

# PODSTAWOWE MODELE OBCIĄŻENIA RUCHOMEGO WG PN-85/S-10030 i PN-EN 1991-2

## 1. Kołowe obciążenia ruchome drogowych obiektów mostowych wg PN-85/S-10030

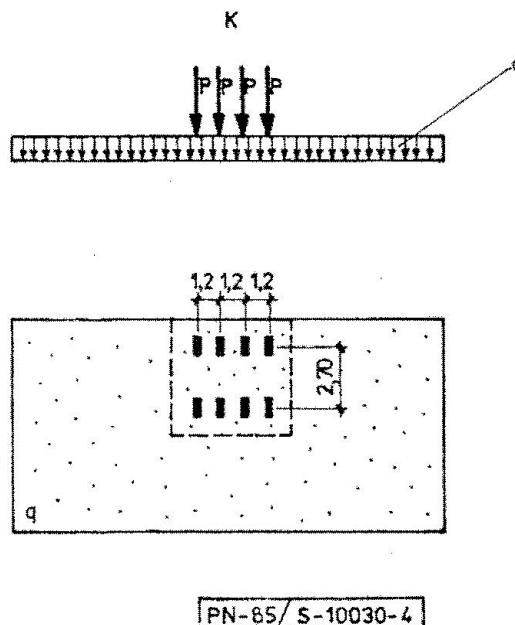
### 1.1. Rodzaje obciążeń ruchomych drogowych obiektów mostowych

Przy projektowaniu drogowych o obiektów mostowych uwzględniać należy następujące umowne obciążenia ruchome:

- obciążenia taborem samochodowym,
- obciążenia tramwajami,
- obciążenia chodników, kładek, schodów i poręczy,
- obciążenia wywołane hamowaniem i przyspieszaniem pojazdów,
- obciążenia siłami odśrodkowymi,
- obciążenia wywołane uderzeniami pojazdów o elementy mostowe, obciążenia wyjątkowe.

### 1.2. Klasy obciążeń

Obiekty mostowe w ciągu dróg samochodowych należy projektować na jedną z klas obciążeń A, B, C, D i E wg tab. 3 i rys. 4. Obiekty zaprojektowane na obciążenia wg tab. 3 mogą być także obciążane przez pojazdy o ciężarach całkowitych zgodnych z tab. 5. O wyborze klasy obciążenia decyduje organ administrujący danym obiektem.



Rys. 4

**Tablica 3. Obciążenia taborem samochodowym  $K$  i  $q$  dla elementów głównych i pomostu (rys. 4 i 5)**

Klasa obciążeń	Mnożnik do klasy A	Obciążenie $q$ kN/m <sup>2</sup>	Obciążenie $K$ kN	Nacisk na oś kN
A	1,00	4,00	800	200
B	0,75	3,00	600	150
C	0,50	2,00	400	100
D	0,40	1,60	320	80
E	0,30	1,20	240	60

**Tablica 4. Obciążenia pojazdami samochodowymi  $S$  elementów pomostu (rys. 6)**

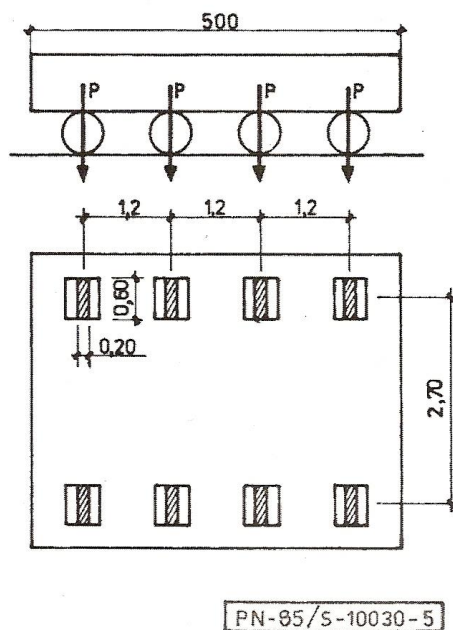
Klasa obciążenia	Ciężar łączny kN	Nacisk na oś kN			a m
		$P_1$	$P_2$	$P_3$	
A	300	60	120	120	1,00
B	300	60	120	120	1,25
C	300	60	120	120	1,50
D	200	80	120	-	1,50
E	150	50	100	-	1,50

**Tablica 5. Ciężary pojazdów dopuszczalnych do eksploatacji po obiektach zaprojektowanych wg niniejszej normy**

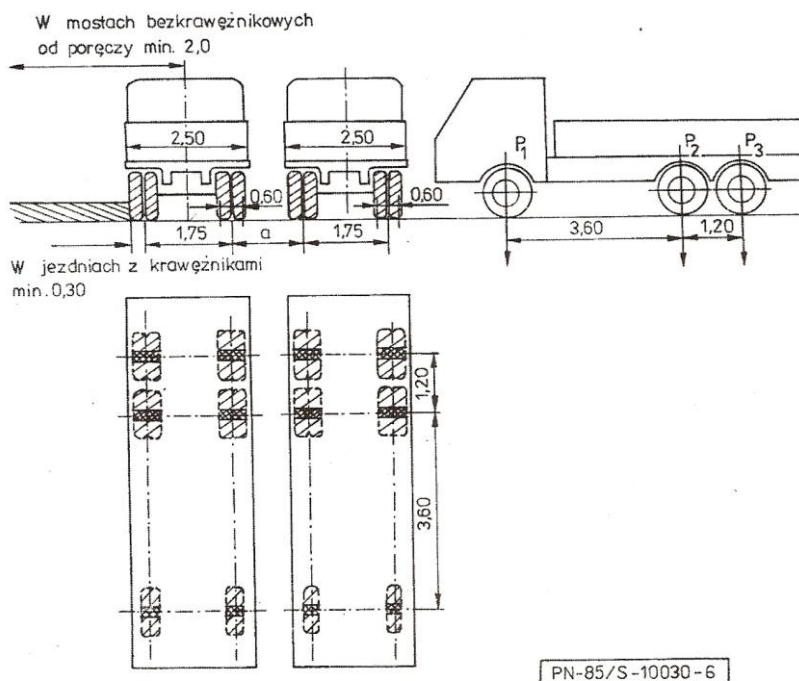
Klasa	A	B	C	D	E
Ciężar kN	500	400	300	200	150

### 1.3. Wartości obciążeń i ich ustawienie

Schemat obciążenia elementów głównych należy przyjmować wg rys. 4 i 5. Schemat ten składa się z obciążenia równomiernie rozłożonego  $q$  oraz obciążenia  $K$  (w postaci sił skupionych) nałożonego na obciążenie  $q$  w miejscu najniekorzystniejszym dla obliczanej wielkości. Wartości omawianych obciążeń podane są w tab. 3.



Rys. 5



Rys. 6

Zalecenia szczegółowe sytuowania obciążeń:

- Na jezdniach bez krawężników i jezdniach z barierami ochronnymi należy pozostawić wolne od obciążeń pasy przy poręczach lub barierach, o szerokości po 0,50 m.
- Należy wyłączyć od obciążenia  $q$  oraz od obciążeń pojedynczymi siłami  $K$  odcinki lub obszary w przekroju poprzecznym lub podłużnym, jeśli jest to niekorzystne dla obliczanej wielkości.
- Obciążenie  $K$  należy stosować ze współczynnikiem dynamicznym  $\varphi$ . Obciążenia  $q$  należy stosować nie uwzględniając współczynnika dynamicznego.

- Obciążenia  $K$  składa się z ośmiu nacisków kół ustawionych w czterech osiach o rozstawie 1,2 m, przy rozstawie kół w osi 2,70 m ( rys. 5). Obciążenie  $K$  może składać się z dowolnie wybranych sił skupionych ze schematu, jeśli jest to najbardziej niekorzystne położenie dla obliczanej wielkości.
- Na obiekcie może znajdować się jedno obciążenia  $K$ .
- Odległość osi obciążenia  $K$  od krawężnika nie może być mniejsza niż 2,00 m, od bariery ochronnej lub poręczy przy jezdniach bezkrawężnikowych nie mniejsza niż 2,50 m.
- Przy obliczaniu elementów o  $L \geq 4,80$  m obciążenie  $K$  może być zastąpione przez obciążenie równomiernie rozłożone na długości 4,80 m.

#### 1.4. Współczynnik dynamiczny obciążeń

Do obciążeń należy stosować współczynnik dynamiczny:

$$\varphi = 1,35 - 0,005L \leq 1,325$$

$$\text{Dla } L \geq 70,0 \text{ m, } \varphi = 1,00$$

W podanym wzorze jako  $L$  należy przyjmować:

- rozpiętość teoretyczną przęsła dla elementów głównych elementów podpór w przęsłach swobodnie podpartych, w jednoprzęsłowych ramach lub łukach, w przęsłach ze wspornikami (z wyłączeniem wsporników);

- rozpiętość średnia przęsła ciągłego lub układu wieloprzęsłowego.

Współczynnik dla elementu przykrytego warstwą gruntu lub innego materiału niekonstrukcyjnego grubości spełniającej warunek  $0,50 \text{ m} \leq h \leq 1,00 \text{ m}$  należy określać wg wzoru:

$$\varphi(h) = 1 + \frac{(1 - h) \times (\varphi - 1,0)}{0,50}$$

Gdzie:

$h$  - grubość warstwy,

$\varphi$  – współczynnik dynamiczny.

Dla  $h \geq 1,00 \text{ m}$ ,  $\varphi(h) = 1,00$ .

Nie należy stosować współczynników dynamicznych do obciążeń podpór masywnych i fundamentów, do obciążeń naziomu przy wyznaczaniu parcia gruntu, do obciążeń tłumem pieszych, do sił hamowania lub przyspieszania i sił odśrodkowych taboru samochodowego.

## **2. Obciążenia ruchome - oddziaływania ruchu drogowego na obiekty mostowe wg PN-EN 1991-2**

### **2.1. Obszar stosowania oddziaływania ruchu drogowego na obiekty mostowe**

Zaleca się, aby podane w normie PN-EN 1991-2 rodz. 4. zasady obciążania obiektów mostowych stosowana w projektowaniu mostów drogowych o długościach obciążanych mniejszych niż 200,0 m. (200,0 m odpowiada obciążanej długości wg Modelu 1. W przypadku długości obciążanych dłuższych niż 200,0 m modele obciążenia określa się wg załącznika krajowego lub osobnej dokumentacji technicznej.) Modele obciążeniowe powinny uwzględniać wszystkie warunki ruchu w dowolnym kierunku na każdym pasie wywołane ruchem drogowym. (W przypadku mostów odpowiednio wyposażonych, łącznie ze znakami drogowymi, w celu ścisłego ograniczenia ciężaru pojazdu, modele szczególne określa się wg załącznika krajowego. Modele obciążeń przyczółków i ścian przyległych do mostów określa się niezależnie, bez uwzględnienia efektów dynamicznych.)

Skutki obciążeń na miejscu budowy dróg lub obciążeń używanych podczas przeglądów i badań nie są uwzględnione w modelach obciążeń, określa się je niezależnie (jeśli zachodzi taka potrzeba).

### **2.2. Klasy obciążeń**

Rzeczywiste obciążenia mostów drogowych są wynikiem działania różnych kategorii pojazdów oraz pieszych.

Ruch pojazdów na mostach może różnić się składem (np. procentowym udziałem samochodów ciężarowych), natężeniem, ekstremalnymi prawdopodobnymi ciężarami pojazdów i naciskami ich osi oraz wpływem znaków drogowych ograniczających ich ładowność. Różnice te należy brać pod uwagę podczas stosowania modeli obciążeniowych.

### **2.3. Podział jezdni na umowne pasy obciążeniowe**

Podczas wyznaczania obciążenia jezdnie dzieli się na umowne pasy. Szerokość jezdni należy mierzyć krawężnikami lub między krawężnikami lub między wewnętrznymi krawędziami barier ochronnych i nie uwzględniać odległości ani między stałymi barierami ochronnymi lub krawężnikami pasa dzielącego, ani szerokości tychże barier. (Zalecana minimalna wysokość krawężnika wynosi 100 mm, wartość określa załącznik krajowy.)

Szerokość pasów umownych  $w_1$  na jezdni i ich największa całkowita ilość przedstawia tab. 4.1.

Tablica 4.1 – Liczba i szerokość pasów umownych

Szerokość jezdni $w$	Liczba pasów umownych	Szerokość pasa umownego $w_i$	Szerokość obszaru pozostałego
$w < 5,4 \text{ m}$	$n_i = 1$	3 m	$w - 3 \text{ m}$
$5,4 \text{ m} \leq w < 6 \text{ m}$	$n_i = 2$	$\frac{w}{2}$	0
$6 \text{ m} \leq w$	$n_i = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right)$	3 m	$w - 3 \times n_i$

UWAGA Na przykład, przy szerokości jezdni równej 11 m,  $n_i = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right) = 3$ , a szerokość obszaru pozostałego wynosi  $11 - 3 \times 3 = 2 \text{ m}$ .

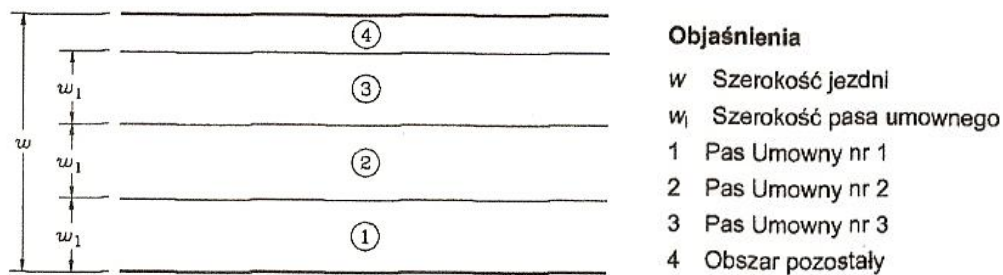
W przypadku zmiennej szerokości jezdni szerokość pasów również należy określać wg tab. 4.1.

Jeżeli jezdnia na pomości jest fizycznie podzielona na dwie części pasem rozdziału to:

- każda jej część, uwzględniając wszystkie pasy postojowe i opaski, powinna być niezależnie dzielona na pasy umowne, jeżeli części te są oddzielone stałą barierą ochronną;
- całą jezdnię wraz z pasami rozdziału należy dzielić na pasy umowne, jeżeli części są oddzielone tymczasowymi barierami ochronnymi.

Położenie pasów i ich numeracja określają następujące zasady:

- Położenie pasów umownych niekoniecznie odpowiada ich numeracji.
- W każdym indywidualnym sprawdzeniu liczba pasów uwzględnianych jako obciążone, ich położenie na jezdni oraz ich numeracja, są dobrane w taki sposób aby wyniki ich oddziaływania były jak najbardziej niekorzystne.
- Zalecane jest by w przypadku reprezentatywnych wartości zmęczeniowych modeli, położenie i numerację pasów dobierano w zależności od ruchu przewidywanego w normalnych warunkach.
- Pas dający najbardziej niekorzystny skutek jest numerowany jako Pas nr 1, a pas dający drugi z kolei najbardziej niekorzystny skutek jako Pas nr 2.
- Gdy jezdnia składa się z dwóch oddzielnych części na tym samym pomości, to należy stosować tylko jedną numerację na całej jezdni.
- Gdy jezdnia składa się z dwóch niezależnych części na dwóch niezależnych pomostach, to każdą część należy traktować jako oddzielną jezdnię. Należy wtedy stosować niezależną numerację przy projektowaniu każdego pomostu. Jeśli dwa pomosty są oparte na tych samych filarach i/lub przyczółkach, to przy projektowaniu filarów lub przyczółków należy stosować jedną wspólną numerację do obu części.



Rysunek 4.1 – Przykład numeracji pasów w najbardziej ogólnym przypadku

## 2.4. Stosowanie modeli obciążeń na pojedynczych pasach

W przypadku każdego indywidualnego sprawdzenia modele obciążeń na każdym pasie umownym należy stosować na takiej długości i w taki sposób ustawione wzdłuż pasa, aby uzyskać najbardziej niekorzystny efekt, o ile jest to zgodne z warunkami stosowania określonymi poniżej w przypadku każdego modelu.

Na obszarze pozostałym przypisany mu model należy na takich długościach i szerokościach, które dawałyby najbardziej niekorzystny efekt, o ile jest to zgodne z szczególnymi warunkami.

Jeśli zachodzi odpowiedni przypadek to, różne modele obciążeń należy ze sobą łączyć.

## 2.5. Sytuacje obliczeniowe

Obciążenia charakterystyczne mają na celu określenie efektów ruchu drogowego związanych ze sprawdzeniami stanu granicznego nośności oraz w szczególnych przypadkach stanu granicznego użyteczności.

Modele obciążeń pionowych przedstawiają następujące efekty ruchu:

- Model obciążenia 1 – obciążenia skupione i równomiernie rozłożone, które obejmują większość skutków ruchu samochodów ciężarowych i osobowych. Model ten należy stosować w sprawdzeniach ogólnych i lokalnych.
- Model obciążenia 2 – nacisk pojedynczej osi przyłożony do określonych powierzchni kontaktu opony, który obejmuje skutki dynamicznie normalnego ruchu w przypadku krótkich elementów konstrukcyjnych. (Rząd wielkości mówi o zakresie obciążonych długości od 3,00-7,00 m.)
- Model obciążenia 3 – zbiór zestawów nacisków osi przedstawiające pojazdy specjalne (np. do transportu przemysłowego), które mogą poruszać się po drogach dopuszczonych do obciążeń nienormalnych. Jest przeznaczony do sprawdzeń ogólnych i lokalnych.
- Model obciążeń 4 – obciążenie tłumem przeznaczone do sprawdzeń ogólnych.

## 2.6. Modele obciążeń ruchu drogowego

Obciążenia wynikające z ruchu drogowego składającego się z samochodów osobowych, ciężarowych i pojazdów specjalnych wywołują siły pionowe, poziome, statyczne i dynamiczne. (Modele obciążeniowe zdefiniowane w rozdz. 4 nie opisują rzeczywistych obciążeń, zostały one dobrane i skalibrowane, tak aby przedstawiały skutki ruchu drogowego w Europie w roku 2000.)

Jeżeli w projektowaniu mostu należy uwzględnić pojazdy nie odpowiadające krajowym przepisom dotyczącym ograniczenia ciężarów lub wymiarów, nie wymagające specjalnych pozwoleń, to zaleca się ich określenie. (Modele te, należy określić w załączniku krajowym normy.)

Model obciążenie 1 składa się z dwóch układach częściowych:

a) Dwuosiowy obciążenia skupione (układ tandemowy: TS), w którym każda oś ma następujące obciążenie:

$$\alpha_Q \times Q_k$$

Gdzie:  $\alpha_Q$  to współczynniki dostosowawcze.

Zalecenia:

- Na pasie umownym należy uwzględniać nie więcej niż jeden układ tandemowy.
- Należy uwzględniać pełne układy tandemowe.
- Do oceny skutków ogólnych, każdy system tandemowy należy za przemieszczający się osiowo, wzdłuż pasów umownych (dla sprawdzeń lokalnych rys. 4.2b).
- Każdą oś układu tandemowego należy uwzględniać w postaci dwóch identycznych kół, z naciskiem na koło wynoszącym zatem  $0,5 \alpha_Q \times Q_k$ .
- Powierzchnię kontaktu każdego koła należy przyjmować za kwadrat o boku 0,40 m (rys. 4.2 b).

b) Obciążenie równomierne rozłożone (układ UDL), daje następujący nacisk na metr kwadratowy pasa umownego:

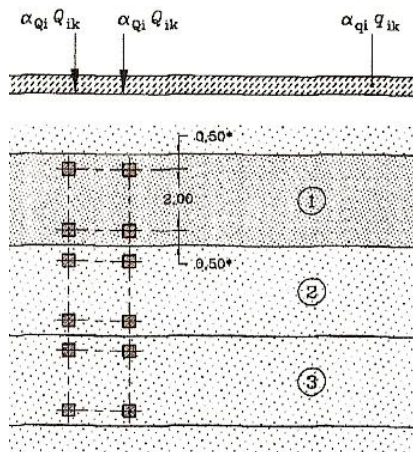
$$\alpha_q \times q_k$$

Gdzie:  $\alpha_q$  – to współczynniki dostosowawcze.

Zalecenia:

- Obciążenie równomiernie rozłożone należy ustawić podłużnie i poprzecznie tylko na najbardziej niekorzystnych częściach powierzchni wpływu.





**Objaśnienia**

- (1) Pas nr 1:  $Q_{1k} = 300 \text{ kN}$  ;  $q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$
  - (2) Pas nr 2:  $Q_{2k} = 200 \text{ kN}$  ;  $q_{2k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
  - (3) Pas nr 3:  $Q_{3k} = 100 \text{ kN}$  ;  $q_{3k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- \* Dla  $w_1 = 3,00 \text{ m}$

**Rysunek 4.2a – Zastosowanie Modelu Obciążenia 1**

Model obciążenie 1 ustalono jako uwzględniający sytuacje ruchu ciągłego, zatłoczenia lub zatoru z dużym udziałem samochodów ciężarowych.

W przypadku sprawdzeń lokalnych układ tandemowy należy ustawić w najbardziej niekorzystnym położeniu. Jeśli uwzględnione są dwa układy tandemowe na sąsiednich pasach, to odległość między osiami ich kolnie może być mniejsza niż 0,50 m.

Powyższy model obciążenia należy ustawić na każdym pasie umownym oraz na obszarach pozostałych. Na pasie umownym nr  $i$ , wielkości obciążeń wynoszą odpowiednio  $\alpha_{Qi} \times Q_{ik}$  oraz  $\alpha_{qi} \times q_{ik}$  (wg tab. 4.2). Na pozostałych obszarach wielkość obciążenia wynosi  $\alpha_{qr} \times q_{rk}$ .

Wartość współczynników dostosowawczych  $\alpha_{qi}$ ,  $\alpha_{Qi}$ ,  $\alpha_{qr}$ , należy dobrać w zależności od przewidywanego ruchu oraz klasy drogi. W razie braku określenie współczynników należy je przyjmować za jedności. Wartości tychże współczynników podaje załącznik krajowy, zalecane są następujące wartości:

$$\alpha_{Qi} \geq 0,8 \text{ oraz dla } i \geq 2,0, \alpha_{qi} \geq 1,0 \text{ (ograniczenie to nie stosuje się do } \alpha_{qr}\text{)}$$

W załączniku krajowym wartości współczynników  $\alpha$  mogą odpowiadać kategoriom ruchu. Jeśli przyjmie się je równe 1, to jest to ruch, w którym przewidywane są pojazdy ciężkie w ruchu międzynarodowym. W przypadku bardziej typowych kompozycji ruchu (autostradach i drogach szybkiego ruchu) można zalecić redukcje współczynników o 10%-20% stosowanych do układów tandemowych oraz obciążeń równomiernie rozłożonych na Pasie nr 1.

Tab. 4.2 przedstawia wartości charakterystyczne  $Q_{ik}$  i  $q_{ik}$  wraz z nadwyżka dynamiczną.

**Tablica 4.2 – Model Obciążenia 1: wartości charakterystyczne**

Położenie	Układ tandemowy TS	Układ UDL
	Obciążenia osi $Q_{ik}$ (kN)	$q_{ik}$ ( lub $q_{rk}$ ) (kN/m <sup>2</sup> )
Pas Numer 1	300	9
Pas Numer 2	200	2,5
Pas Numer 3	100	2,5
Pozostałe pasy	0	2,5
Obszar pozostały ( $q_{ik}$ )	0	2,5