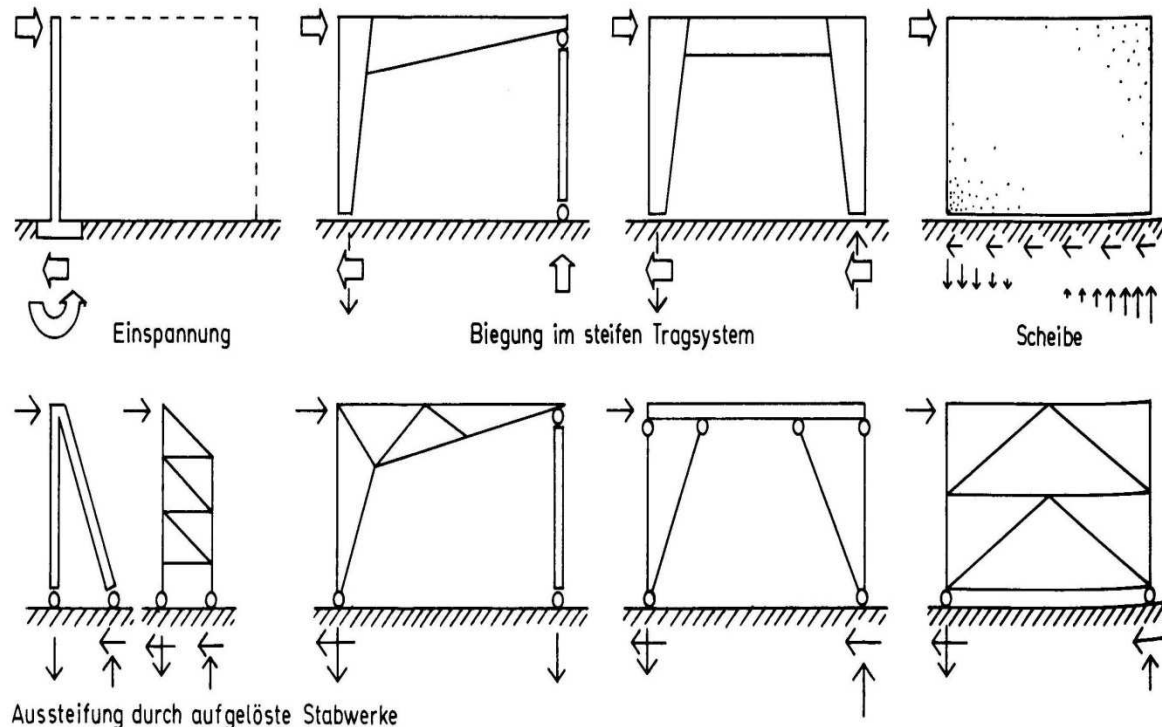


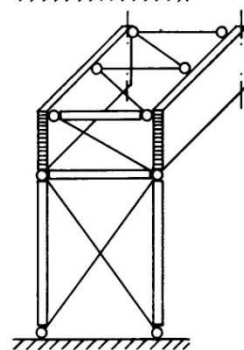
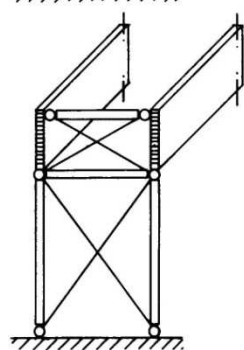
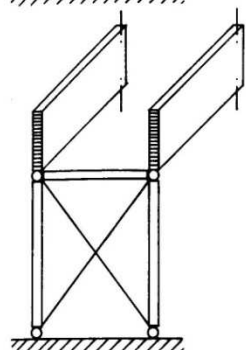
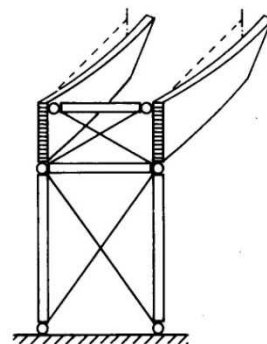
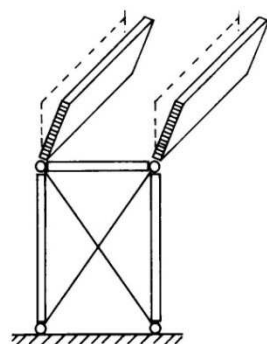
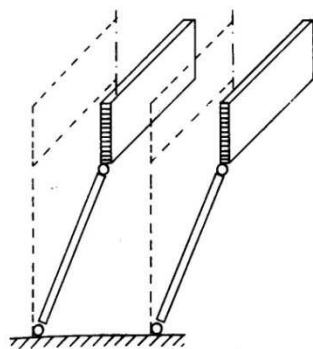
## STĘŻENIA KONSTRUKCJI Z DREWNA

Układy konstrukcyjne obiektów budowlanych powinny mieć zapewnioną **stateczność ogólną**, polegająca na zachowaniu **geometrycznej niezmienności** i **stateczności położenia** we wszystkich etapach wznoszenia, eksploatacji i rozbiórki. Zapewnienie stateczności ogólnej można realizować poprzez odpowiednie ukształtowanie konstrukcji w postaci **elementów** i **układów samostatecznych** albo poprzez stosowanie odpowiednich **stężeń stałych** i/lub **montażowych** – w przypadku układów konstrukcyjnych, które nie są samostateczne lub wystarczająco sztywne.



### PRZYKŁADY ZAPEWNIENIA STATECZNOŚCI OGÓLNEJ ELEMENTÓW I USTROJÓW KONSTRUKCYJNYCH

**STĘŻENIA  
KONSTRUKCJI  
Z DREWNA**  
**ROLA TĘŻNIKÓW**

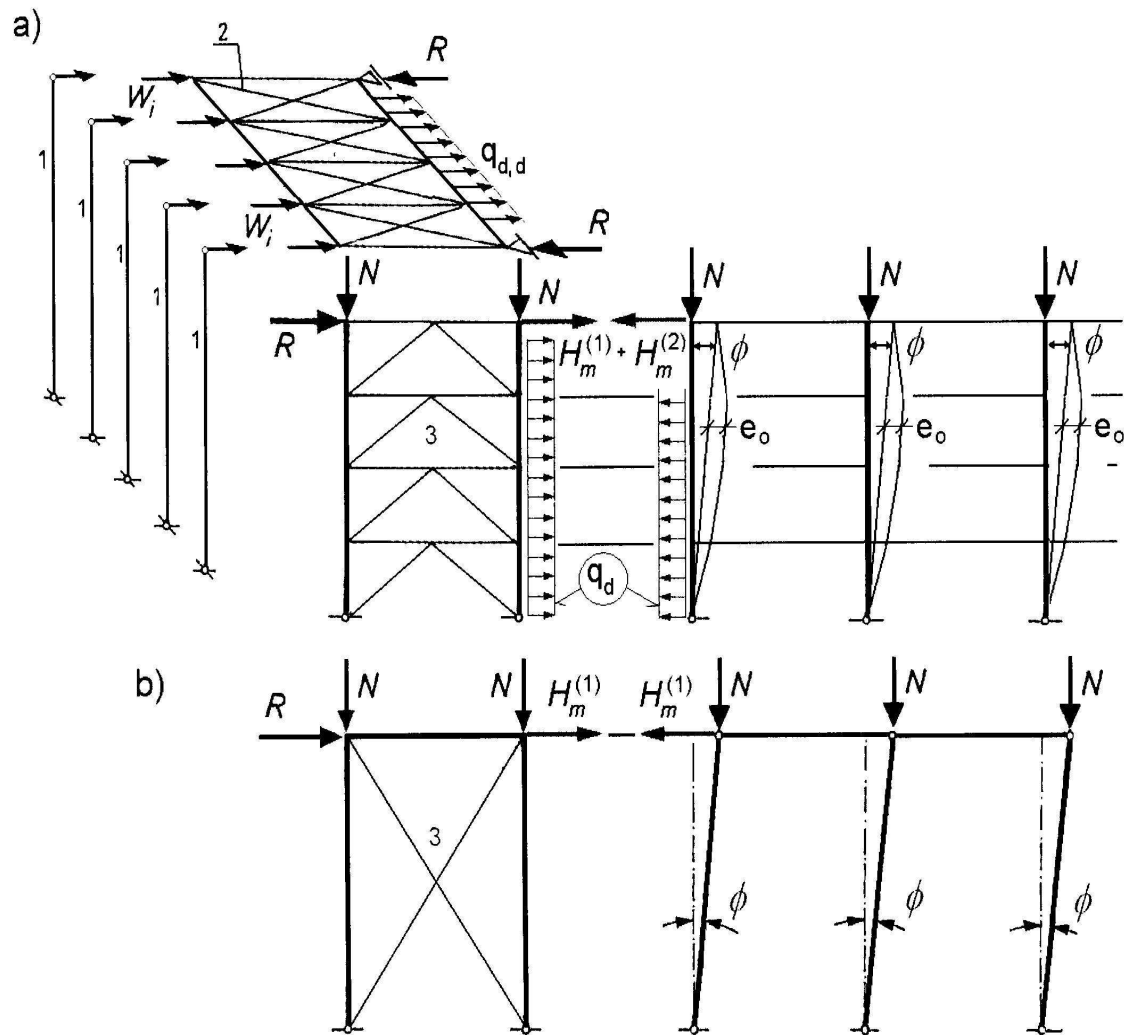


„Kippen“ der Stützen

„Kippen“ der Binder

„Ausknicken“ der Binderobergurte

Możliwe deformacje elementów konstrukcyjnych bez stężeń

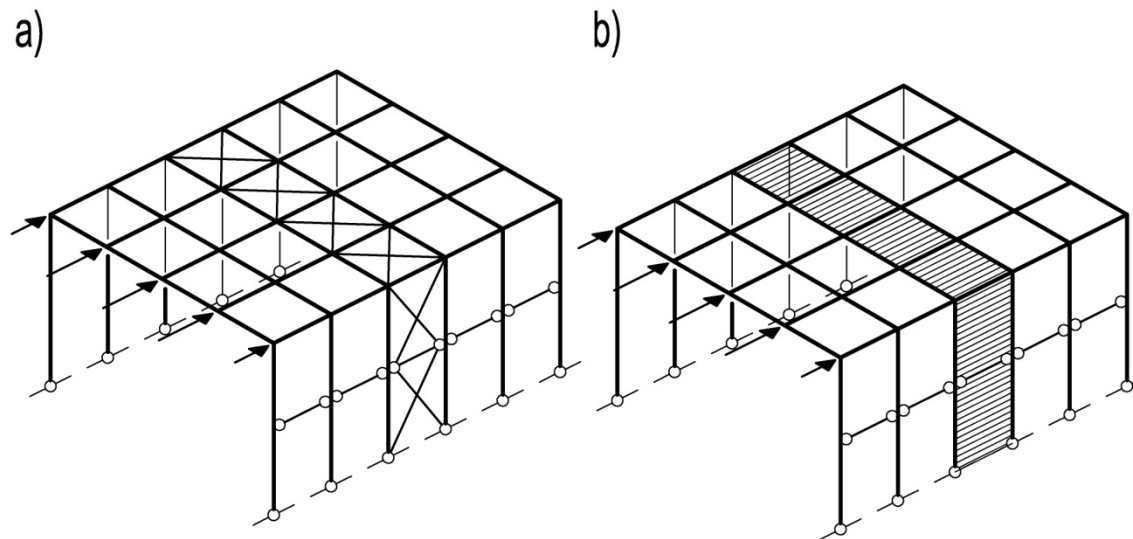


OBCIĄŻENIA I SCHEMATY OBLICZENIOWE STĘŻEŃ HALI

## STĘŻENIA KONSTRUKCJI Z DREWNA

W konstrukcjach hal stężenia przenoszą dwa rodzaje obciążeń: **obciążenia zewnętrzne i wewnętrzne**. Do obciążeń zewnętrznych przenoszonych przez stężenia należą obciążenia poziome pochodzące w halach o konstrukcji drewnianej głównie **od wiatru**. Obciążenia te muszą być w całości przeniesione (przekazane) na fundamenty hali. Obciążenia wewnętrzne są to tzw. **równoważne obciążenia imperfekcyjne** wywołujące deformacje wstępne elementów usztywnianych, obciążenia te pochodzą od wyboczenia stref ściskanych (zwichrzenia) dźwigarów zginanych, od wyboczenia pasów ściskanych kratownic, od podparć bocznych prętów ściskanych, ale także od imperfekcji geometrycznych ustroju nośnego obiektu.

## STĘŻENIA KONSTRUKCJI Z DREWNA



Typowe systemy stężące obiekty o konstrukcji drewnianej

a) Tężniki kratowe; b) stężenia tarczowe (przeponowe)

Zasadniczo są to dwa typy stężeń: pierwszy w postaci **kratownic stężących** (rys. a) oraz drugi jako **płaskie przepony (tarcze)** dachowe i ścienne (rys. b). Czasami bywają układy mieszane, przykładowo jako kratownice dachowe i przepony ścienne.

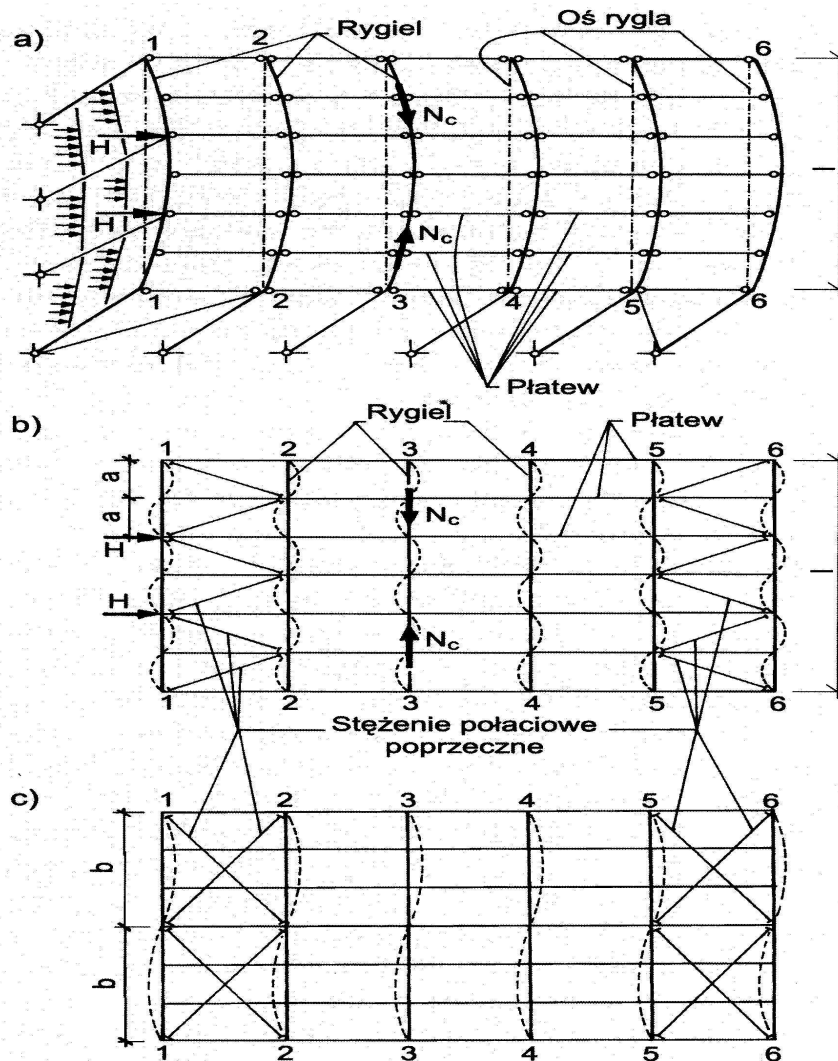


# STĘŻENIA KONSTRUKCJI Z DREWNA

Zasadniczo są to dwa typy stężeń: pierwszy w postaci **kratownic stężających** oraz drugi jako **płaskie przepony (tarcze)** dachowe i ścienne. Czasami bywają układy mieszane, przykładowo jako kratownice dachowe i przepony ścienne.

Wiązary		Tarcze	
<b>Usztywnienia poziome (w płaszczyźnie dachu)</b>			
stężenie po przekątnej z prętów stalowych okrągłych		z płyt z materiału drewnopochodnego	
stężenie kratowe z krawędziaków		z blachy stalowej trapezowej <sup>1)</sup>	
<b>Usztywnienia pionowe (ściana podłużna i szczytowa)</b>			
po przekątnych	zastrzałami	murem	ramą
		<p>połączenie na skutek tarcia: słupek/mur</p>	<p>materiał: drewno klejone warstwowo lub stal</p>

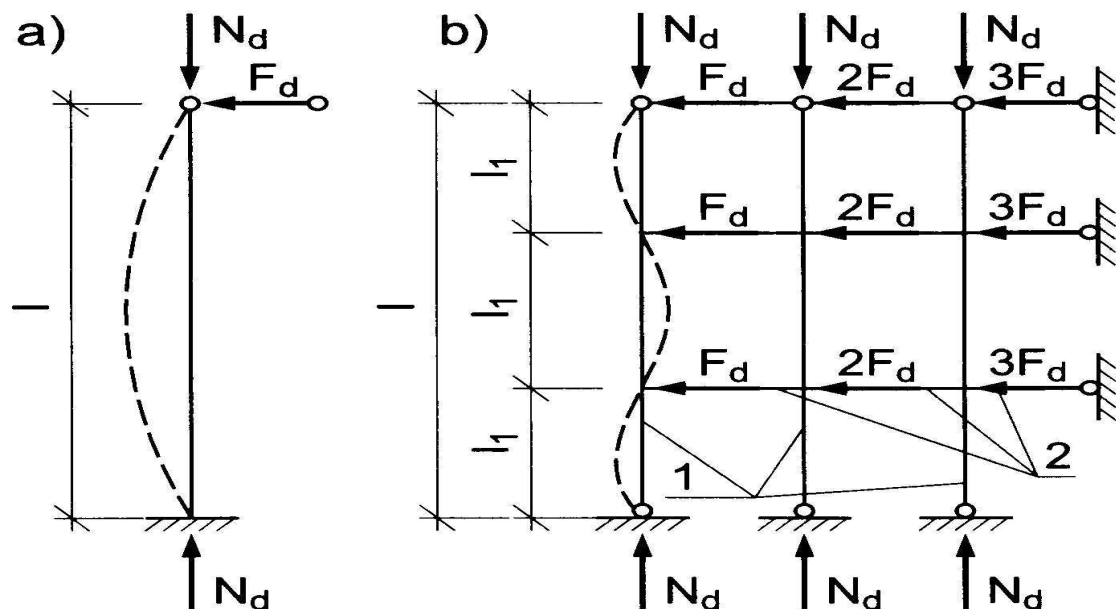
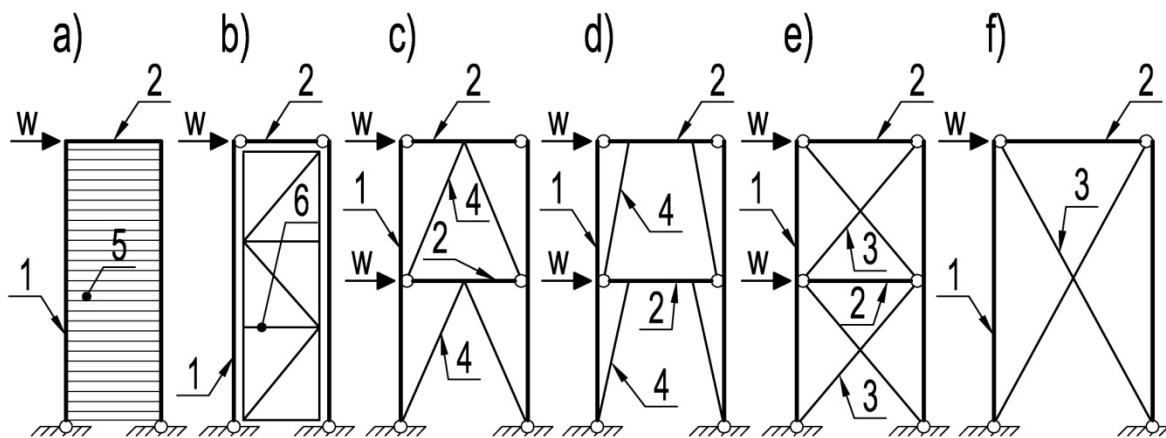
Typowe systemy stężące obiekty o konstrukcji drewnianej - tężniki kratowe oraz stężenia tarczowe (przeponowe)



MOŻLIWE DEFORMACJE ELEMENTÓW KONSTRUKCJI DACHU  
w PŁASZCZYŹNIE POŁACI BEZ STĘŻEŃ (a) i ze STĘŻENIAMI (b i c)

**STĘŻENIA  
KONSTRUKCJI  
Z DREWNA**

**TĘŻNIK POŁACIOWY  
POPRZECZNY**



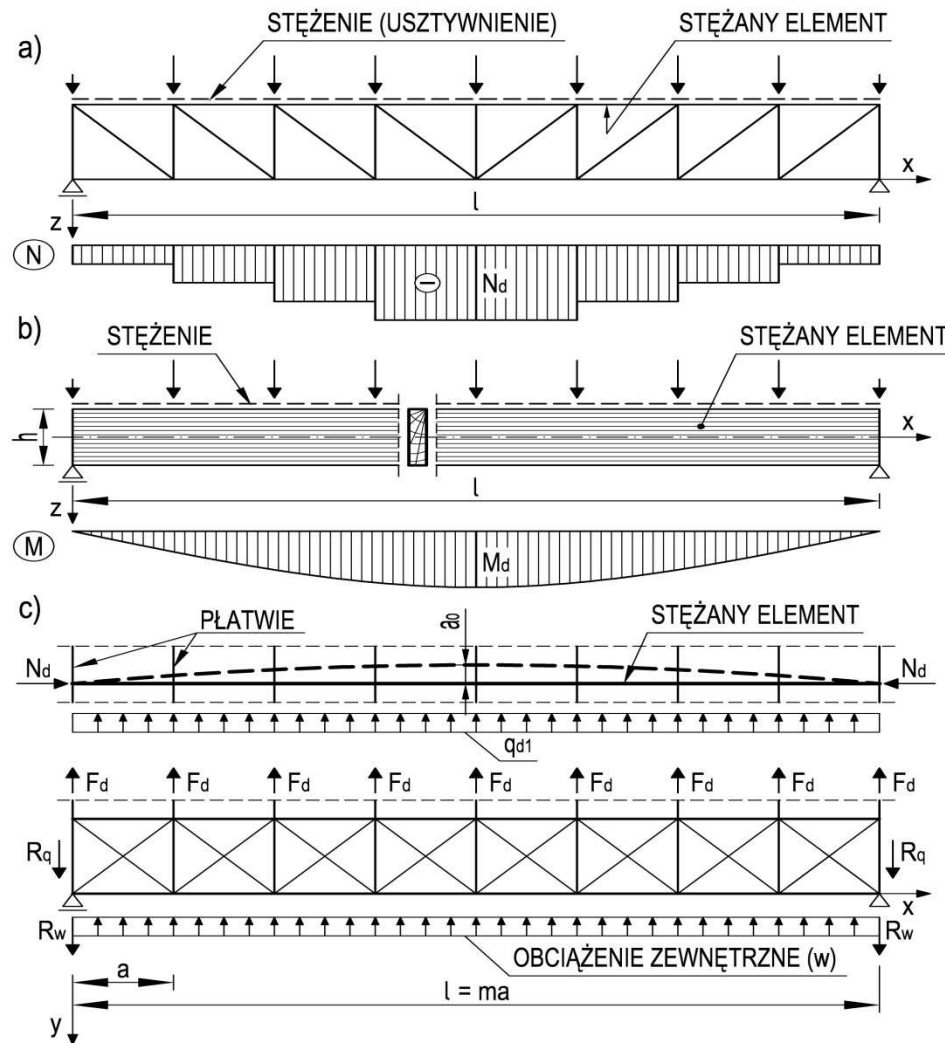
Typy i rola tężników międzysłupowych

## STĘŻENIA KONSTRUKCJI Z DREWNA

### TĘŻNIK PIONOWY MIĘDZYSŁUPOWY

- 1 – słup,
- 2 – rygiel ścienny/rygiel oczepowy,
- 3 – pręty stalowe stężenia typu X,
- 4 – zastrzały z drewna,
- 5 – przepona (tarcza) ścienna usztywniająca,
- 6 – samodzielna kratownica stężająca.

**STĘŻENIA  
 KONSTRUKCJI  
 Z DREWNA  
 TĘŻNIK POŁACIOWY  
 POPRZECZNY  
 OBLICZANIE OBCIĄŻENIA  
 STABILIZUJĄCEGO**



Schemat obliczeniowy tężnika połączonego poprzecznego

Według PN-EN 1995-1-1 odstawą wyznaczania wielkości obciążenia stabilizującego jest przyjęcie sinusoidy jako linii wstępnej imperfekcji łukowej o strzałce  $a_0$  i stałej na długości  $l$  siły ściskającej  $N_d$  w stężanym elemencie. Imperfekcyjne równomiernie rozłożone obciążenie stabilizujące  $q_d$  (rys. c) wyznacza się ze wzoru:

$$q_d = k_1 \frac{n \cdot N_d}{k_{f,3} \cdot l}, \quad (1)$$

w którym:  $k_1 = \min[1; (15/l)^{0,5}]$

$n$  – liczba elementów usztywnianych,

$N_d$  – średnia obliczeniowa siła ściskająca element usztywniany,

$k_{f,3}$  – współczynnik modyfikujący, zalecana wartość współczynnika od 30 do 80, podkreślona liczba jest wartością przyjmowaną w obliczeniach – rekomendowaną przez normę,

$l$  – rozpiętość całkowita usztywnianych elementów.

## STĘŻENIA KONSTRUKCJI Z DREWNA

### TĘŻNIK POŁACIOWY POPZECZNY – OBLICZENIA

Obliczeniową siłę ściskającą  $N_d$  w stężanym elemencie, której wartość zmienia się na jego długości, przyjmuje się, z przedziału, w którym jest ona największa (rys. a). W przypadku stabilizacji strefy ściskanej zginanego dźwigara pełnościennego o stałej wysokości (rys. b), wartość siły  $N_d$  ustala się ze wzoru:

$$N_d = (1 - k_{crit}) \cdot \frac{M_d}{h}, \quad (2)$$

w którym:  $h$  – całkowita wysokość dźwigara,

$M_d$  – maksymalny obliczeniowy moment zginający dźwigar dachowy,

$k_{crit}$  – współczynnik zwichrzenia elementu zginanego bez usztywnień.

**STĘŻENIA  
KONSTRUKCJI  
Z DREWNA**

**TĘŻNIK POŁACIOWY  
POPRZECZNY –  
OBLICZENIA**



Wartość współczynnika  $k_{crit}$  należy wyznaczać zgodnie z punktem 6.3.3.(4) normy PN-EN 1995-1-1 [1] według wzoru:

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{jeśli } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & \text{jeśli } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{jeśli } \lambda_{rel,m} > 1,4 \end{cases}$$

Smukłość względną przy zginaniu należy określać ze wzoru:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}, \quad (4)$$

gdzie:  $f_{m,k}$  jest charakterystyczną wytrzymałością drewna na zginanie.

W przypadku elementów z drewna iglastego o przekroju prostokątnym, naprężenie krytyczne powinno się obliczać ze wzoru:

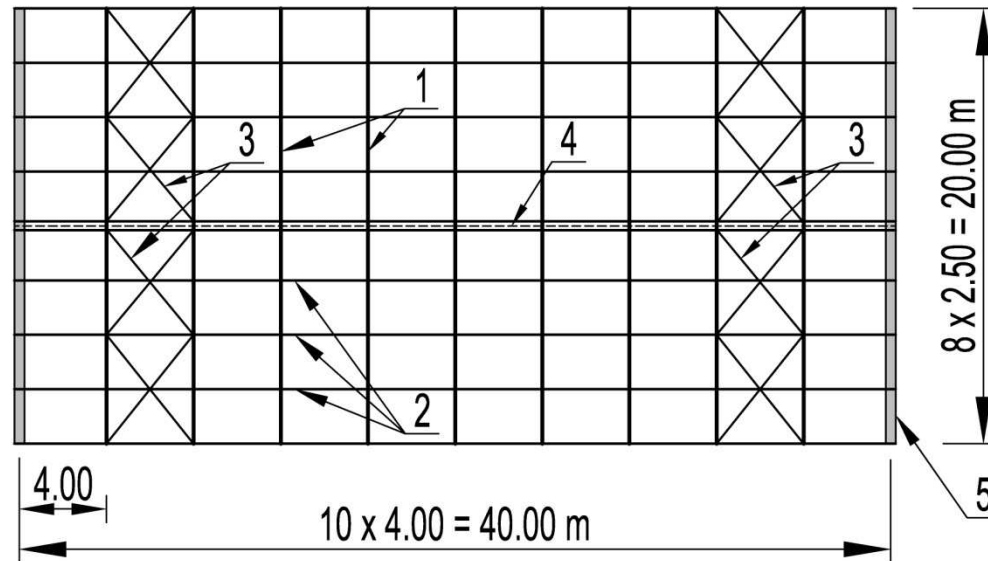
$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78b^2}{h \cdot l_{ef}} E_{0,05}, \quad (5)$$

**STĘŻENIA  
 KONSTRUKCJI  
 Z DREWNA**

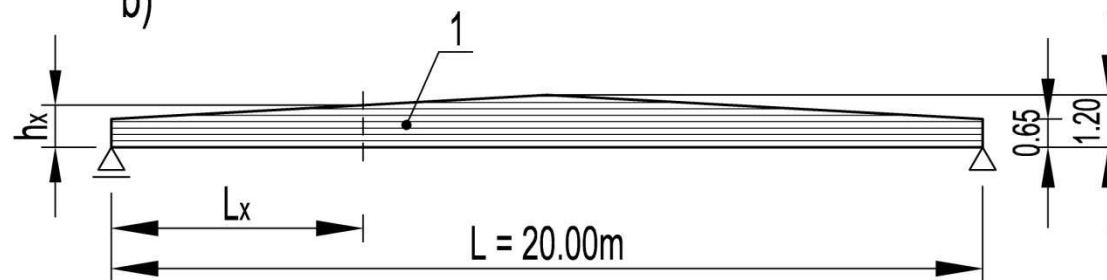
**TĘŻNIK POŁACIOWY  
 POPRZECZNY –  
 OBLICZENIA**

$b$  – szerokość przekroju belki,  
 $h$  – wysokość przekroju belki.

a)



b)



PRZYKŁAD ROZMIESZCZENIA TĘŻNIKÓW W HALI Z DŹWIGARAMI  
Z DREWNA KLEJONEGO

## STĘŻENIA KONSTRUKCJI Z DREWNA

### TĘŻNIK POŁACIOWY POPZRZECZNY

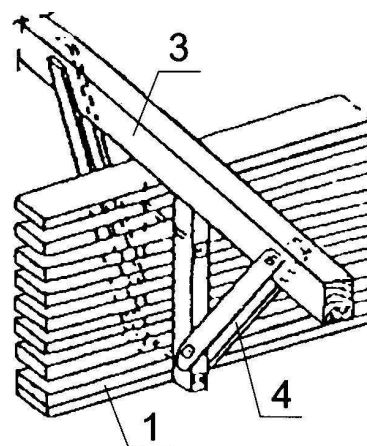
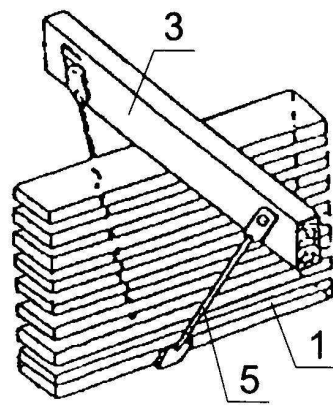
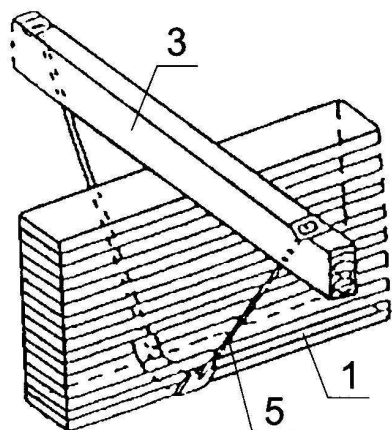
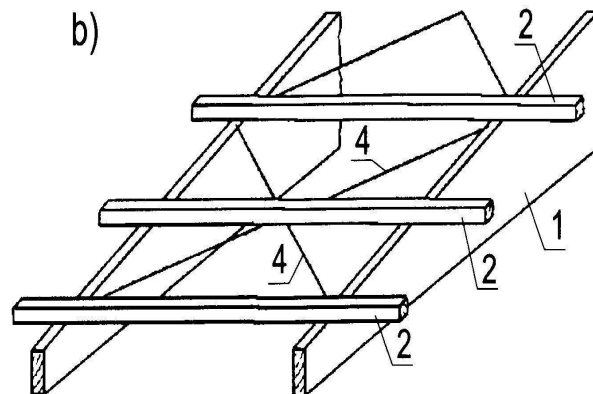
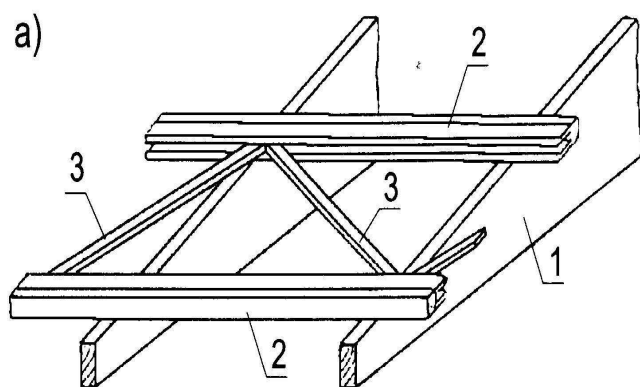
1 – dźwigar dwutrapezowy z  
drewna klejonego warstwowo

2 – płatwie z drewna  
litego/klejonego warstwowo

3 – tężnik połąciowy poprzeczny

4 – tężnik pionowy dźwigarów

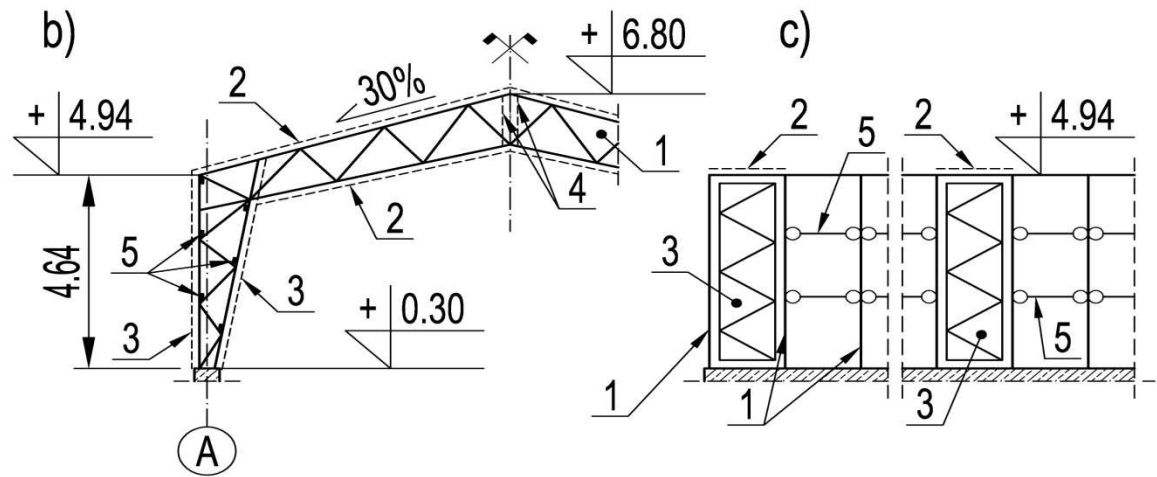
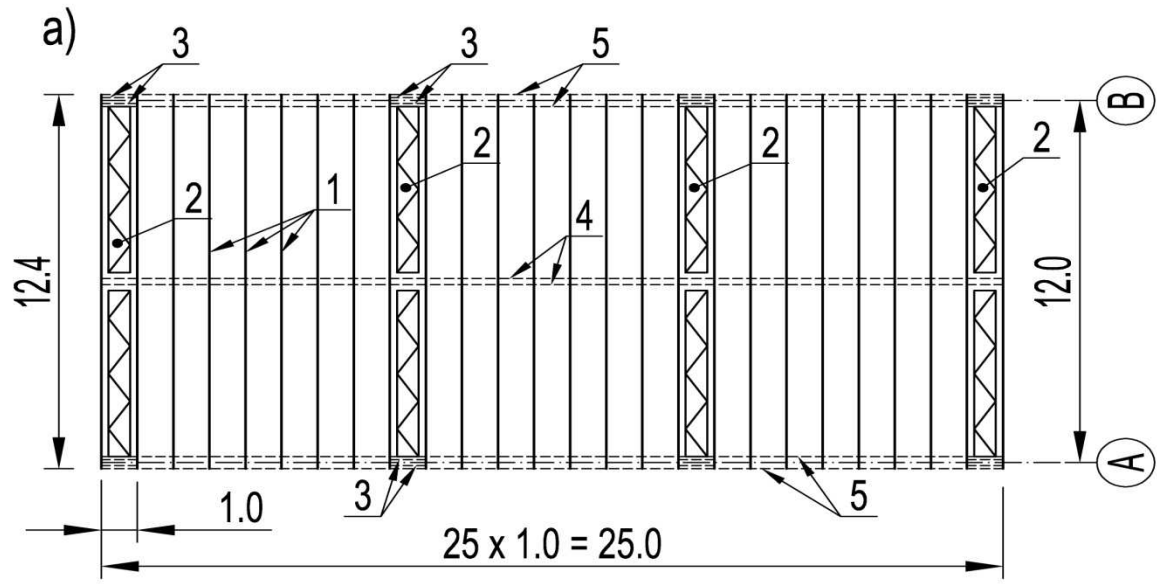
5 – ściana szczytowa (murowana)



## STĘŻENIA KONSTRUKCJI Z DREWNA

TĘŻNIKI POŁACIOWE  
I TĘŻNIK PIONOWY

ROZWIĄZANIA  
KONSTRUKCYJNE  
TĘŻNIKÓW



PRZYKŁAD ROZMIESZCZENIA TĘŻNIKÓW W HALI O KONSTRUKCJI DREWNIANEJ KRATOWEJ

## STĘŻENIA KONSTRUKCJI Z DREWNA

### TĘŻNIKI W HALI

- 1 – rama kratowa – poprzeczny układ nośny,
- 2 – kratowy tężnik połaciowy poprzeczny,
- 3 – kratowy tężnik międzysłupowy,
- 4 – pionowy podłużny tężnik dachowy (wiązarów),
- 5 – elementy usztywnienia podłużnego pasów słupów (tężnik podłużny)

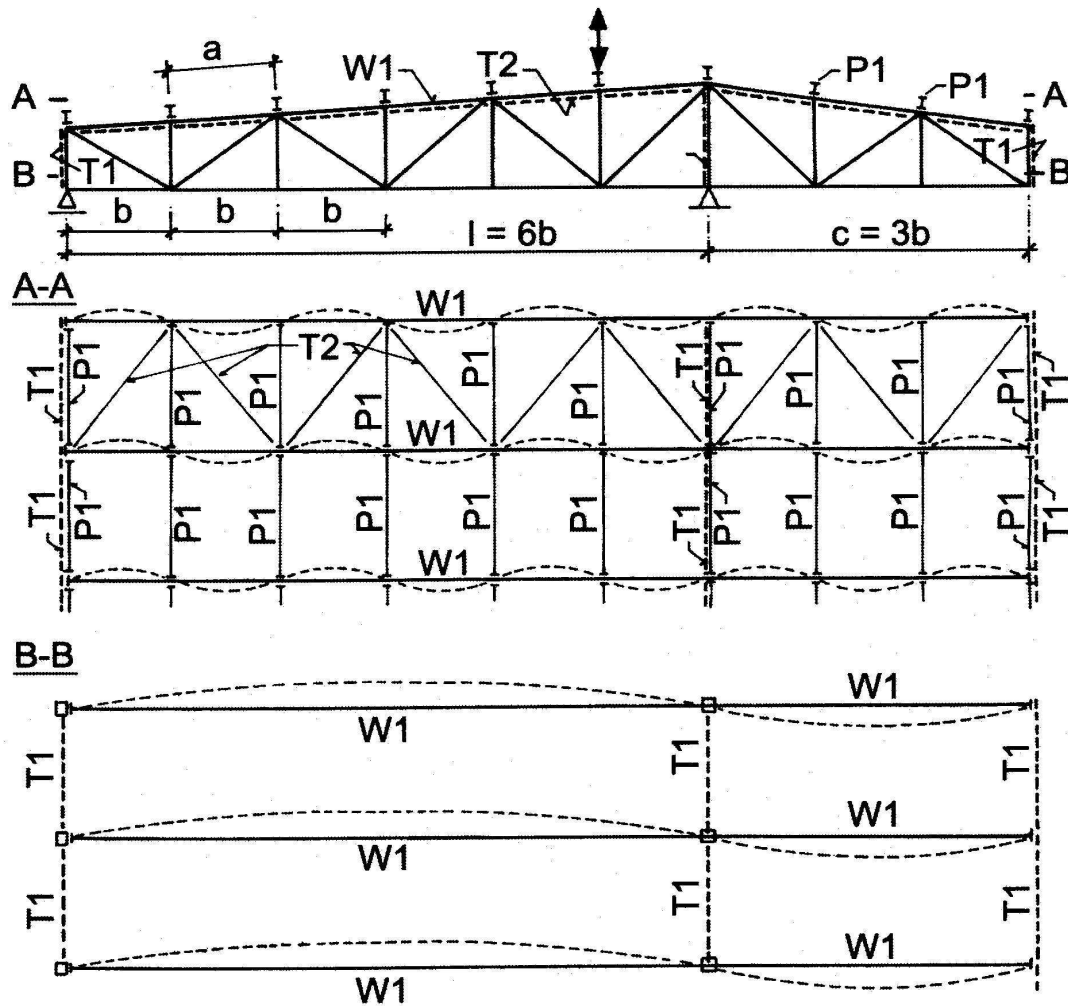


RAMA KRATOWNICOWA – GŁÓWNY UKŁAD NOŚNY

**STĘŻENIA  
KONSTRUKCJI  
Z DREWNA**

**TĘŻNIKI HALI Z DREWNA**





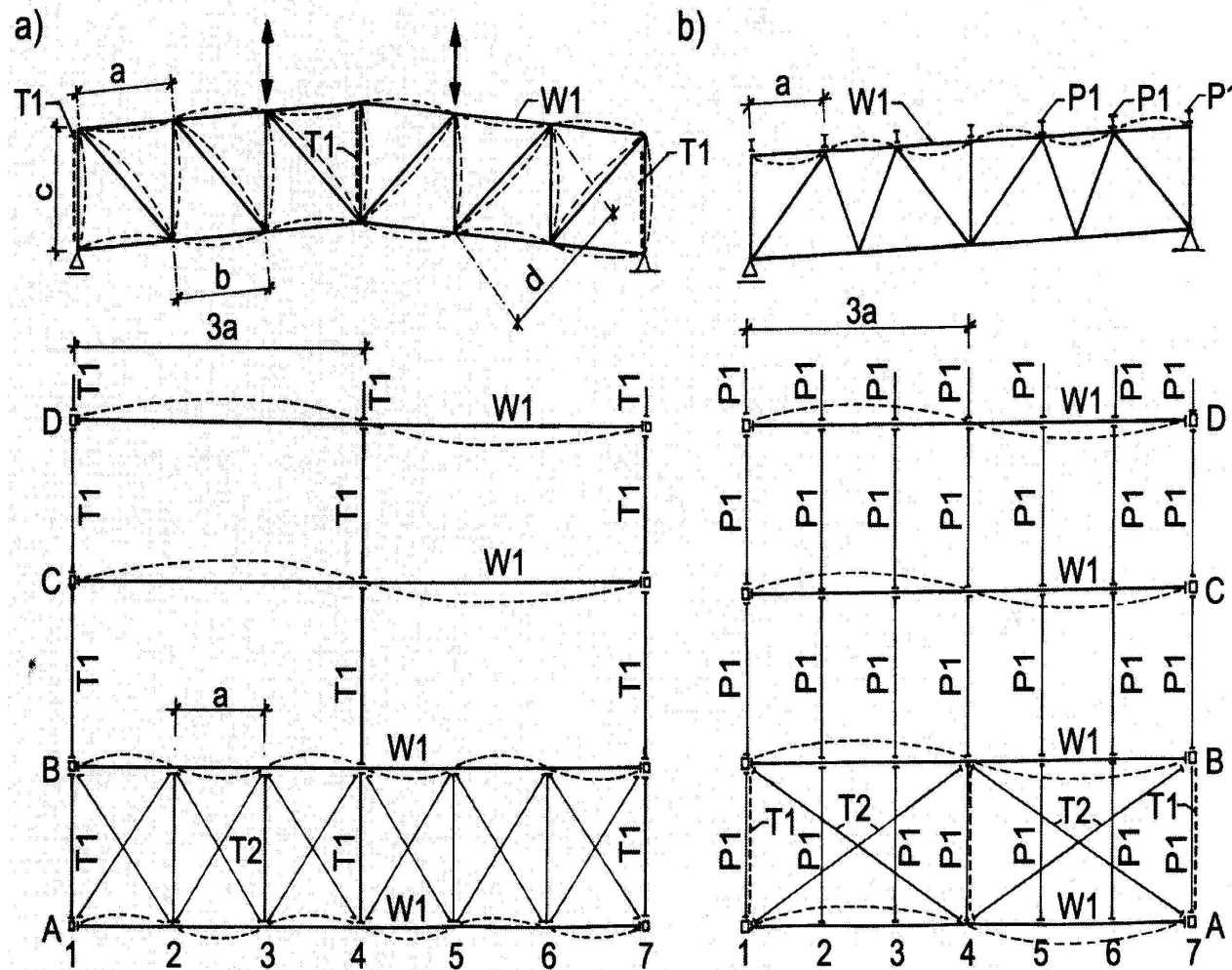
SCHEMATY WYBOCZENIA PASÓW GÓRNYCH I DOLNYCH WIĄZARA  
DACHOWEGO – USTALANIE DŁUGOŚCI WYBOCZENIOWEJ

## STĘŻENIA KONSTRUKCJI Z DREWNA

### TĘŻNIKI A DŁUGOŚCI WYBOCZENIOWE PRĘTÓW WIĄZARÓW

- W1 – WIĄZAR
- T1 – STĘŻENIE PIONOWE MIĘDZY-  
WIĄZAROWE
- T2 – STĘŻENIE POŁACIOWE  
POPRZECZNE
- P1 – PŁATEW





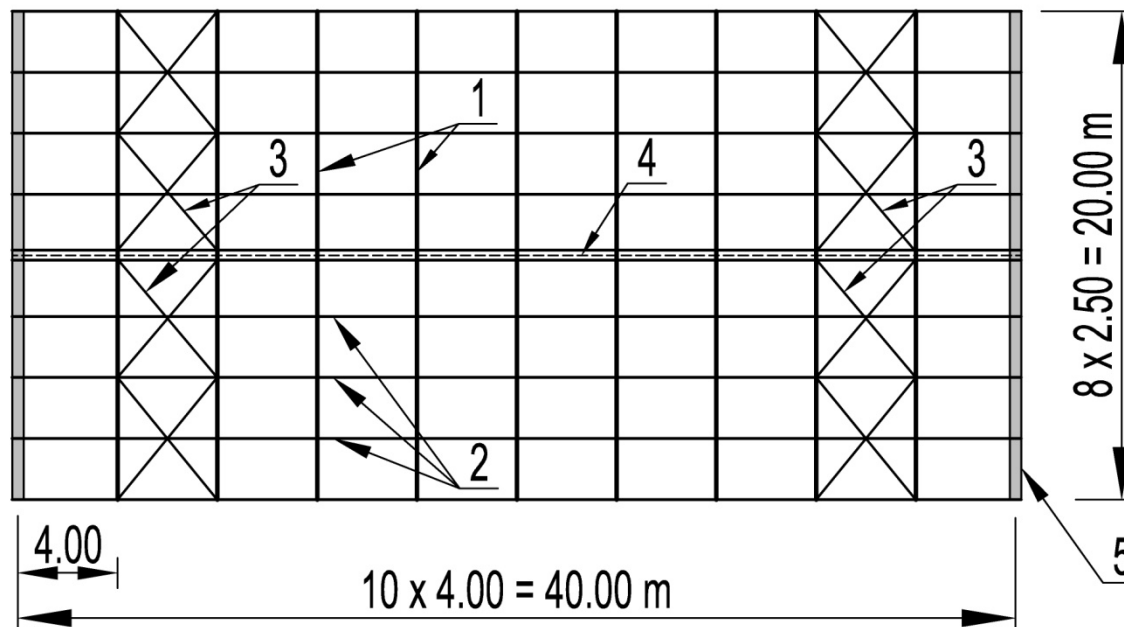
PRZYKŁADY USTALANIA DŁUGOŚCI WYBOCZENIOWEJ PRĘTÓW  
 WIĄZARA DACHÓW BEZPŁATWIOWYCH (a) i z PŁATWIAMI (b)

## STĘŻENIA KONSTRUKCJI Z DREWNA

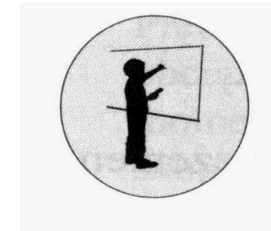
### TĘŻNIKI A DŁUGOŚCI WYBOCZENIOWE PRĘTÓW WIĄZARÓW

- W1 – WIĄZAR
- T1 – STĘŻENIE PIONOWE MIĘDZY-  
 WIĄZAROWE
- T2 – STĘŻENIE POŁACIOWE  
 POPRZECZNE
- P1 - PŁATEW

• **Przykład 1.** Obliczyć oddziaływanie na układ stężeń dachowych hali przedstawionej na rysunku. Wymiary geometryczne hali: długość hali 40,0 m, szerokość 20,0 m, wysokość 10,0 m, dźwigary dachowe wykonane z drewna klejonego klasy GL28c rozmieszczone w rozstawie 4,00 m, ściany zewnętrzne murowane, przekrycie dachu lekkie na płatwiach drewnianych – rozstaw płatwi 2,50 m, pochylenie połaci dachowej 5,50% (3,15°), ciężar przekrycia wraz z ciężarem własnym dźwigara dachowego przyjęto  $g_{k,p} = 0,60 \text{ kN/m}^2$ ; obciążenie śniegiem (3 strefa, A = 350 m n.p.m.)  $q_{k,s} = 1,20 \text{ kN/m}^2$ . Ze względu na objętość obliczeń pominięto obciążenie wiatrem dachu. Sztywne ściany szczytowe pozwalają również na pominięcie obciążenia wiatrem projektowanego tężnika.



## PRZYKŁAD OBLICZENIOWY

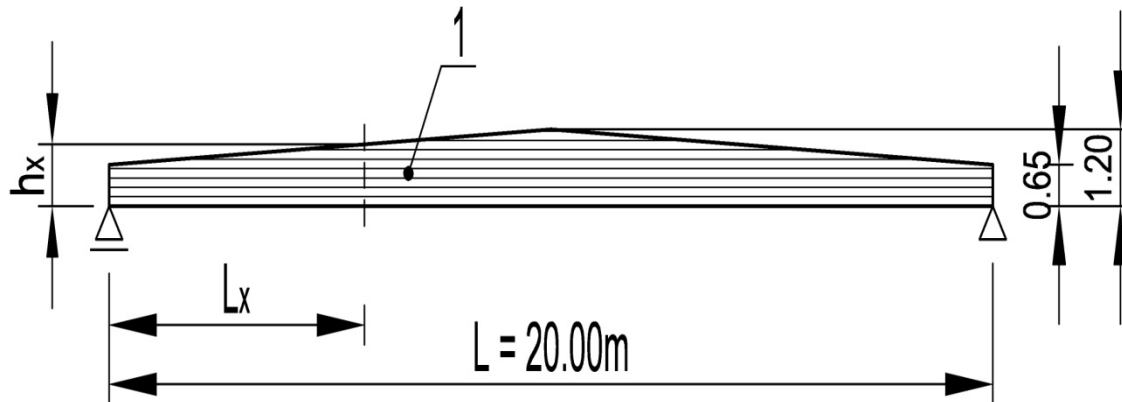


Legenda do rysunku do przykładowego obliczeniowego nr 1:

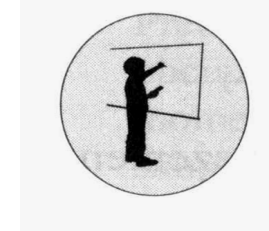
- 1 – dźwigar dwutrapezowy z drewna klejonego warstwowo
- 2 – płatwie z drewna litego/klejonego warstwowo
- 3 – tężnik połaciowy poprzeczny
- 4 – tężnik pionowy dźwigarów dachowych
- 5 – ściana szczytowa (murowana)

1. Parametry geometryczne dwutrapezowego dźwigara dachowego (rys. poniżej)

Rozpiętość	$l = 20\ 000\ \text{mm}$
Wymiary przekroju poprzecznego:	
wysokość w kalenicy	$h_1 = 1\ 200\ \text{mm}$
wysokość podporowa	$h_p = 650\ \text{mm}$
szerokość	$b = 160\ \text{mm}$
Wskaźnik wytrzymałości (przekrój kalenicowy)	$W_y = 3,84 \times 10^7\ \text{mm}^3$
Długość hali (budynku)	$L_b = 40\ \text{m}$
Liczba dźwigarów dachowych	$n_b = 9$
Rozstaw dźwigarów	$c = 4\ 000\ \text{mm}$
Rozstaw podparć bocznych (płatwi)	$a = 2\ 500\ \text{mm}$



PRZYKŁAD  
 OBLICZENIOWY



Legenda do rysunku do przykładowego obliczeniowego nr 1:

1 – dźwigar dwutrapezowy z drewna klejonego warstwowo

## 2. Właściwości drewna klejonego warstwowo dźwigara dachowego

Kombinowane drewno klejone warstwowo klasy GL 28c

Charakterystyczna wytrzymałość na zginanie  $f_{m,g,k} = 28 \text{ N/mm}^2$

Pięcioprocentowy kwantyl modułu sprężystości

wzdłuż włókien  $E_{0,g,05} = 10\,200 \text{ N/mm}^2$

Pięcioprocentowy kwantyl modułu odkształcenia

postaciowego  $G_{0,g,05} = 0,065 E_{0,g,05}$   $G_{0,g,05} = 663 \text{ N/mm}^2$

## 3. Oddziaływania

Całkowite, charakterystyczne obciążenie stałe

$$g_k = 0,6 \times 4,0 = 2,40 \text{ kN/m}$$

Charakterystyczne obciążenie zmienne (śniegiem)

$$q_k = 1,2 \times 4,0 = 4,80 \text{ kN/m}$$

Współczynniki częściowe

$$\gamma_G = 1,35; \gamma_Q = 1,50$$

Współczynnik redukcyjny

$$\xi = 0,85$$

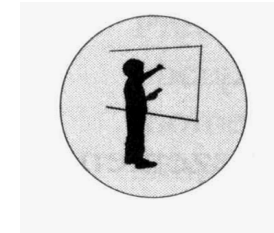
Obciążenie obliczeniowe

(kombinacja wzór b)

$$p_d = \xi \gamma_G g_k + \gamma_Q q_k$$

$$p_d = 0,85 \times 1,35 \times 2,40 + 1,50 \times 4,80 = 9,95 \text{ kN/m}$$

## PRZYKŁAD OBLICZENIOWY



#### 4. Współczynniki modyfikujące

Długość efektywna przy zwichrzeniu (według tabl. 6.1 [EC5])

$$l_{ef} = 0,9l + 2h = 0,9 \times 20,0 + 2 \times 1,20 = 20,4 \text{ m}$$

Współczynnik zwichrzenia (zwichrowania) dźwigara

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{jeśli } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & \text{jeśli } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{jeśli } \lambda_{rel,m} > 1,4 \end{cases}$$

$$\text{Smukłość względna przy zginaniu } \lambda_{rel,m} = \frac{\sqrt{f_{m,g,k}}}{\sqrt{\sigma_{m,crit}}}$$

$$\text{Napężenia krytyczne przy zginaniu } \sigma_{m,crit} = \frac{M_{crit}}{W_y}$$

$$\text{Moment krytyczny zwichrzenia } M_{crit} = \pi b^3 \cdot h \cdot \frac{\sqrt{E_{0,g,05} \cdot G_{0,g,05} \left(1 - 0,63 \cdot \frac{b}{h}\right)}}{6l_{ef}}$$

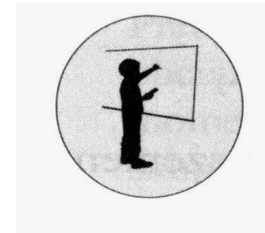
$$M_{crit} =$$

$$\pi \cdot 160^3 \times 1200 \times \frac{\sqrt{10200 \times 663 \times \left(1 - 0,63 \cdot \frac{160}{1200}\right)}}{6 \times 20400} = 3,14 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{3,14 \times 10^8}{3,84 \times 10^7} = 8,18 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{28,00}{8,18}} = 1,85 \quad k_{crit} = \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} = \frac{1}{1,85^2} = 0,292$$

### PRZYKŁAD OBLICZENIOWY



Współczynnik modyfikujący  $k_{f,3}$  (wg. tabl. 9.2 [EC5])  $k_{f,3} = 30$

Współczynnik  $k_1$ ;  $k_1 = \min \left[ 1; \left( \frac{15}{l} \right)^{0,5} \right]$ ;  $k_1 = 0,866$

**5. Obciążenie stabilizujące (wewnętrzne)**

Obliczeniowe równomiernie rozłożone (zastępcze) obciążenie stabilizujące określa się ze wzoru  $q_d = k_1 \frac{n \cdot N_d}{k_{f,3} \cdot l}$ .

Obliczeniowa siła ściskająca  $N_d = (1 - k_{crit}) \cdot \frac{M_d}{h}$

Miejsce występowania największych naprężeń

$$l_x = \frac{h_p \cdot l}{2h_1} = \frac{650 \times 20000}{2 \times 1200} = 5417 \text{ mm}$$

Moment zginający w miarodajnym przekroju

$$M_d = \frac{p_d \cdot l}{2} \cdot l_x - \frac{p_d \cdot l_x^2}{2}$$

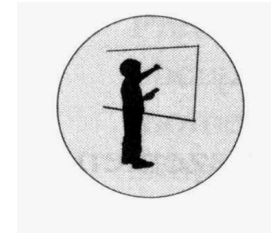
$$= \frac{9,95 \times 20,0}{2} \times 5,417 - \frac{9,95 \times 5,417^2}{2}$$

$$M_d = 393,0 \text{ kNm}$$

Wysokość dźwigara w miarodajnym przekroju

$$h_x = 650 + \frac{(1200 - 650) \times 5,417}{10,0} = 948 \text{ mm}$$

**PRZYKŁAD  
 OBLICZENIOWY**





Wartość obliczeniowej siły ściskającej

$$N_d = (1 - 0,292) \cdot \frac{393,0}{0,948} = 293,5 \text{ kN} = 2,94 \times 10^5 \text{ N}$$

Obliczeniowe obciążenie stabilizujące  $q_d = k_1 \frac{n \cdot N_d}{k_{f,3} \cdot l}$

Liczba elementów usztywnianych przypadająca na jeden tężnik

$$n = n_b / 2 = 9 / 2 = 4,5$$

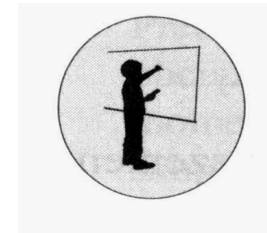
Obciążenie stabilizujące wynosi

$$q_d = 0,866 \times \frac{4,5 \times 2,94 \times 10^5}{30 \times 20\,000} = 1,91 \text{ N/mm} = 1,91 \text{ kN/m}$$

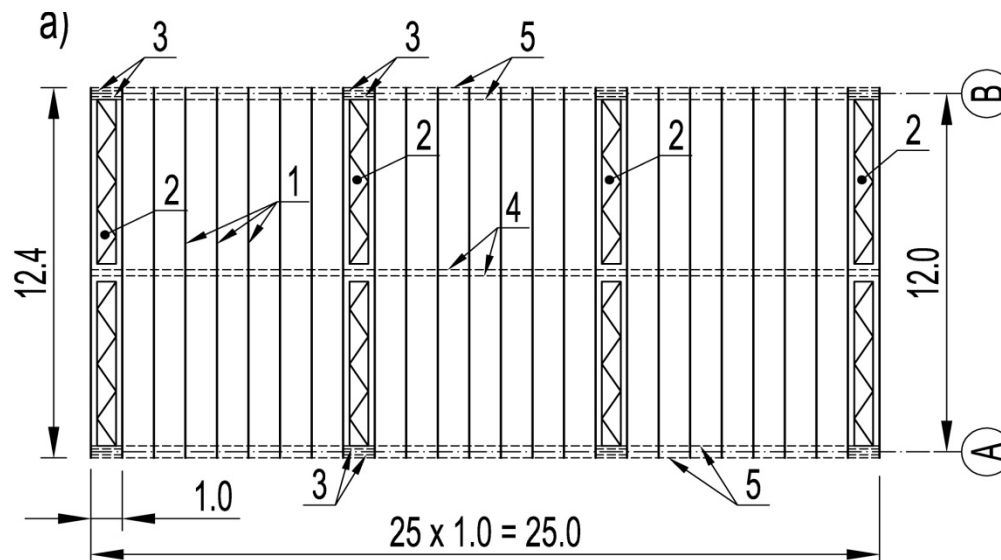
Obciążenie płatwi okapowej (skrajnej)  $R_q = 1,91 \times 20 / 2 = 19,1 \text{ kN}$ .

Jest to dodatkowa siła ściskająca, którą należy uwzględnić przy projektowaniu płatwi okapowej.

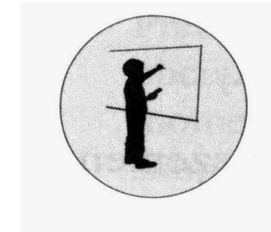
## PRZYKŁAD OBLICZENIOWY



• **Przykład 2.** Obliczyć oddziaływanie na układ stężeń dachowych i ściennych hali przedstawionej na rysunku 5. Wymiary geometryczne hali: długość hali 40,0 m, szerokość (w osiach) 12,0 m, ramy kratowe wykonano z drewna litego klasy C24 oraz C30 – pasy słupów, ramy rozmieszczone są w rozstawie 1,00 m, obudowa ścian i przekrycie dachu lekkie – blacha trapezowa na ryglach i łączeniu w rozstawie 0,50 m, pochylenie połaci dachowej 30% (16,7°). Na podstawie obliczeń statycznych układu nośnego (ramy kratowej – rys. 5b) otrzymano ekstremalne wartości sił ściskających: pasy wiązara dachowe  $N_{d1} = 18,6$  kN; pasy słupa  $N_{d2} = 21,4$  kN. W przykładzie ograniczono się jedynie do określenia wielkości oddziaływań stabilizujących na tężnik połaciowy poprzeczny i międzysłupowy. Na rys. 5 pokazano i opisano wszystkie niezbędne elementy stężące zapewniające stateczność ogólną rozważanego obiektu.



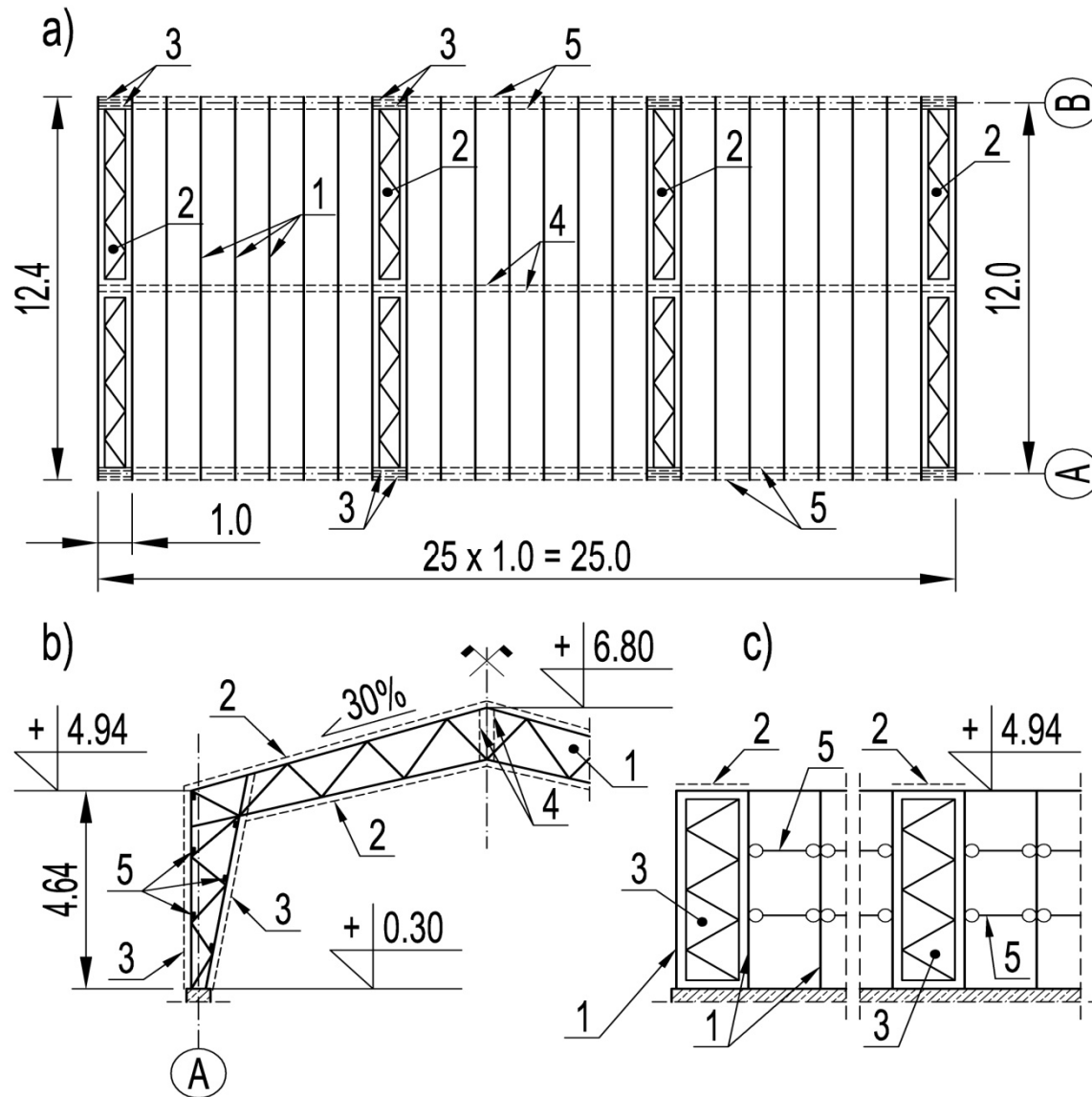
## PRZYKŁAD OBLICZENIOWY



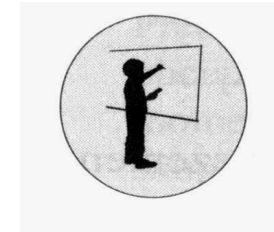
### Temat i rzut hali

Legenda do rysunku do przykładu obliczeniowego nr 2

- 1 – rama kratowa – poprzeczny układ nośny,
- 2 – kratowy tężnik połaciowy poprzeczny,
- 3 – kratowy tężnik międzysłupowy,
- 4 – pionowy podłużny tężnik dachowy (wiązarów),
- 5 – elementy usztywnienia podłużnego pasów słupów (tężnik podłużny)



## PRZYKŁAD OBLICZENIOWY



Rysunek do przykładu

Legenda do rysunku do przykładu  
 obliczeniowego nr 2

- 1 – rama kratowa – poprzeczny układ nośny,
- 2 – kratowy tężnik połaciowy poprzeczny,
- 3 – kratowy tężnik międzysłupowy,
- 4 – pionowy podłużny tężnik dachowy (wiązarów),
- 5 – elementy usztywnienia podłużnego pasów słupów (tężnik podłużny)

1. **Obciążenie stabilizujące tężnik połączeniowy poprzeczny**

Równomiernie rozłożone obciążenie stabilizujące dla zespołu elementów ściskanych określa się ze wzoru  $q_d = k_l \frac{n \cdot N_d}{k_{f,3} \cdot l}$

Obliczeniowa siła ściskająca  $N_d = N_{d1} = 18,6 \text{ kN}$

Liczba elementów usztywniających przypadająca na jeden tężnik  $n = 26/4 = 6,5$

Długość tężnika połączeniowego  $l$ ;  $l = 12,4 / \cos 16,7^\circ = 12,95 \text{ m}$

Współczynnik modyfikujący  $k_{f,3}$ ;  $k_{f,3} = 30$

Współczynnik  $k_l$ ;  $k_l = \min \left[ 1; \left( \frac{15}{l} \right)^{0,5} \right]$ ; dla  $l = 12,95 \text{ m}$ ;  $k_l = 1,00$

Obciążenie stabilizujące wynosi

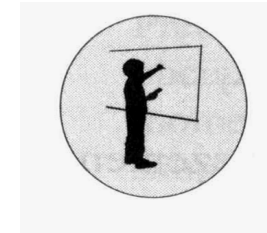
$$q_{d1} = 1,00 \times \frac{6,5 \times 18,6}{30 \times 12,95} = 0,31 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Przy projektowaniu tego tężnika do powyższego oddziaływania należy jeszcze dodać obciążenie zewnętrzne – wiatr oddziałujący na ściany szczytowe i połac dachową – obciążenie styczne.

Przybliżona wartość siły ściskającej pas stężenia kratowego (o pasach równoległych), tylko od powyższego obciążenia stabilizującego wynosi

$$N_c = \frac{0,31 \times 12,95^2}{8 \times 1,00} = 6,52 \text{ kN.}$$

**PRZYKŁAD  
 OBLICZENIOWY**



Należy tutaj podkreślić, że samo obciążenie imperfekcyjne powoduje wzrost siły ściskającej pas wiązara dachowego o około 35% – w sytuacji gdyby pas ten stanowi jednocześnie element składowy tężnika połączeniowego poprzecznego.

## 2. Obciążenie stabilizujące tężnik międzysłupowy

Obciążenie stabilizujące określa się ze wzoru  $q_{d1} = k_1 \frac{n \cdot N_d}{k_{f,3} \cdot l}$

Obliczeniowa siła ściskająca  $N_d = N_{d2} = 21,4 \text{ kN}$

Liczba elementów usztywniających przypadająca na jeden tężnik  
 $n = 26/4 = 6,5$

Długość tężnika międzysłupowego  $l = h; \quad l = 4,64 \text{ m}$

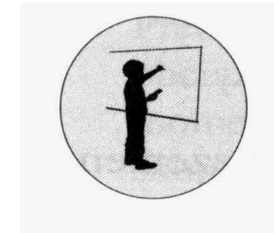
Współczynnik modyfikujący  $k_{f,3}$   $k_{f,3} = 30$

Współczynnik  $k_1; \quad k_1 = \min \left[ 1; \left( \frac{15}{l} \right)^{0,5} \right]; \quad \text{dla } l = 4,64 \text{ m}; \quad k_1 = 1,00$

Obciążenie stabilizujące wynosi:

$$q_{d1} = 1,00 \times \frac{6,5 \times 21,4}{30 \times 4,64} = 1,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

## PRZYKŁAD OBLICZENIOWY



Przy projektowaniu tego tężnika do powyższego oddziaływania należy jeszcze dodać reakcję od tężnika połaciowego poprzecznego, pochodzącą od obciążenia wiatrem. W rozważanym przypadku można pominąć reakcję od oddziaływania imperfekcyjnego tężnika połaciowego poprzecznego, ponieważ konstrukcja dachu (ramy kratowe z łątami i blachą trapezową) gwarantuje samorzównoważenie tych oddziaływań i braku aktywności zewnętrznej układu stężającego.

## PRZYKŁAD OBLICZENIOWY

