenie na konstrukcję budynku, oszacowanie zapasów nośności, umożliwiających przejęcie tego obciążenia przez poszczególne elementy konstrukcyjne oraz zaprojektowanie konstrukcji wsporczej pod urządzenia projektowanej instalacji.

Podstawą opracowania projektu jest Prawo Budowlane oraz normy techniczne, w tym m.in.:

- Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone PN-B-03264,
- Konstrukcje stalowe PN-90/B-03200,
- Obciążenia budowli PN-82/B-02000 , PN-82/B-02001, PN-82/B-02003, PN-82/B-02004, PN-82/B-02010, PN-82/B-02011,

a także:

- dokumentacja techniczna istniejącego obiektu, będąca w posiadaniu inwestora,
- oględziny budynku ze szczególnym uwzględnieniem elementów konstrukcyjnych II piętra i kondygnacji technicznej,
- odkrywki zbrojenia wybranych elementów konstrukcyjnych.

Na podstawie analizy dokumentacji, oględzin i pomiarów ustalony został schemat statyczny konstrukcji budynku a następnie sporządzony elektroniczny model obliczeniowy. Ustalona została nośność elementów konstrukcji istotnych ze względu na planowane roboty budowlane. Sporządzony został także projekt wykonawczy konstrukcji wsporczej pod planowane instalacje wraz z pomostem do obsługi i konserwacji urządzeń.

### **2.2. Charakterystyka techniczna obiektu**

Budynek wybudowany został w latach 60. Jest to konstrukcja żelbetowa szkieletowa w układzie trzytraktowym wolnostojąca pięciokondygnacyjna. Głównymi elementami nośnymi są trójpłaszczyznowe ramy w rozstawie 4,20 m. Stropy żelbetowe z prefabrykowanych płyt panwiowych. Fragmentami zastosowano strop Akermana. Stropodach wentylowany z płyt korytkowych pokrytych papą. Ściany osłonowe z gazobetonu ocieplonego warstwą styropianu. Schody żelbetowe wylewane, ściany klatek schodowych murowane. Posadowienie na żelbetowych ławach i stopach fundamentowych.

Ogólny stan techniczny obiektu jest dobry. Nie stwierdzono wizualnych śladów wyczerpania nośności, nadmiernych odkształceń ani śladów działania korozji.

Ze względu na nierównomierne obciążenie elementami projektowanej instalacji, postanowiono nie obciążać nimi płyt panwiowych stropodachu. Przeprowadzono analizę statyczną i wymiarowanie fragmentu konstrukcji nośnej budynku złożonego z elementów konstrukcyjnych drugiego piętra i kondygnacji technicznej. Na podstawie obliczeń można stwierdzić, że, w świetle aktualnie obowiązujących norm, rygle ram nośnych nie posiadają zapasów nośności umożliwiających zwiększenie obciążenia z dachu. Na podstawie reakcji z poszczególnych kondygnacji oszacowano charakterystyczne obciążenia osiowe przenoszone przez główne słupy nośne konstrukcji budynku:

$$3 \times 241 + 456 = 1179 \text{ kN}$$

Maksymalne dodatkowe charakterystyczne obciążenie osiowe słupa ma wartość 10,26 kN. Stanowi to około 0,9% obciążenia pionowego obciążenia, które powinny przenieść słupy. Oznacza to, że projektowana modernizacja nie wywiera znaczącego wpływu na wartości obciążeń w słupach.

### **2.3. Planowane elementy modernizacji**

#### **Ruszt stalowy**

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że dodatkowe obciążenia związane z projektowaną modernizacją powinny być przekazane bezpośrednio na słupy nośne. Nie wolno nimi dociągać płyt stropowych ani rygli ram nośnych. Takie właśnie założenia przyjęto do projektowania konstrukcji wsporczej dla nowych instalacji. Ma ona formę stalowego rusztu opartego na słupach kondygnacji technicznej i na attyce. Ruszt należy wykonać z kształtowników walcowanych IPE200 i IPE160 łączonych za pomocą spawania. Pręty rusztu należy mocować za pośrednictwem blach podporowych przy zastosowaniu kotew chemicznych do betonu, z jednej strony do słupów, z drugiej do wieńców żelbetowych lub poduszek betonowych na górnej powierzchni ścian attykowych. Do wykonania elementów konstrukcji należy użyć stali ST3S.

#### **Pomost komunikacyjny**

Elementy pomostu i stopnie schodów należy wykonać z elementów kratowych obramowanych z płaskownika 30x2 (pomosty) oraz 30x3 (schody) o oczkach 34,3x38,1.

#### **Balustrada**

Słupki balustrady należy wykonać z kształtowników walcowanych U50, pochwyt z teowników 40x40x5, a pośrednie pręty zabezpieczające z prętów płaskich o przekroju 40x4. Łączyć za pomocą spawania.

#### **Rama wsporcza pod elementy instalacyjne**

Ramę wsporczą pod elementami instalacyjnymi należy wykonać z dwóch dwuteowników walcowanych I120PE. Łączyć z rusztem za pomocą spawania (spoina pachwinowa 4 mm).

#### **Zabezpieczenie antykorozyjne**

Zabezpieczenie antykorozyjne elementów konstrukcji stalowej przy użyciu zestawów powłok malarskich (podkład i powłoka nawierzchniowa). Roboty antykorozyjne powinny być prowadzone zgodnie z aprobatą techniczną użytego materiału malarskiego oraz zgodnie z normą PN-EN ISO 12944-7:2001. Należy spełnić wymagania dotyczące temperatury otoczenia i wilgotności powietrza oraz stanu powierzchni zabezpieczanych elementów.

### **2.4. Uwagi dotyczące realizacji inwestycji**

Przejścia przewodów instalacyjnych przez płyty korytkowe i płyty panwiowe stropodachu należy wykonać tak, aby nie uszkodzić żeber nośnych prefabrykatów. W miejscach, gdzie wykonanie przebicia oznaczałoby zniszczenie żeber, należy zdemontować płyty korytkowe i wykonać wylewki żelbetowe. Przed przystąpieniem do wykonania przebić, należy sprawdzić, czy instalacje przebiegające w stropodachu, szczególnie instalacja elektryczna, zostały odłączone od zasilania.

Należy zwrócić uwagę na dokładne uszczelnienie wszelkich przebić przez połąć dachową i otworów montażowych przy użyciu uszczelek systemowych i podkładek elastomerowych oraz o przywróceniu do pierwotnego stanu, a w razie potrzeby uzupełnieniu obróbek blacharskich i instalacji odgromowej.

Wszystkie prace należy wykonać pod bezpośrednim nadzorem osoby posiadającej odpowiednie uprawnienia budowlane z zachowaniem wymagań warunków technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych – montażowych, według normy PN-B-06200: „Konstrukcje stalowe budowlane – Warunki wykonania i odbioru – Wymagania podstawowe”. Podczas wykonywania robót spawalniczych należy przestrzegać postanowień Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 19 kwietnia 2000 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach spawalniczych.

### 3. Obliczenia statyczne

#### 3.1. Strop nad 2. piętrem

##### 3.1.1 Obciążenie śniegiem II strefa śniegowa

			obc.char.	$\gamma_f$	obc.obl.
0,90*0,8			0,72	1,50	1,08 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie ciągłe	a = 4,20 m		<b>3,02</b>	1,50	4,54 kN/m

##### 3.1.2 Obciążenie wiatrem

Obliczenia przeprowadzono wg zmiany Az1:2009 do normy PN-B-02011:1977

$q_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$

Teren A:  $h = 13,04 \text{ m}$   $C_e = 0,85$

$\Delta = 0,190$   $T = 0,247 \text{ s}$

Budowla niepodatna na działanie porywów wiatru:  $\beta = 1,80$

$\gamma_f = 1,5$

Powierzchnia nawietrzna:  $C = 0,7$

$q_k = 0,3 \text{ [kN/m}^2] * 1,00 * (0,70 - 0,00) * 1,8 = 0,38$   $1,50$   $0,57 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie ciągłe  $a = 4,20 \text{ m}$  **1,59**  $1,50$   $2,38 \text{ kN/m}$

Powierzchnia zawietrzna:  $C = 0,4$

$q_k = 0,3 \text{ [kN/m}^2] * 1,00 * (-0,40 - 0,00) * 1,8 = -0,22$   $1,50$   $-0,32 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie ciągłe  $a = 4,20 \text{ m}$  **-0,91**  $1,50$   $-1,36 \text{ kN/m}$

##### 3.1.3 Stropodach

			obc.char.	$\gamma_f$	obc.obl.
1. 2xpapa na lepiku			0,15	1,30	0,20 kN/m <sup>2</sup>
2. gładź cementowa	2 cm		0,42	1,30	0,55 kN/m <sup>2</sup>
3. płyty korytkowe			1,00	1,30	1,30 kN/m <sup>2</sup>
4. ścianki ażurowe	2/3*0,12*0,8/2,1*18,0		0,55	1,30	0,71 kN/m <sup>2</sup>
5. gładź cementowa	3 cm		0,63	1,30	0,82 kN/m <sup>2</sup>
6. płyta wiórowo - cementowa	10 cm		0,45	1,30	0,59 kN/m <sup>2</sup>
7. 2xpapa na lepiku			0,15	1,30	0,20 kN/m <sup>2</sup>
8. płyta żelbetowa	5 cm		1,25	1,30	1,63 kN/m <sup>2</sup>
9. panwie stropowe			1,60	1,30	2,08 kN/m <sup>2</sup>
10. tynk cem.-wap.	1,5 cm		0,29	1,30	0,37 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie stałe		g=	6,48	1,30	8,43 kN/m <sup>2</sup>
11. obc. użytkowe		p=	0,50	1,40	0,70 kN/m <sup>2</sup>
Obc. całkowite		q=	6,98	1,31	9,13 kN/m <sup>2</sup>

Obciążenie ciągłe  $a = 4,20 \text{ m}$

$g = 27,23$   $1,30$   $35,40 \text{ kN/m}$

$p = 2,10$   $1,40$   $2,94 \text{ kN/m}$

### 3.1.4 Strop nad korytarzem

			obc.char.	$\gamma_f$	obc.obl.
1. gładź cementowa	3	cm	0,63	1,30	0,82 kN/m <sup>2</sup>
2. płyta żelbetowa	5	cm	1,25	1,30	1,63 kN/m <sup>2</sup>
3. styropian	2	cm	0,01	1,30	0,01 kN/m <sup>2</sup>
4. panwie stropowe			1,60	1,30	2,08 kN/m <sup>2</sup>
5. tynk cem.-wap.	1,5	cm	0,29	1,30	0,37 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie stałe		g=	3,77	1,30	4,91 kN/m <sup>2</sup>
6. obc. użytkowe		p=	2,00	1,40	2,80 kN/m <sup>2</sup>
Obc. całkowite		q=	5,77	1,33	7,71 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie ciągłe	a	=	4,20	m	
g=			<b>15,85</b>	1,30	20,61 kN/m
p=			<b>8,40</b>	1,40	11,76 kN/m

### 3.1.5 Dach nad kondygnacją techniczną

			obc.char.	$\gamma_f$	obc.obl.
1. 2xpapa na lepiku			0,15	1,30	0,20 kN/m <sup>2</sup>
2. płyta żelbetowa	5	cm	1,25	1,30	1,63 kN/m <sup>2</sup>
3. panwie stropowe			1,60	1,30	2,08 kN/m <sup>2</sup>
4. tynk cem.-wap.	1,5	cm	0,29	1,30	0,37 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie stałe		g=	3,29	1,30	4,27 kN/m <sup>2</sup>
5. obc. użytkowe		p=	0,50	1,40	0,70 kN/m <sup>2</sup>
Obc. całkowite		q=	3,79	1,31	4,97 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie ciągłe	a	=	4,20	m	
g=			<b>13,80</b>	1,30	17,94 kN/m
p=			<b>2,10</b>	1,40	2,94 kN/m

### 3.1.6 Strop pod laboratorium

			obc.char.	$\gamma_f$	obc.obl.
1. posadzka PCV			0,07	1,30	0,09 kN/m <sup>2</sup>
2. gładź cementowa	2,5	cm	0,53	1,30	0,68 kN/m <sup>2</sup>
3. płyta żelbetowa	5	cm	1,25	1,30	1,63 kN/m <sup>2</sup>
3. styropian	2	cm	0,01	1,30	0,01 kN/m <sup>2</sup>
4. panwie stropowe			1,60	1,30	2,08 kN/m <sup>2</sup>
5. tynk cem.-wap.	1,5	cm	0,29	1,30	0,37 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie stałe		g=	3,74	1,30	4,86 kN/m <sup>2</sup>
6. obc. użytkowe		p=	5,00	1,30	6,50 kN/m <sup>2</sup>
Obc. całkowite		q=	8,74	1,30	11,36 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie ciągłe	a	=	4,20	m	
g=			<b>15,70</b>	1,30	20,41 kN/m
p=			<b>21,00</b>	1,30	27,30 kN/m

### 3.1.7 Pomost

Przyjęto kratę obramowaną, ocynkowaną z płaskownika 30x2, oczka 34,3x38,1.

Sprawdzenie wymiarów oczek kraty:

$$34,3 \quad \times \quad 38,1 \quad = \quad 1307 \quad < \quad 1700 \quad \text{mm}^2$$



34,3 < 36 mm  
 Dopuszczalne obciążenie ciągłe  
 Odpowiadająca mu strzałka ugięcia  
 Dopuszczalne obciążenie skupione  
 Odpowiadająca mu strzałka ugięcia

14,31 kN/m<sup>2</sup>  
 0,50 cm  
 2,08 kN/m<sup>2</sup>  
 0,44 cm

			obc.char.	$\gamma_f$	obc.obl.
1. krata zgrzewana			0,21	1,30	0,27 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie stałe	g=		0,21	1,30	0,27 kN/m <sup>2</sup>
2. obc. użytkowe	p=		2,00	1,40	2,80 kN/m <sup>2</sup>
Obc. całkowite	q=		2,21	1,39	3,07 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie ciągłe	0,5L =	0,50 m			
g=			<b>0,11</b>	1,30	0,14 kN/m
p=			<b>1,00</b>	1,40	1,40 kN/m

### 3.1.8 schody

Kąt nachylenia schodów

tg $\alpha$ = 20 : 25 = **0,800**  
 $\alpha$ = 39 °

#### 3.1.8.1 Bieg

			obc.char.	$\gamma_f$	obc.obl.
1. krata zgrzewana			0,21	1,30	0,27 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie stałe	g=		0,21	1,30	0,27 kN/m <sup>2</sup>
2. obc. użytkowe	p=		2,00	1,40	2,80 kN/m <sup>2</sup>
Obc. całkowite	q=		2,21	1,39	3,07 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie ciągłe	0,5L =	0,50 m			
g=			<b>0,11</b>	1,30	0,14 kN/m
p=			<b>1,00</b>	1,40	1,40 kN/m

#### 3.1.8.2 Balustrada

			obc.char.	$\gamma_f$	obc.obl.
1. balustrada			0,21	1,30	0,28 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie ciągłe	g=		<b>0,21</b>	1,30	0,28 kN/m <sup>2</sup>

### 3.1.9 Obciążenia technologiczne

	obc.char.	$\gamma_f$	obc.obl.
1. poz. NW1 6,8/5,10/2	0,67	1,30	0,87 kN/m
2. poz. NW2 12,0/5,65/2	1,06	1,30	1,38 kN/m
3. poz. NW3.1 7,1/5,10/2	0,70	1,30	0,90 kN/m
4. poz. NW3.2 3,9/1,31/2	1,49	1,30	1,94 kN/m
5. poz. NW4 1,65/1,40/2	0,59	1,30	0,77 kN/m

## 3.2. Rama nośna

Na podstawie pomiarów z natury i odkrywek zbrojenia ustalono następujące cechy rygli:

przekrój betonu: 30x40 cm

zbrojenie - pręśło l=6,40 m 2#22 i 3#20

zbrojenie - pręśło l=4,40 m 4#16

gatunek stali: A-IV

gatunek stali: A-III (34GS)

## 3.3. Ściany

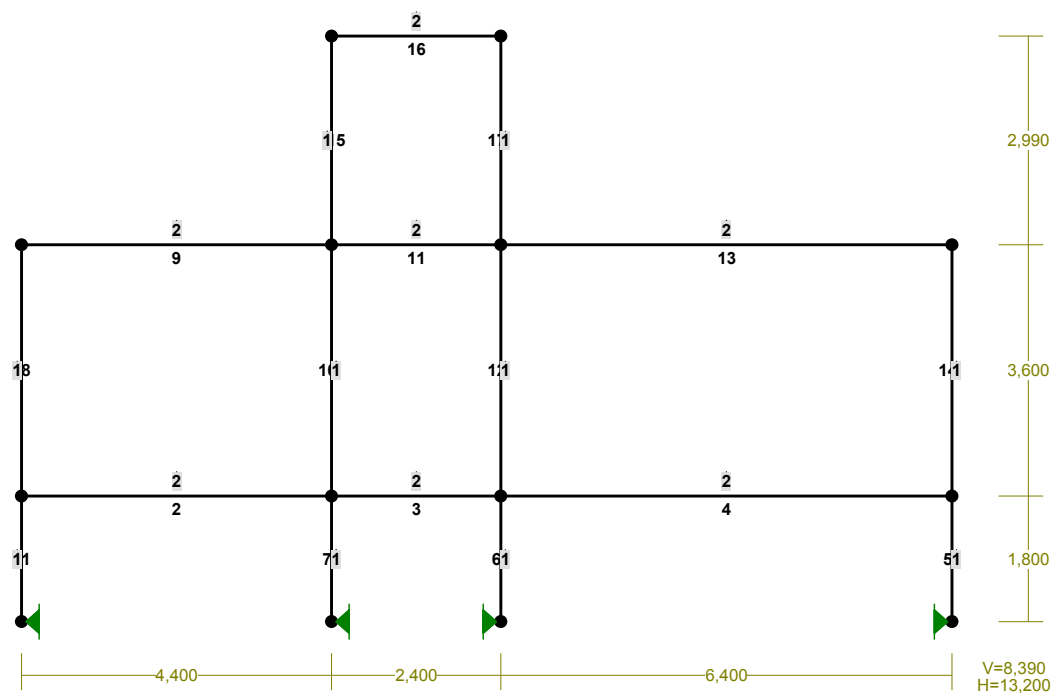
<b>3.3.1 Ściana kondygnacji technicznej</b>				obc.char.	$\gamma_f$	obc.obl.
1. tynk cienkowarstwowy	1	cm		0,21	1,30	0,27 kN/m <sup>2</sup>
2. styropian	12	cm		0,05	1,30	0,07 kN/m <sup>2</sup>
3. tynk cem.-wap.	2	cm		0,38	1,30	0,49 kN/m <sup>2</sup>
4. ściana z gazobetonu	12	cm		1,44	1,30	1,87 kN/m <sup>2</sup>
5. tynk cem.-wap.	1	cm		0,19	1,30	0,25 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie stałe		g=		2,27	1,30	2,96 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie skupione	axh	=	9,32 m <sup>2</sup>	<b>21,20</b>	1,30	27,56 kN

<b>3.3.2 Ściana zewnętrzna</b>				obc.char.	$\gamma_f$	obc.obl.
1. tynk cienkowarstwowy	1	cm		0,21	1,30	0,27 kN/m <sup>2</sup>
2. styropian	15	cm		0,07	1,30	0,09 kN/m <sup>2</sup>
3. tynk cem.-wap.	2	cm		0,38	1,30	0,49 kN/m <sup>2</sup>
4. ściana z gazobetonu	38	cm		4,56	1,30	5,93 kN/m <sup>2</sup>
5. tynk cem.-wap.	1	cm		0,19	1,30	0,25 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie stałe		g=		5,41	1,30	7,03 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie skupione	axh	=	5,46 m <sup>2</sup>	29,52	1,30	38,38 kN
Wieniec żelbetowy	0,38*0,30*4,20*25,0			11,97	1,30	15,56 kN
Razem:				<b>41,49</b>	1,30	53,94

<b>3.3.3 Attyka</b>				obc.char.	$\gamma_f$	obc.obl.
1. tynk cem.-wap.	1,5	cm		0,29	1,30	0,37 kN/m <sup>2</sup>
2. styropian	15	cm		0,07	1,30	0,09 kN/m <sup>2</sup>
3. ściana z gazobetonu	25	cm		3,00	1,30	3,90 kN/m <sup>2</sup>
4. tynk cem.-wap.	1,5	cm		0,29	1,30	0,37 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie stałe		g=		3,64	1,30	4,73 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie skupione	axh	=	4,62 m <sup>2</sup>	<b>16,81</b>	1,30	<b>21,85</b> kN

<b>3.3.4 Ściany działowe</b>				obc.char.	$\gamma_f$	obc.obl.
1. tynk cem.-wap.	1,5	cm		0,29	1,30	0,37 kN/m <sup>2</sup>
2. ściana z cegły dziurawki	12	cm		1,68	1,30	2,18 kN/m <sup>2</sup>
3. tynk cem.-wap.	1,5	cm		0,29	1,30	0,37 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie stałe		g=		2,25	1,30	2,93 kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie zastępcze:	h= 360 cm					
		g'=		<b>1,70</b>	1,30	<b>2,21</b> kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie ciągłe belki stropowej:		g"=		<b>7,13</b>	1,30	<b>9,27</b> kN/m <sup>2</sup>

# 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	1,800	1,800	1,000	1 B 30,0x30,0
2	00	2	3	4,400	0,000	4,400	1,000	2 B 40,0x30,0
3	00	3	4	2,400	0,000	2,400	1,000	2 B 40,0x30,0
4	00	4	5	6,400	0,000	6,400	1,000	2 B 40,0x30,0
5	00	5	6	0,000	-1,800	1,800	1,000	1 B 30,0x30,0
6	00	4	7	0,000	-1,800	1,800	1,000	1 B 30,0x30,0
7	00	3	8	0,000	-1,800	1,800	1,000	1 B 30,0x30,0
8	00	2	9	0,000	3,600	3,600	1,000	1 B 30,0x30,0
9	00	9	10	4,400	0,000	4,400	1,000	2 B 40,0x30,0
10	00	10	3	0,000	-3,600	3,600	1,000	1 B 30,0x30,0
11	00	10	11	2,400	0,000	2,400	1,000	2 B 40,0x30,0
12	00	11	4	0,000	-3,600	3,600	1,000	1 B 30,0x30,0
13	00	11	12	6,400	0,000	6,400	1,000	2 B 40,0x30,0
14	00	12	5	0,000	-3,600	3,600	1,000	1 B 30,0x30,0
15	00	10	13	0,000	2,990	2,990	1,000	1 B 30,0x30,0
16	00	13	14	2,400	0,000	2,400	1,000	2 B 40,0x30,0
17	00	14	11	0,000	-2,990	2,990	1,000	1 B 30,0x30,0

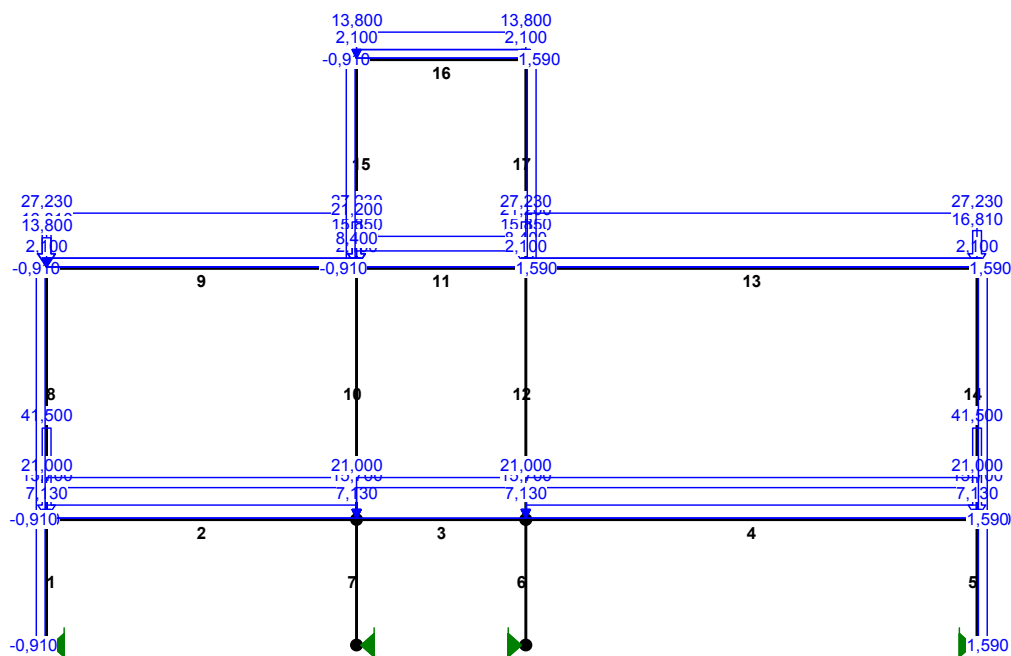
## WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm <sup>2</sup> ]	I <sub>x</sub> [cm <sup>4</sup> ]	I <sub>y</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>g</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>d</sub> [cm <sup>3</sup> ]	h[cm]	Materiał:
1	900,0	67500	67500	4500	4500	30,0	18 B20
2	1200,0	160000	90000	8000	8000	40,0	18 B20

#### STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [N/mm <sup>2</sup> ]	Napręż.gr.: [N/mm <sup>2</sup> ]	AlfaT: [1/K]
18 B20	29	10,600	1,00E-05

#### OBCIĄŻENIA:



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

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	G	"		Stałe	γ <sub>f</sub> =	1,30
2	Liniowe	0,0	15,700	15,700	0,00	4,40
2	Skupione	0,0	41,500		0,00	
2	Liniowe	0,0	7,130	7,130	0,00	4,40
3	Liniowe	0,0	15,700	15,700	0,00	2,40
4	Liniowe	0,0	15,700	15,700	0,00	6,40
4	Skupione	0,0	41,500		6,40	
4	Liniowe	0,0	7,130	7,130	0,00	6,40
9	Liniowe	0,0	27,230	27,230	0,00	4,40

9	Skupione	0,0	16,810		0,00	
11	Liniowe	0,0	15,850	15,850	0,00	2,40
11	Skupione	0,0	21,200		0,00	
11	Skupione	0,0	21,200		2,40	
13	Liniowe	0,0	27,230	27,230	0,00	6,40
13	Skupione	0,0	16,810		6,40	
16	Liniowe	0,0	13,800	13,800	0,00	2,40
Grupa: P ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,40$	
9	Liniowe	0,0	2,100	2,100	0,00	4,40
11	Liniowe	0,0	8,400	8,400	0,00	2,40
13	Liniowe	0,0	2,100	2,100	0,00	6,40
16	Liniowe	0,0	2,100	2,100	0,00	2,40
Grupa: R ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,30$	
2	Liniowe	0,0	21,000	21,000	0,00	4,40
3	Liniowe	0,0	21,000	21,000	0,00	2,40
4	Liniowe	0,0	21,000	21,000	0,00	6,40
Grupa: S ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
9	Liniowe	0,0	3,020	3,020	0,00	4,40
13	Liniowe	0,0	3,020	3,020	0,00	6,40
16	Liniowe	0,0	3,020	3,020	0,00	2,40
Grupa: T ""				Stałe	$\gamma_f = 1,00$	
9	Skupione	0,0	13,800		0,00	
9	Skupione	0,0	12,700		4,40	
Grupa: W ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	90,0	-0,910	-0,910	0,00	1,80
5	Liniowe	-90,0	1,590	1,590	0,00	1,80
8	Liniowe	90,0	-0,910	-0,910	0,00	3,60
14	Liniowe	-90,0	1,590	1,590	0,00	3,60
15	Liniowe	90,0	-0,910	-0,910	0,00	2,99
17	Liniowe	-90,0	1,590	1,590	0,00	2,99

=====

**W Y N I K I**  
**Teoria I-go rzędu**  
**Kombinatoryka obciążeń**

=====

**OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:**

Grupa:	Znaczenie:	$\psi_d$ :	$\gamma_f$ :
Ciężar wł.			1,10
G - ""	Stałe		1,30
P - ""	Zmienne	1	1,00
R - ""	Zmienne	1	1,00
S - ""	Zmienne	1	1,00
T - ""	Stałe		1,00
W - ""	Zmienne	1	1,00

**RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:**

-----  
Grupa obc.:

Relacje:

-----  
Ciężar wł.

ZAWSZE

G - " "

EWENTUALNIE

P - " "

EWENTUALNIE

R - " "

EWENTUALNIE

S - " "

EWENTUALNIE

T - " "

EWENTUALNIE

W - " "

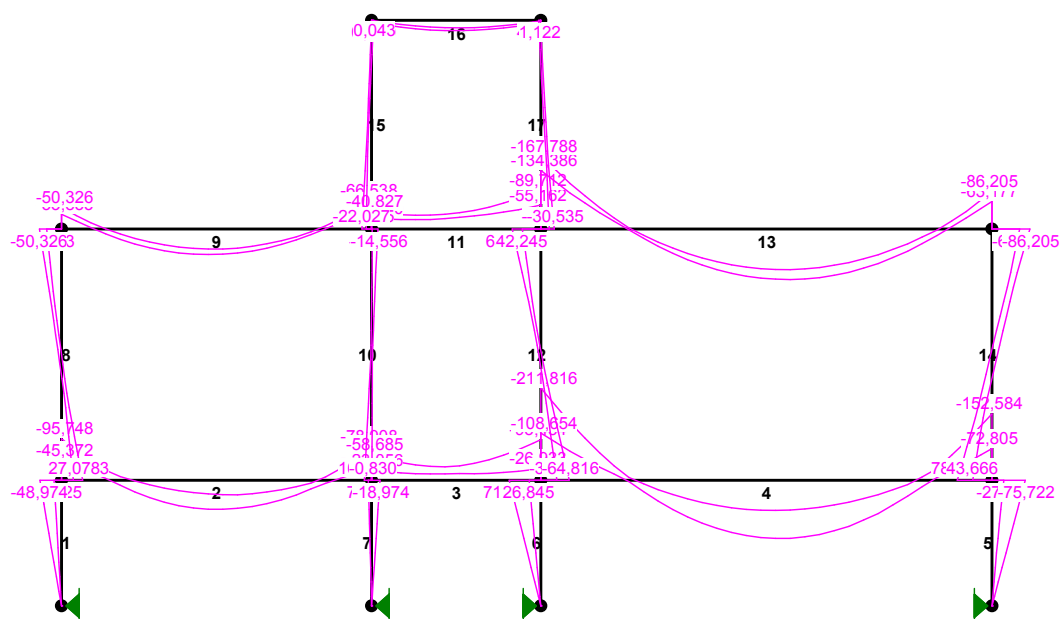
EWENTUALNIE  
-----

**KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:**

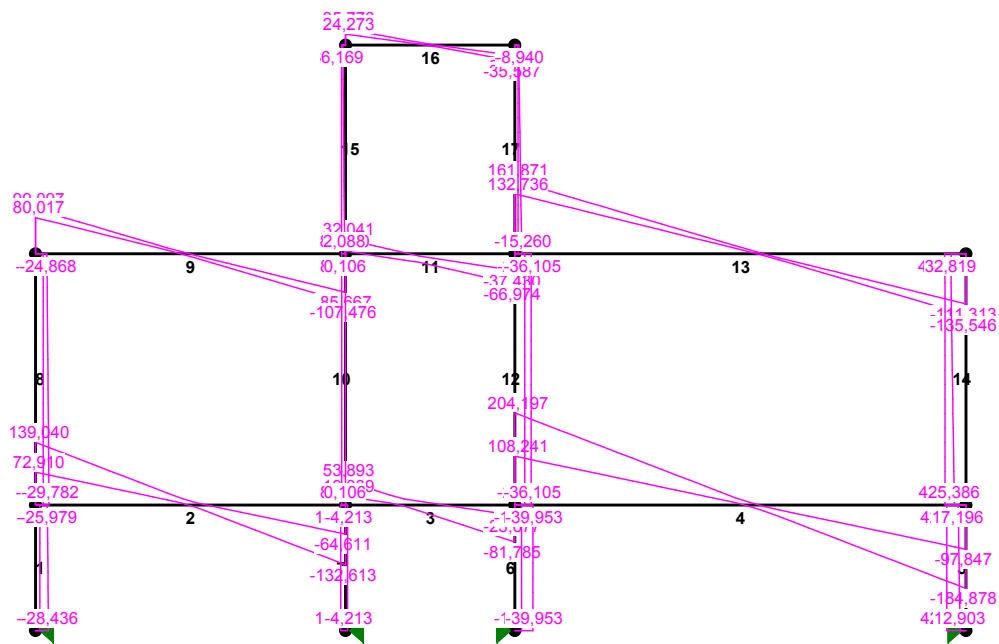
-----  
Nr:      Specyfikacja:

-----  
1      ZAWSZE      : G  
         EWENTUALNIE: P+R+S+W  
-----

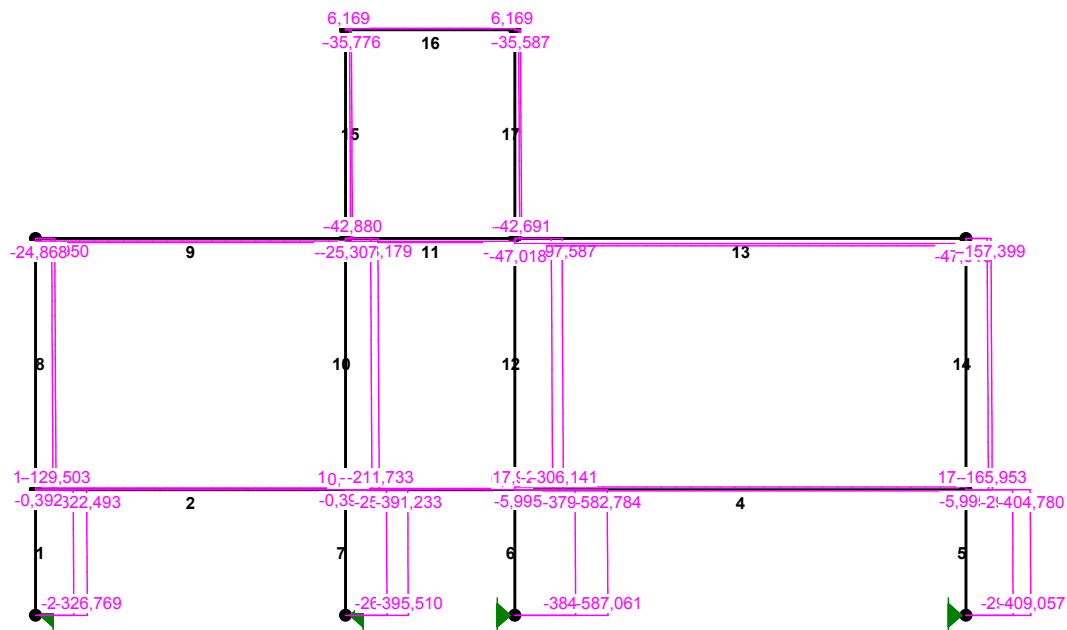
MOMENTY-OBWIEDNIE:



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	0,000	-0,000*	-27,731	-326,769	GPRSW
	1,800	-48,974*	-25,979	-307,079	GRW
	0,000	0,000	-28,436*	-311,356	GRW
	1,800	-18,294	-10,163	-237,284*	G
	0,000	-0,000	-27,731	-326,769*	GPRSW
2	2,200	67,303*	-0,289	-0,392	GR
	0,000	-95,748*	139,040	4,508	GPRSW
	0,000	-95,748	139,040*	4,508	GPRSW
	0,000	-63,504	79,916	11,656*	GPSW
	2,475	33,684	-1,380	11,656*	GPSW
	4,400	-78,889	-132,613	-0,392*	GR
	2,200	67,303	-0,289	-0,392*	GR
3	0,900	-14,586*	-0,890	8,626	GPS
	2,400	-93,484*	-81,785	2,014	GR
	2,400	-93,484	-81,785*	2,014	GR
	2,400	-42,446	-36,257	8,626*	GPS
	0,900	-14,586	-0,890	8,626*	GPS
	2,400	-77,971	-69,206	0,255*	GRW
	1,050	-30,906	-0,520	0,255*	GRW
4	3,200	133,660*	11,726	-5,995	GRW
	0,000	-211,816*	204,197	-5,995	GRW
	0,000	-211,816	204,197*	-5,995	GRW
	0,000	-108,654	108,241	17,983*	GPS
	3,200	69,540	3,130	17,983*	GPS
	0,000	-211,816	204,197	-5,995*	GRW
	3,200	133,660	11,726	-5,995*	GRW
5	1,800	0,000*	40,929	-409,057	GPRS
	0,000	-75,722*	42,068	-382,970	GR
	1,800	-0,000	42,068*	-387,247	GR
	0,000	-75,722	42,068*	-382,970	GR
	0,000	-29,139	18,335	-293,516*	GW
	1,800	0,000	40,929	-409,057*	GPRS
6	0,000	71,915*	-39,953	-511,904	GRW
	1,800	0,000*	-30,217	-587,061	GPRS
	0,000	71,915	-39,953*	-511,904	GRW
	1,800	-0,000	-39,953*	-516,181	GRW
	0,000	44,370	-24,650	-379,759*	GW
	1,800	0,000	-30,217	-587,061*	GPRS
7	0,000	7,583*	-4,213	-307,425	GPSW
	0,000	-18,974*	10,541	-340,590	GR
	1,800	-0,000	10,541*	-344,867	GR
	0,000	-18,974	10,541*	-340,590	GR
	0,000	-9,844	5,469	-256,782*	G
	1,800	0,000	0,859	-395,510*	GPRSW
8	0,000	48,043*	-29,782	-129,503	GPRSW
	3,600	-50,326*	-24,868	-120,950	GPRSW
	0,000	48,043	-29,782*	-129,503	GPRSW
	3,600	-33,833	-16,919	-101,870*	G
	0,000	48,043	-29,782	-129,503*	GPRSW



9	2,200	<b>58,500*</b>	-6,195	-19,151	GPS
	4,400	<b>-66,538*</b>	-107,476	-19,151	GPS
	4,400	-66,538	<b>-107,476*</b>	-19,151	GPS
	4,400	-55,084	-89,677	<b>-16,919*</b>	G
	2,200	48,874	-4,830	<b>-16,919*</b>	G
	4,400	-59,940	-103,466	<b>-24,868*</b>	GPRSW
	2,200	56,276	-2,185	<b>-24,868*</b>	GPRSW
10	3,600	<b>16,420*</b>	8,605	-180,740	GRS
	0,000	<b>-14,556*</b>	8,605	-172,187	GRS
	3,600	16,420	<b>8,605*</b>	-180,740	GRS
	0,000	-14,556	<b>8,605*</b>	-172,187	GRS
	0,000	-11,860	5,968	<b>-157,273*</b>	G
	3,600	5,966	2,742	<b>-211,733*</b>	GPRSW
11	0,600	<b>-21,560*</b>	2,548	-21,255	GPR
	2,400	<b>-89,712*</b>	-66,974	-21,774	GPS
	2,400	-89,712	<b>-66,974*</b>	-21,774	GPS
	2,400	-71,967	-48,397	<b>-18,798*</b>	G
	0,300	-22,752	1,526	<b>-18,798*</b>	G
	2,400	-72,907	-56,006	<b>-25,307*</b>	GPRSW
	0,750	-28,866	2,623	<b>-25,307*</b>	GPRSW
12	0,000	<b>65,163*</b>	-36,105	-284,081	GPRSW
	3,600	<b>-64,816*</b>	-36,105	-292,635	GPRSW
	0,000	65,163	<b>-36,105*</b>	-284,081	GPRSW
	3,600	-64,816	<b>-36,105*</b>	-292,635	GPRSW
	0,000	59,398	-33,702	<b>-229,948*</b>	GRW
	3,600	-39,363	-24,270	<b>-306,141*</b>	GPS
13	3,600	<b>116,627*</b>	-3,863	-38,257	GPSW
	0,000	<b>-167,788*</b>	161,871	-38,257	GPSW
	0,000	-167,788	<b>161,871*</b>	-38,257	GPSW
	0,000	-135,692	134,007	<b>-32,819*</b>	G
	3,600	96,820	-4,834	<b>-32,819*</b>	G
	0,000	-166,482	160,599	<b>-47,018*</b>	GPRSW
	3,600	113,355	-5,134	<b>-47,018*</b>	GPRSW
14	3,600	<b>78,911*</b>	45,866	-165,953	GPRS
	0,000	<b>-86,205*</b>	45,866	-157,399	GPRS
	0,000	-81,485	<b>47,018*</b>	-155,891	GPRSW
	0,000	-63,177	33,972	<b>-133,166*</b>	GW
	3,600	78,911	45,866	<b>-165,953*</b>	GPRS
15	2,990	<b>4,879*</b>	8,839	-29,562	GS
	0,000	<b>-22,027*</b>	8,940	-40,104	GPS
	2,990	4,704	<b>8,940*</b>	-33,000	GPS
	0,000	-22,027	<b>8,940*</b>	-40,104	GPS
	2,990	4,517	7,846	<b>-24,273*</b>	G
	0,000	-15,207	3,181	<b>-42,880*</b>	GPRSW
16	1,200	<b>23,728*</b>	-1,294	8,940	GPS
	0,000	<b>0,043*</b>	30,487	6,269	GPRW
	0,000	0,405	<b>35,776*</b>	7,262	GPRSW
	2,400	1,599	-35,587	<b>8,940*</b>	GPS
	1,200	23,728	-1,294	<b>8,940*</b>	GPS
	0,000	0,218	27,049	<b>6,169*</b>	GRW
	1,350	17,500	-1,446	<b>6,169*</b>	GRW
17	0,000	<b>4,822*</b>	-8,028	-29,342	GSW
	2,990	<b>-30,535*</b>	-15,260	-40,064	GPSW
	2,990	-30,535	<b>-15,260*</b>	-40,064	GPSW

0,000	4,345	-6,169	<b>-23,610*</b>	GRW
2,990	-25,131	-8,940	<b>-42,691*</b>	GPS

#### DEFORMACJE – WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

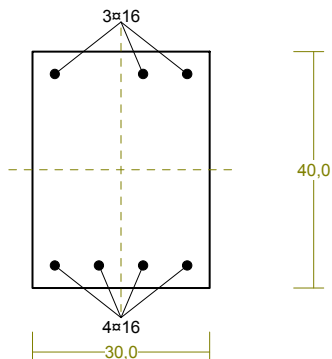
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt: L/f: Kombinacja obciążeń:

1	3403,7	GRW
2	1959,9	GR
3	4007,0	GR
4	704,4	GRW
5	2241,0	GR
6	2359,6	GRW
7	8943,6	GR
8	4394,2	GPSW
9	2112,7	GPS
10	14555,3	GR
11	3882,0	GPS
12	4330,2	GPSW
13	769,9	GPSW
14	2418,0	GPS
15	5589,5	GPSW
16	7619,7	GPS
17	4317,6	GPS

#### Cechy przekroju:

zadanie rama ITE, pręt nr 9, przekrój: xa=2,20 m, xb=2,20 m



Wymiary przekroju [cm]:

h=40,0, b=30,0,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B20**

f<sub>ck</sub>= 16,0 MPa, f<sub>cd</sub>=α·f<sub>ck</sub>/γ<sub>c</sub>=1,00×16,0/1,50=10,7 MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

A<sub>c</sub>=1200 cm<sup>2</sup>, J<sub>cx</sub>=160000 cm<sup>4</sup>, J<sub>cy</sub>=90000 cm<sup>4</sup>

**STAL: A-III (34GS)**

f<sub>yk</sub>=410 MPa, γ<sub>s</sub>=1,15, f<sub>yd</sub>=350 MPa

ξ<sub>lim</sub>=0,0035/(0,0035+f<sub>yd</sub>/E<sub>s</sub>)=0,0035/(0,0035+350/200000)=0,66

7,

Zbrojenie główne:

As1+As2=14,07 cm<sup>2</sup>, ρ=100 (As1+As2)/A<sub>c</sub>=100×14,07/1200=1,17 %,

J<sub>sx</sub>=3694 cm<sup>4</sup>, J<sub>sy</sub>=1093 cm<sup>4</sup>,

#### Siły przekrojowe:

zadanie: rama ITE, pręt nr 9, przekrój: xa=2,20 m, xb=2,20 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **GPS**

Momenty zginające:

M<sub>x</sub> = -58,917 kNm,

M<sub>y</sub> = 0,000 kNm,

Siły poprzeczne:

V<sub>y</sub> = 0,135 kN,

V<sub>x</sub> = 0,000 kN,

Siła osiowa:

N = -19,151 kN = NS<sub>d</sub>,

Uwzględnienie smukłości pręta:

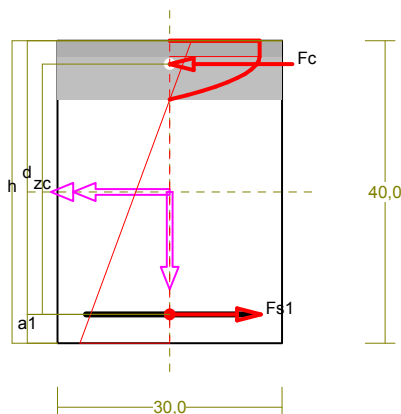
- w płaszczyźnie ustroju:

e<sub>ey</sub> = M<sub>x</sub>/N = (-58,917)/(-19,151)=3,076 m,

MS<sub>dx</sub> = η<sub>x</sub> (e<sub>ay</sub> + e<sub>ey</sub>) N = 1,003×(0,020 + 3,076)×(-19,151) = -59,500 kNm,.

#### Zbrojenie wymagane:

(zadanie rama ITE, pręt nr 9, przekrój: xa=2,09 m, xb=2,31 m)



Wielkości obliczeniowe:

$NSd = -19,151 \text{ kN}$ ,  
 $MSd = \sqrt{(MSdx^2 + MSdy^2)} = \sqrt{(-59,483^2 + 0,000^2)} = 59,483 \text{ kNm}$   
 $f_{cd} = 10,7 \text{ MPa}$ ,  $f_{yd} = 350 \text{ MPa} = f_{td}$ ,  
 Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1} = 10,00 \text{ ‰}$ ):  
 $As1 = 4,85 \text{ cm}^2 \Rightarrow (3 \times 16 = 6,03 \text{ cm}^2)$ ,  
 Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$As = As1 + As2 = 4,85 \text{ cm}^2$ ,  $\rho = 100 \times As / Ac = 100 \times 4,85 / 1200 = 0,40 \text{ ‰}$

Wielkości geometryczne [cm]:

$h = 40,0$ ,  $d = 36,2$ ,  $x = 7,8$  ( $\xi = 0,215$ ),  
 $a1 = 3,8$ ,  $ac = 3,1$ ,  $zc = 33,1$ ,  $Acc = 234 \text{ cm}^2$ ,  
 $\epsilon_c = -2,74 \text{ ‰}$ ,  $\epsilon_{s1} = 10,00 \text{ ‰}$ ,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$F_c = -189,070$ ,  $F_{s1} = 169,915$ ,  
 $M_c = 31,958$ ,  $M_{s1} = 27,526$ ,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c + F_{s1} = -189,070 + (169,915) = -19,155 \text{ kN}$  ( $NSd = -19,151 \text{ kN}$ )  
 $M_c + M_{s1} = 31,958 + (27,526) = 59,484 \text{ kNm}$  ( $MSd = 59,483 \text{ kNm}$ )

**Długości wyboczeniowe pręta:**

zadanie rama ITE, pręt nr 9

**- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik  $\beta$  obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwym

ze wzoru (C.1)  $l_o = \beta l_{col}$ ,  $l_{col} = 4,400 \text{ m}$ ,

podatności węzłów:  $k_a = 0,660 \Rightarrow k_A = (1/k_a - 1) = 0,516$ ,  $e_b = 0,714 \Rightarrow k_B = (1/k_b - 1) = 0,401$ ,

$\beta = 0,5 + 0,25/(k_A + 1) + 0,25/(k_B + 1) = 0,5 + 0,25/(0,516 + 1) + 0,25/(0,401 + 1) = 0,843 \Rightarrow l_o = 0,843 \times 4,400 = 3,711 \text{ m}$

**- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik  $\beta$  obliczono jak dla pręta swobodnego:

ze wzoru (C.1)  $l_o = \beta l_{col}$ ,  $l_{col} = 4,400 \text{ m}$ ,

podatności węzłów:  $k_a = 1,000 \Rightarrow k_A = (1/k_a - 1) = 0,000$ ,  $e_b = 1,000 \Rightarrow k_B = (1/k_b - 1) = 0,000$ ,

$\beta = 1,000 \Rightarrow l_o = 1,000 \times 4,400 = 4,400 \text{ m}$

**Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:**

zadanie rama ITE, pręt nr 9

**- w płaszczyźnie ustroju:**

mimośród niezamierzony: ( $l_{col} = 4,400 \text{ m}$ ,  $h = 0,400 \text{ m}$ )  $e_a = \max \left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle = \max(0,007, 0,013,$

$0,010) = 0,013 \text{ m}$ , przyjęto:  $e_a = 0,020 \text{ m}$ ,

mimośród statyczny:  $M_{max} = M_{3Sd} = 58,912 \text{ kNm}$ ,  $NSd = -19,151 \text{ kN} \Rightarrow e_e = |M_{max}/N| = |58,912/(-19,151)| = 3,076 \text{ m}$ ,

mimośród początkowy:  $e_o = e_a + e_e = 0,020 + 3,076 = 3,096 \text{ m}$ ,

obliczenie siły krytycznej:

- długość wyboczeniowa:  $l_o = 3,711 \text{ m}$  (obliczona wg PN),

- moduł sprężystości betonu:  $E_{cm} = 29,0 \cdot 10^6 \text{ kPa}$ ,

- momenty bezwładności:  $I_c = 16,0000 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$ ,

$$I_s = 0,3694 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 \text{ (dla zbrojenia rzeczywistego)}$$

$$- e_o/h = \max\langle (ea+ee)/h, 0,05, 0,5-0,01(l_o/h+f_{cd}) \rangle = \max\langle 7,740, 0,05, 0,300 \rangle = 7,740,$$

$$- k_{lt} = 1 + 0,5 (N_{Sd,lt}/N_{Sd}) \phi(t, t_o) = 1 + 0,5 \times 1,000 \times 2,00 = 2,000,$$

$$N_{crit} = \frac{9}{l_o^2} \left[ \frac{E_{cm} I_c}{2k_{lt}} \left( \frac{0,11}{0,1 + \frac{e_o}{h}} + 0,1 \right) + E_s I_s \right] =$$

$$\frac{9}{3,711^2} \left[ \frac{2,900 \cdot 10^7 \times 1,600 \cdot 10^{-3}}{2 \times 2,000} \left( \frac{0,11}{0,1 + 7,740} + 0,1 \right) + 2,0 \cdot 10^8 \times 3,694 \cdot 10^{-5} \right] = 5692,629 \text{ kN}$$

współczynnik zwiększający mimośród początkowy:

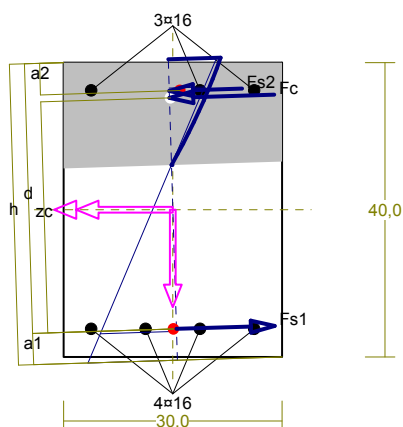
$$\eta = \frac{1}{1 - N_{Sd}/N_{crit}} = \frac{1}{1 - (19,151 / 5692,629)} = 1,003$$

#### **- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:**

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

#### **Nośność przekroju prostopadłego:**

zadanie rama ITE, pręt nr 9, przekrój:  $x_a = 2,09 \text{ m}$ ,  $x_b = 2,31 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Sd} = -19,151 \text{ kN},$$

$$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-59,483^2 + 0,000^2)} = 59,483 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 10,7 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 350 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 6,03 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 14,07 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 14,07 / 1200 = 1,17 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 40,9, \quad d = 36,6, \quad x = 14,2 \quad (\xi = 0,389),$$

$$a_1 = 4,3, \quad a_2 = 4,3, \quad a_c = 4,8, \quad z_c = 31,4, \quad A_{cc} = 418 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -0,72 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s2} = -0,52 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1} = 1,13 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -136,877, \quad F_{s1} = 178,219, \quad F_{s2} = -60,494,$$

$$M_c = 20,812, \quad M_{s1} = 28,872, \quad M_{s2} = 9,800,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 97,929 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 20,812 + (28,872) + (9,800) = 59,483 \text{ kNm}$$

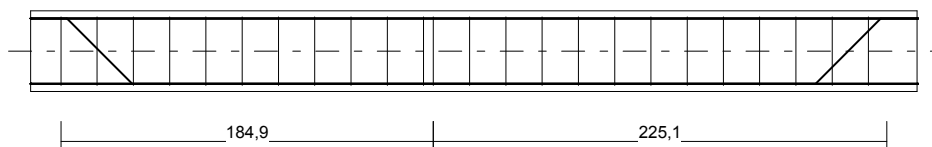
#### **Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)**

zadanie rama ITE, pręt nr 9

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi = 6 \text{ mm}$  ze stali A-0, dla której  $f_{ywd} = 190 \text{ MPa}$ .

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{16} / 410 = 0,00078$$



Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 15,0$   $x_b = 199,9$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion – wymagania dla belek:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 362 = 272 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm} \\ \text{przyjęto } s_{\max} = 272 \text{ mm.}$$

Ze względu na pręty ściskane  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0$  mm.

Maksymalny rozstawy strzemion – wymagania dla słupów:

$$s_{\max} = \min\{h; b\} = \min\{300,0; 400,0\} = 300,0 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm} \\ \text{przyjęto } s_{\max} = 300,0 \text{ mm.}$$

Ze względu na zbrojenie  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **18,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b w \sin \alpha) = 0,57 / (18,0 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00105$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00105} > \mathbf{0,00078} = \rho_w \text{ min}$$

#### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 199,9$   $x_b = 425,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion – wymagania dla belek:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 362 = 272 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm} \\ \text{przyjęto } s_{\max} = 272 \text{ mm.}$$

Ze względu na pręty ściskane  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0$  mm.

Maksymalny rozstawy strzemion – wymagania dla słupów:

$$s_{\max} = \min\{h; b\} = \min\{300,0; 400,0\} = 300,0 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm} \\ \text{przyjęto } s_{\max} = 300,0 \text{ mm.}$$

Ze względu na zbrojenie  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **18,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

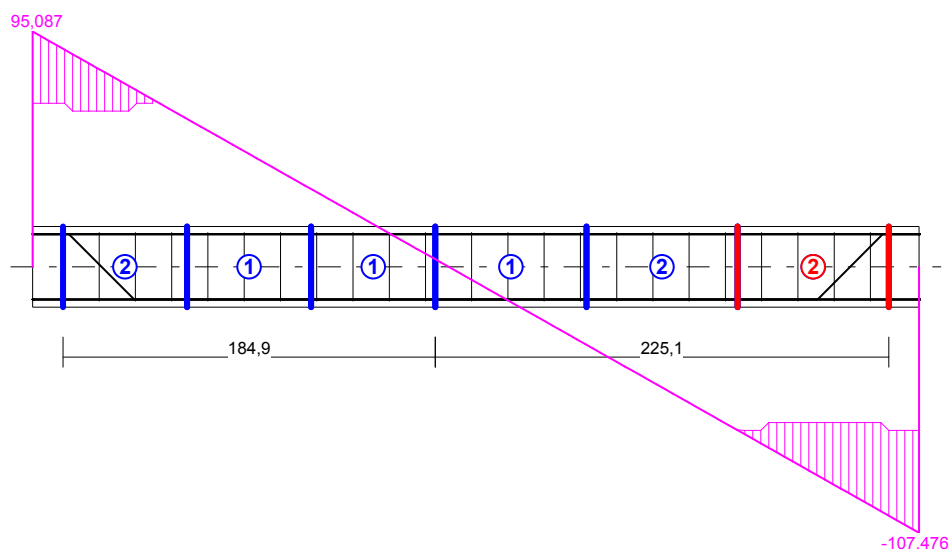
$$\rho_w = A_{sw} / (s b w \sin \alpha) = 0,57 / (18,0 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00105$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00105} > \mathbf{0,00078} = \rho_w \text{ min}$$

### Ścinanie

zadanie rama ITE, pręt nr 9.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



#### Odcinek nr 6

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 350,0$   $x_b = 425,0$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = -19,151$ ;

$V_{Sd} \max = -100,571$  kN

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{Sd} = -100,571$  kN

#### Rodzaj odcinka:

$$\rho L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{6,03}{30,0 \times 36,2} = 0,00555; \quad \rho L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho L = 0,00555$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / AC = 19,151 / 1297,06 \times 10 = 0,15 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,15$  MPa.

$$VR_{d1} = [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ = [0,35 \times 1,24 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,00555) + 0,15 \times 0,15] \times 30,0 \times 36,2 \times 10^{-1} = 62,732 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 100,571 > 62,732 = VR_{d1}$$

#### Nośność odcinka II-go rodzaju:

Przyjęto kąt  $\theta = 26,6^\circ$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$$

$$\Delta VR_d = \frac{A_{sw2} f_{ywd2}}{s_2} z \cos \alpha \times 10^{-1} = 0 \text{ kN}$$

$$\Delta VR_d \leq v f_{cd} b_w z \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} \frac{\cot \alpha}{2 \cot \theta + \cot \alpha} \times 10^{-1} = 0 \text{ kN}$$

Przyjęto  $\Delta VR_d = 0,000$  kN.

$$VR_{d2} = v f_{cd} b_w z \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} + \Delta V_{Rd} = \\ = 0,562 \times 10,7 \times 30,0 \times 29,1 \frac{2,000}{1 + 2,000^2} \times 10^{-1} + 0,000 = 209,954 \text{ kN}$$

$$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp} / f_{cd} = 1 + 0,15 / 10,7 = 1,014$$

$$VR_{d2,red} = \alpha_c VR_{d2} = 1,014 \times 209,954 = 212,851 \text{ kN}$$

Przyjęto  $VR_{d2,red} = 209,954$  kN

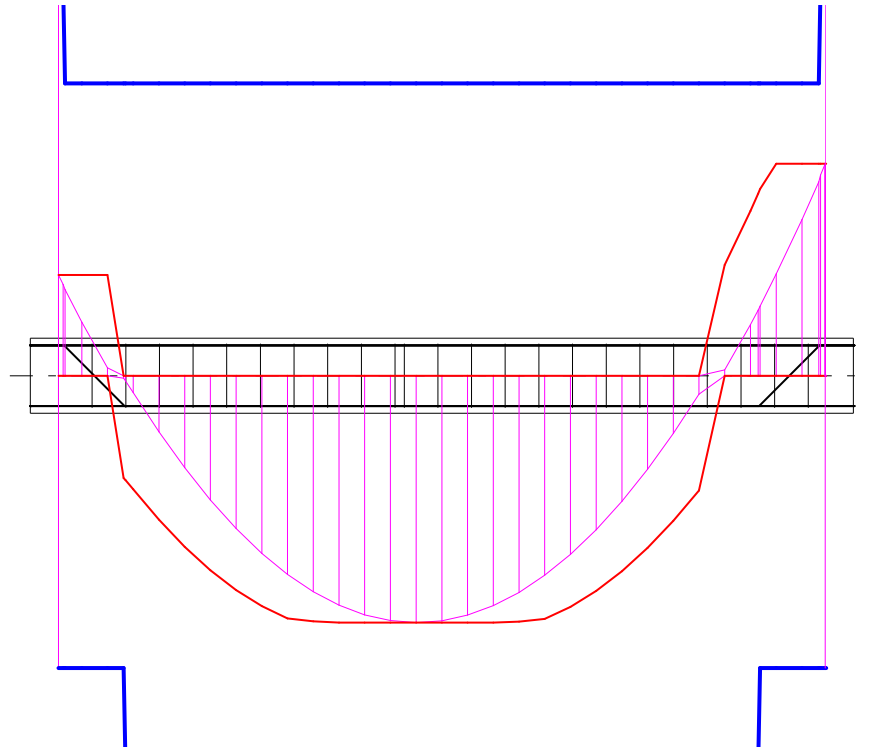
$$V_{Sd} = 100,571 < 209,954 = VR_{d2,red}$$

$$VR_{d3} = VR_{d31} + VR_{d32} = \frac{A_{sw1} f_{ywd1}}{s_1} z \cot \theta + \frac{A_{sw2} f_{ywd2}}{s_2} z (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha = \\ = \frac{0,57 \times 190}{18,0} 29,1 \times 2,000 \times 10^{-1} + \frac{0,00 \times 350}{0,0} 29,1 \times (2,000 + 1,000) \times 0,707 \times 10^{-1} = 34,759 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 100,571 > 34,759 = VR_{d3}$$

#### **Nośność zbrojenia podłużnego**

zadanie rama ITE, pręt nr 9.



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 4,215$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 98,959 \times (2,000 - 0,000 / 34,759 \times 1,000) = 98,959 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągany:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 140,048 + 98,959 = 239,008 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 152,971 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 152,971 \text{ kN}$

$$F_{td} = 152,971 < 211,115 = 6,03 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### Zarysowanie

zadanie rama ITE, pręt nr 9,

Położenie przekroju:

$$x = 4,250 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = -38,957 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = -14,752 \text{ kN} \quad e = 266,1 \text{ cm}$$

$$V_{Sd} = -76,933 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 30,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 40,0 - 3,8 = 36,2 \text{ cm}$$

$$A_c = 1200 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 8000 \text{ cm}^3$$

### Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych przyczynami zewnętrznymi, wynosi:

$$\begin{aligned} A_s &= k_c k_{fct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ &= 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 600 / 240 = 1,90 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s1} = 8,04 > 1,90 = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 8000 \times 10^{-3} = 15,200 \text{ kNm}$$

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e/W_c - 1/A_c} = \frac{1,9}{266,1/8000,00 - 1/1200,00} \times 10^{-1} = -5,859 \text{ kN}$$

$$N_{Sd} = 14,752 > 5,859 = N_{cr}$$

**Przekrój zarysowany.**

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 8,04 / 267 = 0,03008$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 16 / 0,03008 = 103,20$$

$$\epsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] =$$

$$= 147,08 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (-5,859 / 14,752)^2] = 0,00068$$

$$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 1,7 \times 103,20 \times 0,00068 = 0,12 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,12 < 0,3 = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw1}}{s_1 b_w} = \frac{0,57}{18,0 \times 30,0} = 0,00105$$

$$\rho_{w2} = \frac{A_{s2}}{s_2 b_w \sin \alpha} = 0,00000$$

$$\rho_w = \rho_{w1} + \rho_{w2} = 0,00105 + 0,00000 = 0,00105$$

$$\lambda = \frac{1}{3 \left[ \frac{\rho_{w1}}{\eta_1 \phi_1} + \frac{\rho_{w2}}{\eta_2 \phi_2} \right]} = \frac{1}{3 \times [0,00105 / (1,0 \times 6,0)]} = 1909,86$$

$$\tau = \frac{V_{Sd}}{b_w d} = \frac{-76,933}{30,0 \times 36,2} \times 10 = 0,708 \text{ MPa}$$

$$w_k = \frac{4 \tau^2 \lambda}{\rho_w E_s f_{ck}} = \frac{4 \times 0,708^2 \times 1909,86}{0,00105 \times 200000 \times 16} = 1,14 \text{ mm}$$

$$w_k = 1,14 > 0,3 = w_{lim}$$

## Ugięcia

zadanie rama ITE, pręt nr 9

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy  $\phi(t, t_0) = 2,00$ .

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 8000 \times 10^{-3} = 15,200 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający  $M_{Sd} = -50,894 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{Sd} = -50,894 \text{ kNm}$ .

Wielkości geometryczne przekroju:

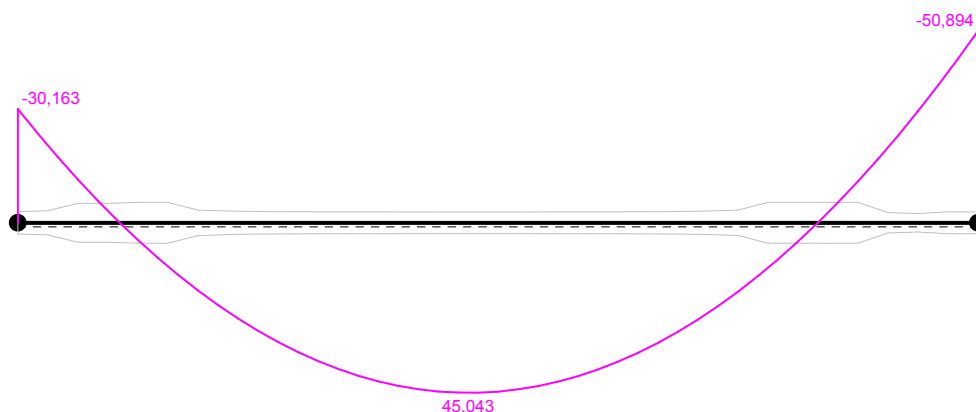
$$xI = 20,5 \text{ cm} \quad II = 236116 \text{ cm}^4$$



$$x_{II} = 13,3 \text{ cm} \quad III = 122048 \text{ cm}^4$$

$$B = \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 (M_{cr} / M_{sd})^2 (1 - I_{II} / I_1)} =$$

$$= \frac{9667 \times 122048}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (15,200 / 50,894)^2 \times (1 - 122048 / 236116)} \times 10^{-5} = 12058 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

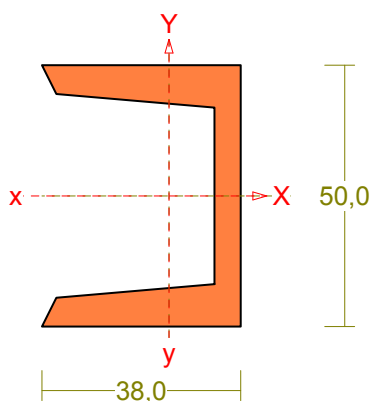
Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 2,063 \text{ m}$ , wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty, d} = 4,9 \text{ mm}$$

$$a = 4,9 < 22,0 = a_{lim}$$

## Balustrada

Przekrój: U 50



Wymiary przekroju:

U 50  $h=50,0$   $s=38,0$   $g=5,0$   $t=7,0$   $r=7,0$   $ex=13,7$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=26,4$   $J_{yg}=9,1$   $A=7,10$   $i_x=1,9$   $i_y=1,1$   $J_w=27,9$   $J_t=1,0$   $x_s=2,6$   $i_s=3,4$   $r_y=-1,6$   $bx=3,4$ .

Materiał: **St3S (X,Y,V,W)**. Wytrzymałość  **$f_d=215$  MPa** dla  **$g=7,0$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

## Siły przekrojowe:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 1,180$ .

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

$$M_x = -1,77 \text{ kNm}, \quad V_y = -1,50 \text{ kN}, \quad N = -1,57 \text{ kN},$$

Napężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 165,4 \text{ MPa}$   $\sigma_c = -169,8 \text{ MPa}$ .

### Napężenia:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 1,180$ .

Napężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 165,4 \text{ MPa}$   $\sigma_c = -169,8 \text{ MPa}$ .

Napężenia:

$$\begin{aligned} - \text{normalne:} \quad \sigma &= -2,2 & \Delta\sigma &= 167,6 \text{ MPa} & \psi_{oc} &= 1,000 \\ - \text{ściananie wzdłuż osi Y:} \quad & & A_v &= 2,50 \text{ cm}^2 & \tau &= 6,0 \text{ MPa} & \psi_{ov} &= 1,000 \end{aligned}$$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 2,2 / 1,000 + 167,6 = 169,8 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 6,0 / 1,000 = 6,0 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} = \sqrt{169,8^2 + 3 \times 0,0^2} = 169,8 < 215 \text{ MPa}$$

### Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 1,180$ .

Przekrój jest zamocowany mimośrodowo.

Siła osiowa:  $N = -1,57 \text{ kN}$ .

Pole powierzchni przekroju:  $A = 7,10 \text{ cm}^2$ .

Sprowadzone pole przekroju:  $A_\psi = 5,36 \text{ cm}^2$ .

Nośność przekroju na rozciąganie:  $N_{Rt} = A_\psi f_d = 5,36 \times 215 \times 10^{-1} = 115,20 \text{ kN}$ .

Warunek nośności (32):

$$N = 1,57 < 115,20 = N_{Rt}$$

### Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\begin{aligned} \kappa_a = 0,500 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły przesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 2,484 \quad \text{dla } l_0 = 1,180 \\ l_w = 2,484 \times 1,180 = 2,931 \text{ m} \end{aligned}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\begin{aligned} \kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 1,180 \\ l_w = 1,000 \times 1,180 = 1,180 \text{ m} \end{aligned}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega\omega} = 1,180 \text{ m}$ . Długość wyboczeniowa  $l_\omega = 1,180 \text{ m}$ .

### Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 26,4}{2,931^2} 10^{-2} = 62,17 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 9,1}{1,180^2} 10^{-2} = 132,23 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{3,4^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 27,9}{1,180^2} 10^{-2} + 80 \times 1,0 \times 10^2 \right) = 736,56 \text{ kN}$$

$$N_{xz} = \frac{N_x + N_z - \sqrt{(N_x + N_z)^2 - 4 N_x N_z (1 - \mu y_s^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu y_s^2 / i_s^2)} =$$

$$\frac{62,17 + 736,56 - \sqrt{(62,17 + 736,56)^2 - 4 \times 62,17 \times 736,56 \times (1 - 0,634 \times 2,6^2 / 3,4^2)}}{2 \times (1 - 0,634 \times 2,6^2 / 3,4^2)} = 60,22 \text{ kN}$$

### Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 1,180$ :

$$N_{RC} = A f_d = 7,1 \times 215 \times 10^{-1} = 152,65 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboeczeniowych:

$$\begin{aligned} - \text{ dla } N_x & \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{152,65 / 62,17} = 1,810 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,255 \\ - \text{ dla } N_y & \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{152,65 / 132,23} = 1,241 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,440 \\ - \text{ dla } N_{xz} & \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_{xz}} = 1,15 \times \sqrt{152,65 / 60,22} = 1,831 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,250 \end{aligned}$$

Przyjęto:  $\varphi = \varphi_{\min} = 0,250$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{1,57}{0,250 \times 152,65} = 0,041 < 1$$

### Zwichrzenie:

Moment krytyczny przy zwichrzeniu ceownika zginanego w płaszczyźnie środka można wyznaczyć, jak dla dwuteownika o tych samych wymiarach, dla którego

$$N_y = 93,53 \text{ kN}, \quad N_z = 1888,90 \text{ kN}.$$

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

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

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

$$-0,000 \times 93,53 + \sqrt{(-0,000 \times 93,53)^2 + 0,000^2 \times 0,022^2 \times 93,53 \times 1888,90} = 0,00$$

Przyjęto, że pręt jest zabezpieczony przed zwichrzeniem:  $\bar{\lambda}_L = 0$ .

### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 1,180$ .

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 10,6 \times 215 \times 10^{-3} = 2,27 \text{ kNm}$$

Nośność przekroju względem osi X należy zredukować do wartości:

$$M_{R, red} = W f_d \left[ 0,85 - \left( \frac{V}{V_R} \frac{e t_w}{b t_f} \right)^2 \right] =$$

$$10,6 \times 215 \times \left[ 0,85 - \left( \frac{1,50 \times 2,6 \times 0,5}{31,18 \times 3,8 \times 0,7} \right)^2 \right] \times 10^{-3} = 1,93$$

Współczynnik zwichrzenia dla  $\bar{\lambda}_L = 0,000$  wynosi  $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{1,57}{152,65} + \frac{1,77}{1,000 \times 1,93} = 0,927 < 1$$

### Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = -1,77 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,255 \times 1,810^2 \frac{1,000 \times 1,77}{1,93} \times \frac{1,57}{152,65} = 0,010$$

$$\Delta_x = 0,010 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{1,57}{0,255 \times 152,65} + \frac{1,000 \times 1,77}{1,000 \times 1,93} = 0,958 < 0,990 = 1 - 0,010$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{1,57}{0,440 \times 152,65} + \frac{1,000 \times 1,77}{1,000 \times 1,93} = 0,941 < 1,000 = 1 - 0,000$$

### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 1,180$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 2,5 \times 215 \times 10^{-1} = 31,18 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 V_R = 9,35 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 1,50 < 31,18 = V_R$$

### Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 1,180$ .

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 1,50 < 9,35 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 1,93 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{1,57}{152,65} + \frac{1,77}{1,93} = 0,927 < 1$$

### Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 0,000$ ,  $x_b = 1,180$ .

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 1,50 < 31,17 = 31,18 \times \sqrt{1 - (1,57 / 152,65)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R, N}$$

### Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 1,180$ .

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

Naprężenia ściskające w środku wynoszą  $\sigma_c = 76,0$  MPa. Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 76,0 / 215 = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 170,0 \times 5,0 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 182,73 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,00 < 182,73 = P_{R,W}$$

### Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 1,9 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 350 = 1180 / 350 = 3,4 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 1,9 < 3,4 = a_{\text{gr}}$$