



## F. DŹWIGARY KRATOWE I WIĘZARY DACHOWE.

Dźwigary kratowe, obciążone układem sił zewnętrznych (obciążeń i oddziaływań podparć) pracują na zginanie według innych zasad, niż belki jednolite. Niema tu przekroju jednolitego o nateżeniach normalnych i ścinających, tylko układ prętów pracujących osiowo na ciśnienie lub ciągnienie pod działaniem sił wewnętrznych, które wskutek odkształcenia belki we wszystkich prętach powstały. Warunki dla obliczania, przyjęte w teorii dźwigarów kratowych:

- 1) pręty są połączone w węzłach przegibnie i spółśrodkowo, stąd tylko siły osiowe, momenty w prętach wykluczone;
- 2) obciążenia tylko w węzłach (także i ciężar własny);
- 3) pręty tylko proste, stąd nateżenie w przekroju i wzdłuż pręta stałe; możliwość użycia minimum materiału. Korzyść wobec belek litych, których materiał nigdy nie wyrzyskany. Niekorzyść: trudność wykonania. Dlatego używamy dźwigarów kratowych tylko dla większych rozpiętości (mosty  $l > 20$  m., w dachach i dla mniejszych  $l$ ).~

## WYZNACZALNOŚĆ WEWNĘTRZNA DŹWIGARÓW KRATOWYCH.

m.... liczba węzłów; dla każdego węzła 2 równania równowagi sił schodzących się w węzle (zewnątrznych i wewnętrznych);

2m.... liczba równań ogólna, z tych 3 równania dla równowagi sił zewnętrznych między sobą;

2m-3... liczba równań pozostałych dla wyznaczenia niewiadomych sił wewnętrznych w prętach.

Jeżeli  $n$  - liczba prętów, to dla:

$2m-3 = n$  - dźwigar statycznie wyznaczalny,

$2m-3 > n$  - dźwigar chwiejny,

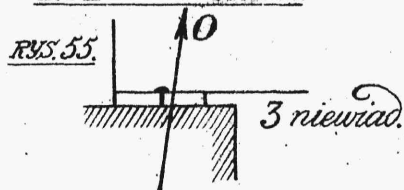
$2m-3 < n$  - " - statycznie niewyznaczalny 1<sup>o</sup>,

2<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup> rzędu. Dźwigary o budowie trójkątowej są sztywne i statycznie wyznaczalne, jeśli przez dwuprętowe opuszczenie węzłów dadzą się sprowadzić do trójkąta podstawowego. Wyjątki: np. wieżar POLDNEAU podwójny sprowadza się do pięcioboku, a jest statycznie wyznaczalny.

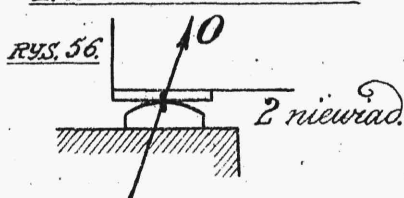
## WYZNACZALNOŚĆ ZEWNĘTRZNA [ZE WZGLĘDU NA ŁOŻYSKA].

Rodzaje łożysk: 1) stałe, 2) ruchome.

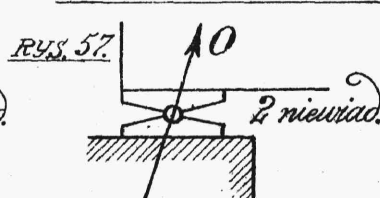
Ł. PŁYTOWE STAŁE.



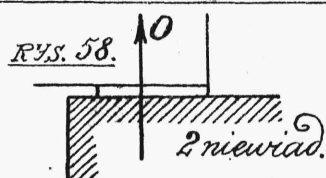
Ł. KOŁYSKOWE STYCZNE.



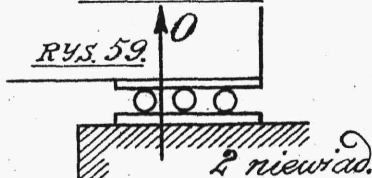
Ł. KOŁYSKOWE CZOPOWE.



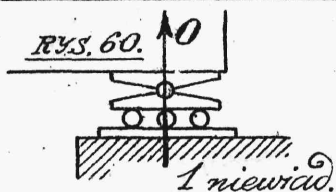
Ł. PŁYTOWE PRZESUWANE.



Ł. WAŁKOWE.



Ł. KOŁYSKOWE-WAŁKOWE.



Dźwigary statycznie wyznaczalne na 2 podporach, mogą mieć razem 3 niewiadome podporowe, więc ściśle biorąc: 1 łożysko kołyskowe i 1 łożysko kołyskowo-wałkowe.

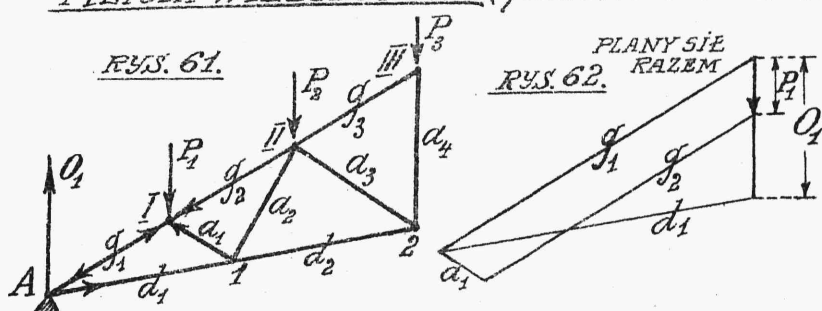
# WYZNACZENIE WYKREŚLNE SIŁ WEWNĘTRZNYCH.

METODA WIELOBOKOWA (planów sił CREMONY) jako metoda

węzłów lub metoda: przecięć.

## METODA WĘZŁÓW.

Zasada: wieloboki sił dla kolejnych węzłów muszą się zamykać. Łaczyna się od węzła, w którym są tylko



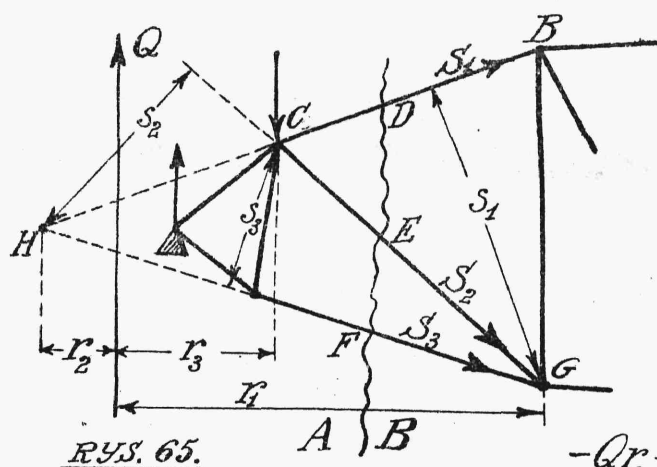
PLANY SIŁ OSOBN.

RYS. 63.

RYS. 64.

2 siły wewn. niewiadome, np. od węzła toryskowego.

## METODA PRZECIEĆ ANALITYCZNA [RITTERA].



Dla węzła G:

$$Q_1 + S_1 S_1 = 0, \\ S_1 = -\frac{Q_1}{S_1} = -\frac{M_G}{S_1};$$

Dla węzła C:

$$Q_3 - S_3 S_3 = 0; \\ S_3 = \frac{Q_3}{S_3} = +\frac{M_C}{S_3};$$

Dla punktu H:

$$-Q_2 + S_2 S_2 = 0, \quad S_2 = \frac{Q_2}{S_2};$$

Siły wewnętrzne pasów są więc zależne od momentów; siły w przekrojach zależne od sił poprzecznych w danym przedziale kraty.

## METODA PRZECIEĆ WYKREŚLNA.

Zasada: wieloboki sił dla kolejnych przekrojów muszą się zamykać. Dla odciętej części belki nastąpi równowaga pomiędzy wypadkową sił zewnętrznych, działających

ko jednej (lewej) stronie przekroju a siłami wewnętrznymi przeciętych prętów. Należy zacząć od przekroju o 2 niewiadomych i przechodzić do dalszych, w których są najwyżej 2 nowe niewiadome.

### OBCIĄŻENIE DACHÓW.

a) Ciężar własny: 1) ciężar pokrycia wraz z krokiewiami,  $\sim 40 \div 100 \text{ kg na m}^2$  powierzchni dachu zależnie od materiału pokrycia;

2) ciężar płatowni i techników,  $\sim 15 \text{ kg/m}^2$ ;

3) — węgarków ( $15 \div 25 \text{ kg/m}^2$  dla węgarków żelaznych).

b) Ociążenie śniegiem:  $s = 80 \text{ kg/m}^2$  płaskorówny poziomej;

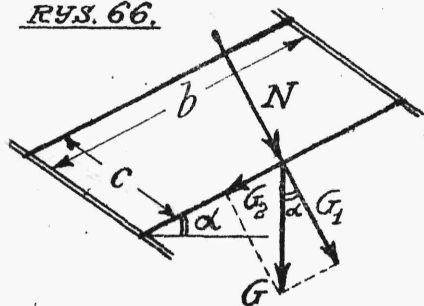
$s_1 = 80 \cdot \cos \alpha \text{ kg/m}^2$  płaskorówny nachylonej do poziomu pod kątem  $\alpha$ ; dla  $\alpha \geq 45^\circ \dots s_1 = 0$ .

c) Parcie wiatru:  $w = 150 \text{ kg na m}^2$  płaskorówny  $\perp$  do kierunku wiatru, przyjętego zwykle pod kątem  $10^\circ$  do poziomu. Składowa wiatru  $\perp$  do dachu powinna być:

$n = 150 \cdot \sin^2(\alpha + 10)$ , zamiast czego przyjmuje się niekorzystniej:  $n = 150 \cdot \sin(\alpha + 10)$ .

### OBLICZENIE DACHÓW ŻELAZNYCH.

RYS. 66.



I. Obliczenie krokwii jako belek ukośnych, pracujących na siłę osiową i zginanie!

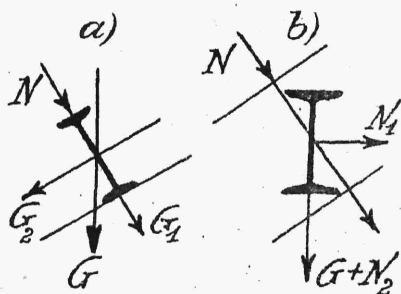
Odstęp krokwii  $c$  około  $1,0 \text{ m}$ , tylko dla pokrycia szkieletem  $c \approx 0,5 \text{ m}$ .

Ociążenia rozkłada się według

rysunku, bochem dla przyjętego z góry przekroju krokwii sprawdza się największe natężenie:

$$V = \frac{G_2}{A} + \frac{M}{W}, \text{ gdzie } M = \frac{(G_1 + N) \cdot b}{8}.$$

II. Obliczenie płatew najłatwiej jako belek jednostajnie obciążonych, poziomych, o przekroju często ukośnie ustawionym, narażonym na zginanie w dwóch płaszczyznach głównych.



RYŚ. 67.

Stosownie do położenia przekrojów następuje rozkład obciążeń według rysunku a) lub b).

poczem obliczenie największych napięć skrajnych dla przyjętego z góry przekroju, wzorem:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y}.$$

### III. Obliczenie węzarów

#### 1) Zestawienie ciężarów węzłowych:

a) ciężar pokrycia, płatew i ciężar własny węzara w węzłach pasa górnego; ewentualnie ciężary zawieszone (stroki i t.d.) w węzłach pasa dolnego;

b) ciężary węzłowe dla obciążenia śniegiem, zwykle osobno;

c) ciężary węzłowe parcia wiatru z lewej i prawej strony.

2) Wyznaczenie oddziaływań, dla każdego rodzaju obciążenia, najprościej wykreślić. Dla parcia wiatru: oddziaływanie na łożysku ruchomem pionowe. Przecięcie wypadkowej wiatru z pionem łożyska ruchomego określa kierunek oddziaływania na łożysku stałym. Jeżeli oba łożyska stałe (dla węzarów niewielkich): oba oddziaływania || do kierunku wiatru.

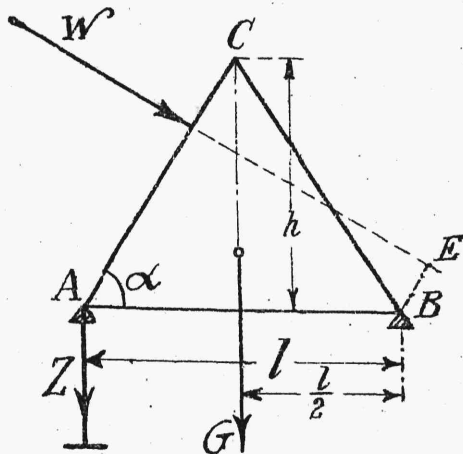
3) Wykres planów sił metodą CREMONY.

- a) przy obciążeniu tylko pasa górnego: na oddziaływaniach i cięż. węzłowych jak zwykle;  
b) przy obciążeniu także pasa dolnego: w wieloboku sił zewnętrznych należy zasunąć na siebie oddziaływania o sumę ciężarów węzłowych dolnych.

4) Dla dachów z latarnią.

- a) latarnia należy do systemu więzara: płam sil dla wszystkich prętów odrazu, lub za pomocą chręściowych planów dla prętów latarni.
- b) latarnia ma ustroj odrębny: wtedy wyznaczamy reakcje latarni jak dla obu żołytek statycznych, dla obciążenia pionowego i parcia wiatru osobno. Odwrotność tych reakcji daje działanie latarni na dach i tworzy dodatkowe ciężary węzłowe dla badania więzara głównego.

5) Sprawdzenie stałości więzara  
dla dachów wysokich:



*RYS. 68.*

$$G \cdot \frac{l}{F} \geq 1,5 W_{BE}$$

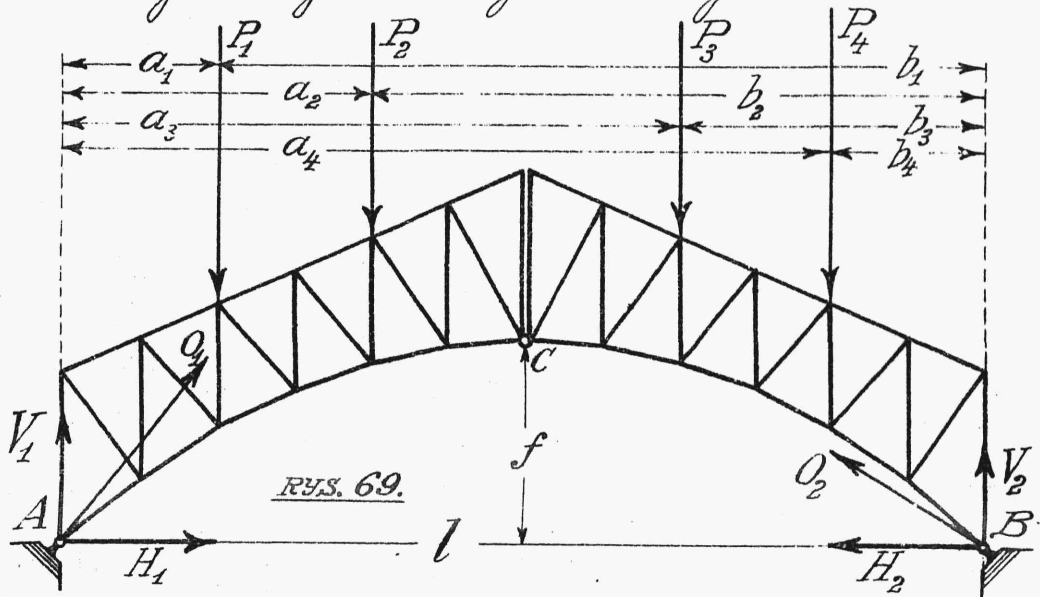
dla 1,5-krotnej pewności prze-  
ciw wywróceniu przy najwięk-  
szem falcie wiatru. Jeżeli  
ciężar własny nie wystarczy,  
następuje zakotwienie Z, któ-  
re obliczamy z równania:

$$Z.l + G \cdot \frac{l}{2} = 1,5 W. BE. \sim$$



WIĘZAR ŁUKOWY TRÓJPRZEGUBOWY.

Oba łożyska stałe (kołyskowe) i przegub szczytowy;  
ustroj statycznie wyznaczalny.

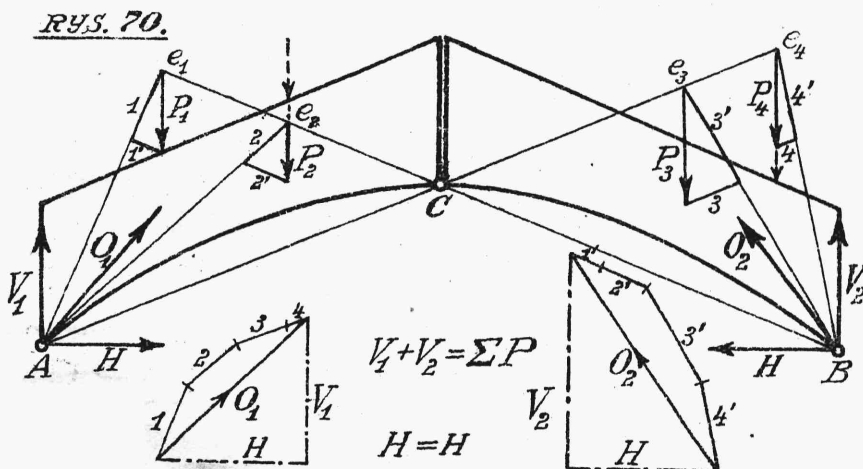


Nawet dla obciążenia pionowego powstają w A i B oddziaływania ukośne, których składowa pozioma H jest jednakowa na obu łożyskach. Wyznaczenie składowych pionowych  $V_1, V_2$  - jak dla belki wolno podpartej:  $\sum Pa - V_2 l = 0$ ,  $V_2 = \frac{1}{l} \sum Pa$ , zaś  $\sum Pb - V_1 l = 0$ ,  $V_1 = \frac{1}{l} \sum Pb$ .

Dla wyznaczenia H suma momentów dla  $C = 0$ , stąd:

$$H = \frac{1}{2f} (P_1 a_1 + P_2 a_2 + P_3 b_3 + P_4 b_4)$$

Wykreślenie: oddziaływania dla każdej siły osobno, po-



czem złożenie częściowych oddziaływań, osobno dla A i osobno dla B, jak to wskazuje rysunek.

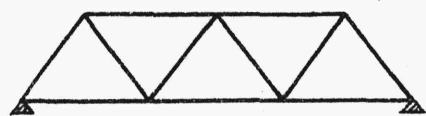
RODZAJE DŹWIGARÓW KRATOWYCH.



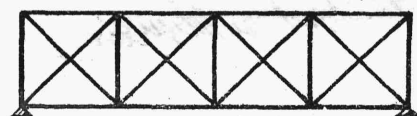
RYS. 71.



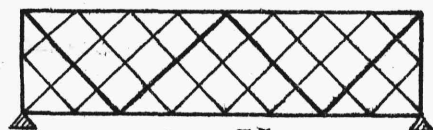
RYS. 72.



RYS. 73.



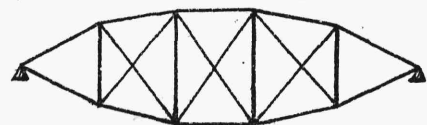
RYS. 74.



RYS. 75.

krotna ( $n$ -krotna); krata podwójna, potrójna.....  
krata gęsta, dziś nieużywana.~

Rozróżniamy:  $\alpha$ ) dźwigary kratowe o pasach równoległych;  
 $\beta$ ) dźwigary wieloboczne (RYS. 76).~

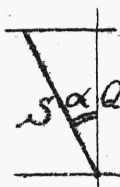


RYS. 76.

Uproszczone wzory  
dla belek równoległych:

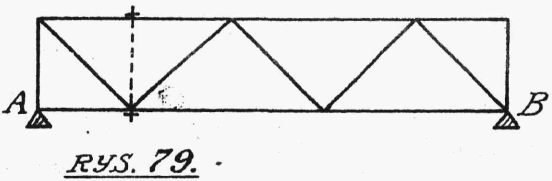
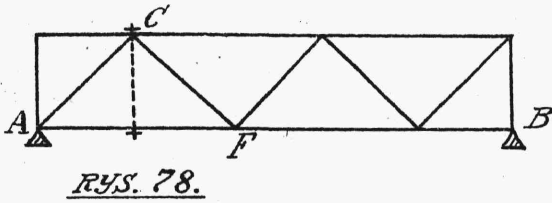
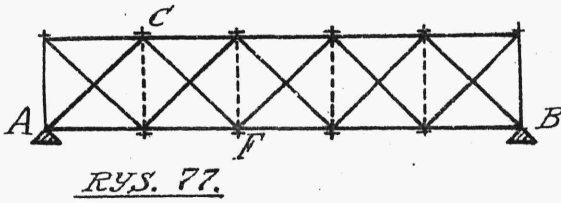
Sily wewnętrzne w pasach  $S = \pm \frac{M}{h}$ .... proporcjonalne do momentu zgięcia, odwrotnie prop. do wysokości belki.

Sily wewnętrzne w przekątniach  $S = \frac{Q}{\cos \alpha}$ ... proporcjonalne do sił poprzecznych.~





BELKA HOWE'A.



Jestto belka równoległa o kracie złożonej ze sztucznem napięciem, wywołanem przez naciągnięcie śrub pionowych. Ciągnięcie to wywołuje w przekątniach AC i CF ciśnienie równe, tak wielkie, aby zrównoważyło w CF ciągnięcie powstałe pod wpływem obciążeń.

W belce obciążonej wyniknie w AC podwójne ciśnienie, w CF siła = 0 ; w belce nieobciążonej wyniknie w AC i CF ciśnienie sztuczne, natomiast w żadnej przekątnej nie będzie ciągnięcia.

