

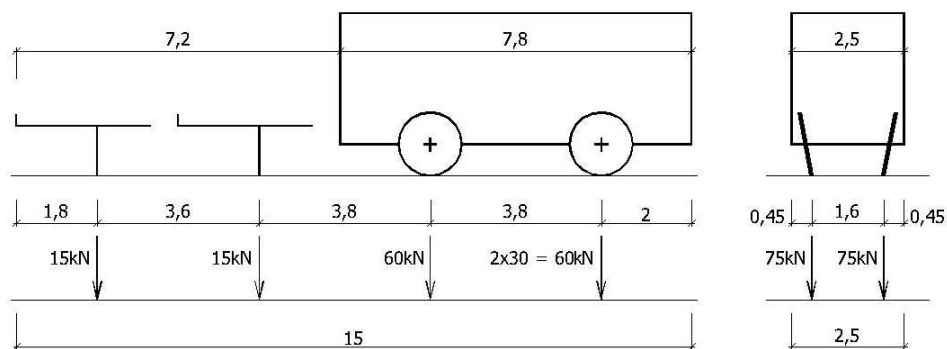
PŘEHLED SVISLÉHO POHYBLIVÉHO
ZATÍŽENÍ SILNIČNÍCH MOSTŮ

1 MOSTNÍ ŘÁD C.K. MINISTERSTVA ŽELEZNIC Z ROKU 1887

Pohyblivé zatížení mostů I. třídy (dynamické účinky se zanedbávají).

Alternativy :

- 1) Čtyřkolové nákladní vozy po 120 kN a 2 potahy po 15 kN. (obrázek viz kapitola 3.2)
- 2) Tlačení lidí 4,6 kN/m².



Kombinace zatížení :

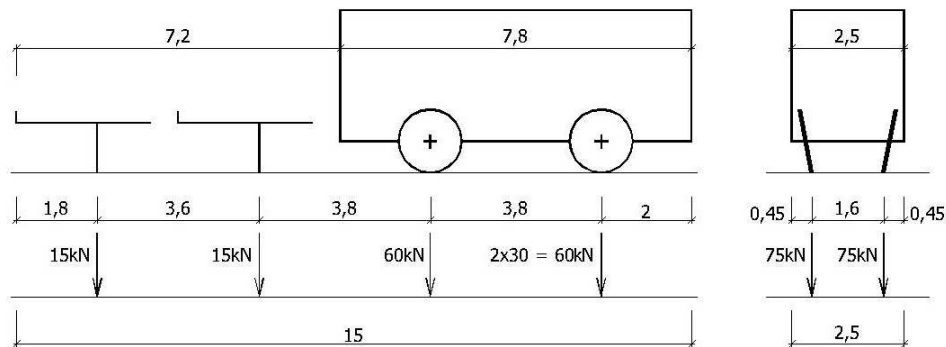
- a) Největší možné seskupení vozů na vozovce za současné tlačení lidí na chodnících i na zbývajících částech vozovky.
- b) Tlačení lidí jak na chodnících tak na vozovce.

2 MOSTNÍ ŘÁD C.K. MINISTERSTVA ŽELEZNIC Z ROKU 1904

Pohyblivé zatížení mostů I. třídy (dynamické účinky se zanedbávají).

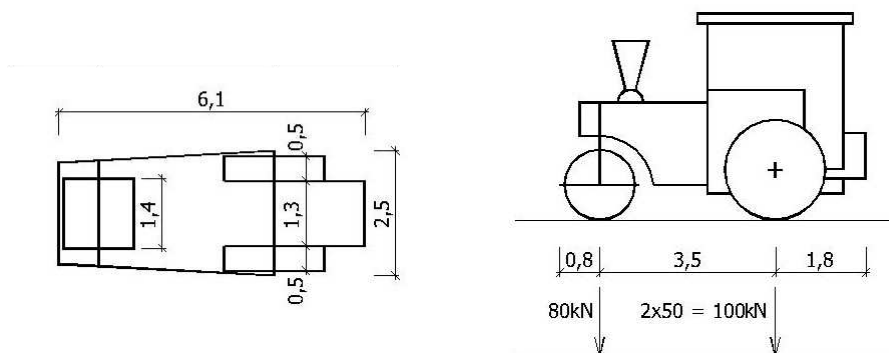
Alternativy:

- 1) Čtyřkolové nákladní vozy po 120 kN a 2 potahy po 15 kN.



- 2) Tlačení lidí 4,6 kNm⁻².

- 3) Silniční parní válec 180 kN.



Kombinace zatížení :

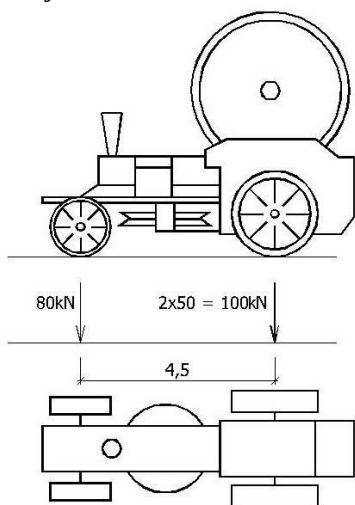
- a) Největší možné seskupení vozů na vozovce za současné tlačení lidí na chodnících i na zbývajících částech vozovky.
b) Tlačení lidí jak na chodnících tak na vozovce.
c) Silniční parní válec a současné zatížení zbývajících mostních ploch dle a).

3 NÁVRH ČS. MOSTNÍHO ŘÁDU Z ROKU 1923

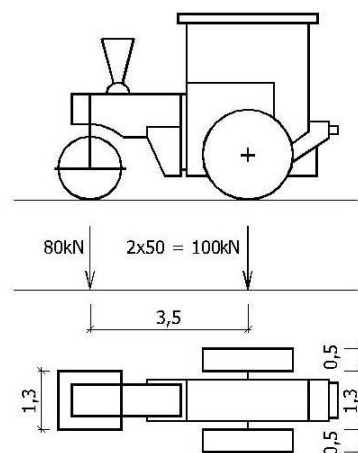
Pohyblivé zatížení mostů I. třídy (dynamické účinky se zanedbávají).

Alternativy:

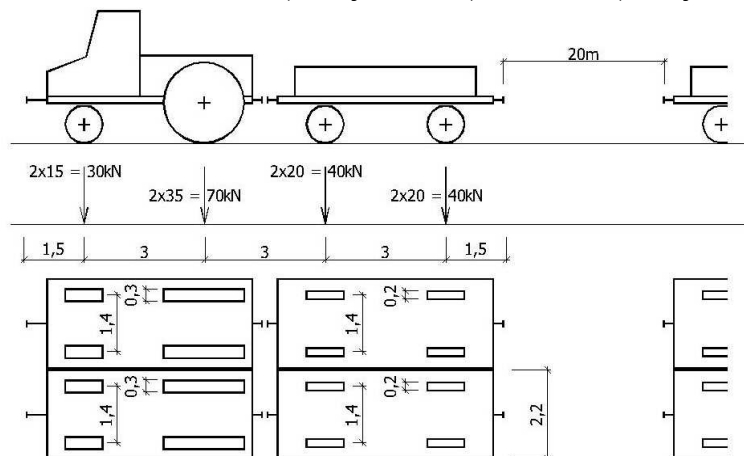
1) Strojní oračka 220 kN



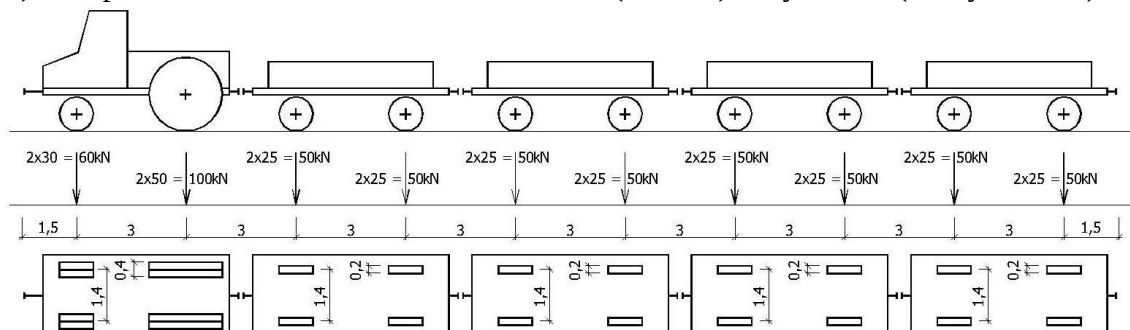
2) Silniční válec 180 kN



3) Dvě řady nákladních automobilů (každý 100 kN) s vlekem (každý 80 kN).



4) Souprava složená z nákladního automobilu (160 kN) a čtyř vleků (každý 100 kN).



5) Rovnoměrné zatížení 5 kNm^{-2} .

Ke každé alternativě současně rovnoměrné zatížení chodníků širších než 0,4 m.

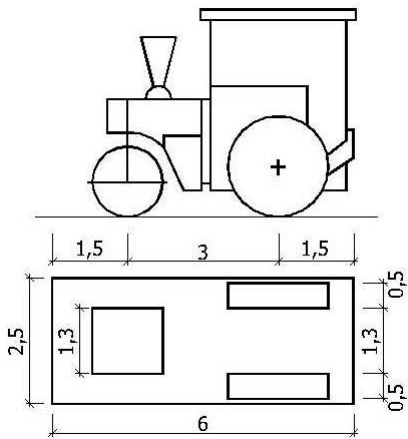
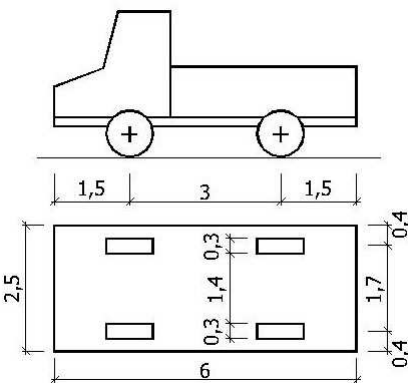
4 ČSN 1230 - 1937 "JEDNOTNÝ MOSTNÍ ŘÁD" Z ROKU 1937

Alternativy :

- 1) Strojní válec na vozovce a rovnoměrné zatížení chodníků.
- 2) Jeden nákladní automobil v každém jízdním pruhu šířky 2,5 m a rovnoměrné zatížení zbývajících ploch vozovky a plochy chodníků.
- 3) Rovnoměrné zatížení vozovky a chodníků.

Dynamický součinitel se vypočte ze vztahu:
$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2L} + \frac{0,6}{1 + 4 \frac{g}{p}} \quad \delta \leq 1,40$$

kde L je rozpětí vyšetřované části konstrukce (u spojitých konstrukcí rozpětí největšího pole)
 g celkové zatížení stálé pro toto rozpětí
 p celkové zatížení nahodilé, které lze umístit na vyšetřovanou konstrukci

Tlaky kol vozidel v tunách		Pro třídu mostu		
		I.	II.	III.
	celá váha strojního válce	24	15	9
	tlak předního kola	9	5	3
	tlak zadního kola	7,5	5	3
	celá váha jednoho automobilu	12	7,5	4,5
	tlak předního kola	2	1,25	0,75
	tlak zadního kola	4	2,5	1,5

Rovnoměrně rozdělené zatížení v kg na m ²		Pro třídu mostu		
		I.	II.	III.
Pro rozpětí ℓ hlavních nosníků	0 až 30m	500	450	400
	30 až 130m	530- ℓ	480- ℓ	430- ℓ
	nad 130 m	400	350	300

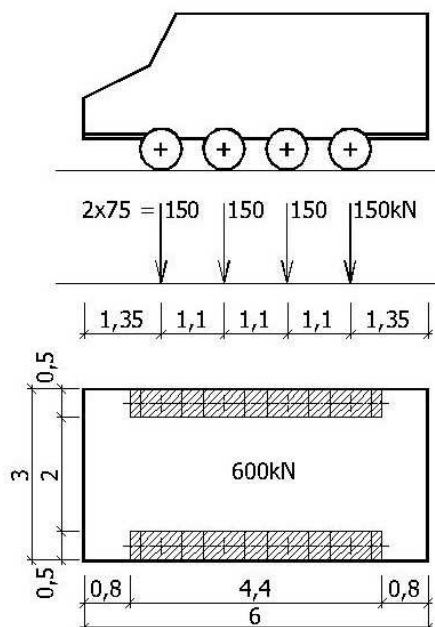
Poznámka: při výpočtu dosazujeme jednotky SI: $t = 10\text{kN}$, $kg = 10^{-2}\text{kN}$.

5 ZATÍMNÍ SMĚRNICE PRO STAVBY MOSTŮ Z ROKU 1945

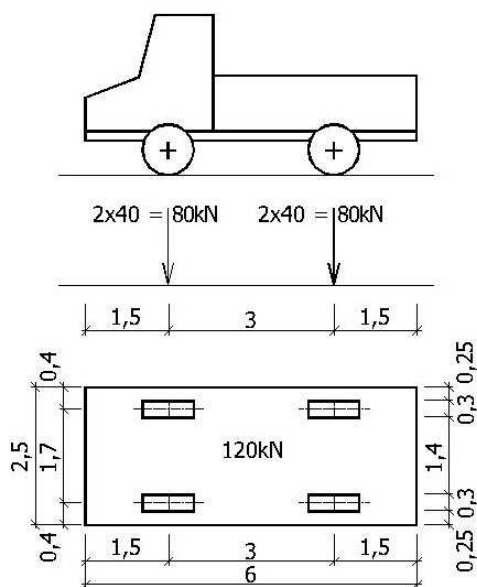
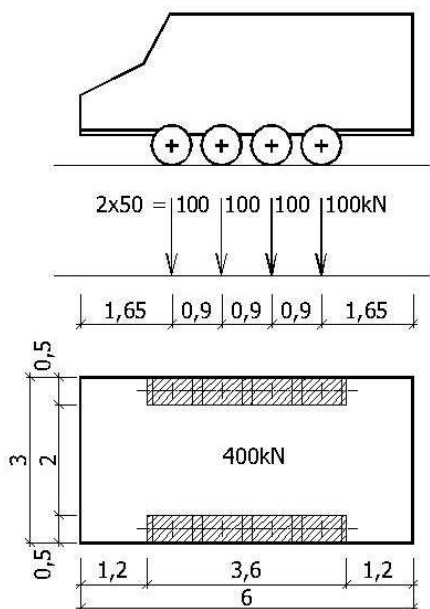
Nahodilé zatížení zatěžovací třídy A.

Alternativy :

- 1) Vozidlo 600kN a
rovnoměrné zatížení 5kNm^{-2} na
chodnících širších než 0,5m.



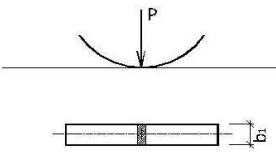
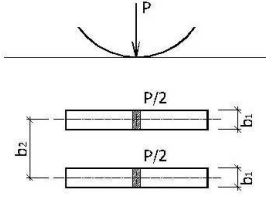
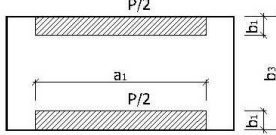
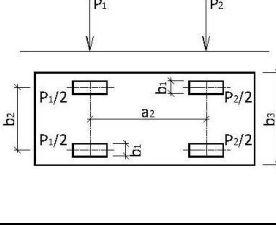
- 2) Vozidlo 400kN a nákladní automobil 120kN – jeden v každém jízdním pruhu
šířky 2,5m a rovnoměrné zatížení 5kNm^{-2} zbývajících plochy vozovky a chodníků
větší než 0,5m.



- 3) Pro dálniční mosty – shluk nákladních automobilů 120kN (vedle sebe i za sebou –
nejvíce 3 řady pro každý dopravní směr.

Dynamický součinitel se uvažuje dle předpisu z roku 1937.

6 SMĚRNICE PRO NAVRHOVÁNÍ MOSTŮ Z ROKU 1951

Druhy zatížení			Pro třídu mostu		
			A	B	C
1) Ideální kolové zatížení působící jako jediné nahodilé zatížení mezi zvýšenými obrubami a současně rovnoměrné zatížení chodníků širších než 0,5 m.		P [t]	9		6
		b ₁ [m]	0,5		0,35
2) Ideální nápravové zatížení působící jako jediné nahodilé zatížení mezi zvýšenými obrubami a současně rovnoměrné zatížení chodníků.		P [t]	18		12
		b ₁ [m]	0,5		0,35
		b ₂ [m]	≥ 1,5		≥ 1,5
3) Ideální vozidlo působící jako jediné nahodilé zatížení mezi zvýšenými obrubami a současně rovnoměrné zatížení chodníků; u zatěžovacích tříd A, B se uvažovalo ideální vozidlo pásové a u zatěžovací třídy C ideální vozidlo dvounápravové.		P [t]	60	30	-
		b ₁ [m]	0,5	0,5	-
		b ₃ [m]	3,0	2,5	-
		a ₁ [m]	4,5	3,5	-
		P = P ₁ + P ₂ [t]	-	-	15
		P ₁ [t]	-	-	5
		P ₂ [t]	-	-	10
		b ₁ [m]	-	-	0,35
		b ₂ [m]	-	-	1,7
		b ₃ [m]	-	-	2,5
		a ₂ [m]	-	-	3,0
4) Současně působící rovnoměrné a přímkové zatížení; rovnoměrné zatížení se uvažuje na ploše mezi zvýšenými obrubami a na chodnicích a přímkové zatížení se uvažuje mezi zvýšenými obrubami v každém podélném pruhu mostu pouze jednou.	Rovnoměrné zatížení [kg/m ²]	0 až 30m	500	450	400
		30 až 130m	660-2ℓ	530-ℓ	430-ℓ
		nad 130 m	400		300
	Přímkové zatížení [t/m kolmé šířky mostu]		3		2

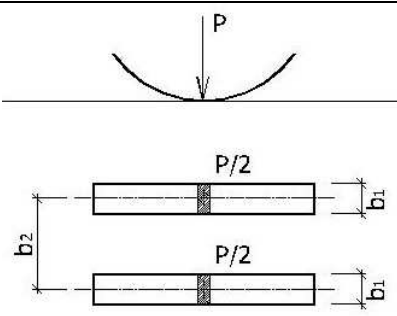
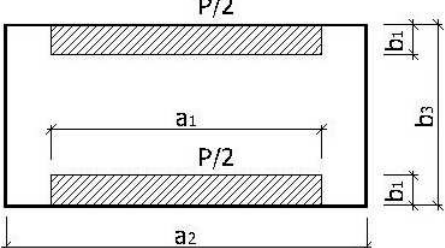
Poznámka: při výpočtu dosazujeme jednotky SI: $t = 10\text{kN}$, $kg = 10^{-2}\text{kN}$.

	Dynamický součinitel pro konstrukce				
rozpětí [m]	ocelové, lehké ocelobetonové spřažené	železobetonové, ocelobetonové, nezpražené, z předpjatého betonu	klenbové s nadnásypem při tloušťce nadnásypu ve vrcholu		dřevěné
			do 1,5m	nad 1,5m	
0 až 5	1,45	1,40	1,30	1,00	1,00
10	1,35	1,30	1,20		
15	1,30	1,25	1,15		
20	1,25	1,20	1,10		
25	1,20	1,15	1,05		
40	1,15	1,10	1,00		
60	1,10	1,05	1,00		
100	1,05	1,00	1,00		
150	1,00	1,00	1,00		

7 ČSN 73 6202 "ZATÍŽENÍ A STATICKÝ VÝPOČET MOSTŮ" Z ROKU 1953

Alternativy zatížení :

- 1) Ideální náprava mezi zvýšenými obrubami a současně rovnoměrné zatížení chodníků širších než 0,5 m.
- 2) Ideální pásové vozidlo a současně rovnoměrné zatížení chodníků.
- 3) Rovnoměrné zatížení mezi zvýšenými obrubami a na ploše chodníků a současně přímkové zatížení mezi zvýšenými obrubami, avšak jen jednou v každém podélném pruhu mostu.

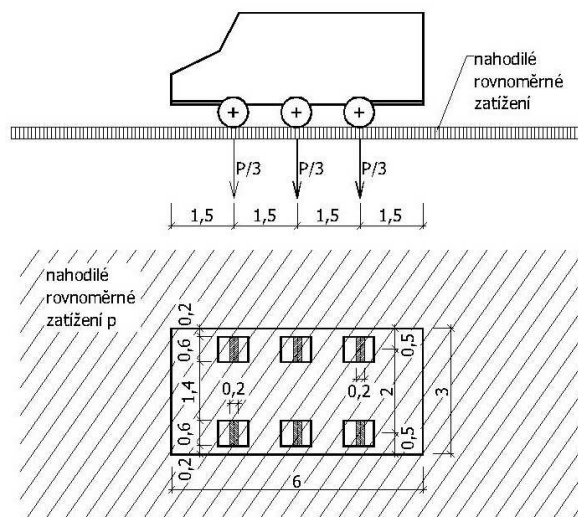
Druhy zatížení		Pro třídu mostu		
		A	B	C
	P [t]	15		10
	b_1 [m]	0,5		0,35
	b_2 [m]	$\geq 1,5$		$\geq 1,5$
	P [t]	60	30	15
	b_1 [m]	0,5	0,5	0,35
	b_2 [m]	3,0	2,5	2,0
	a_1 [m]	4,5	3,5	2,5
	a_2 [m]	7	6	5
Rovnoměrné zatížení [kg/m ²]	0 až 30m	600	500	400
	30 až 130m	660- 2ℓ	530-ℓ	430-ℓ
	nad 130 m	400		300
Přímkové zatížení napříč mostu [t/m]		3		2

Dynamický součinitel se uvažuje podle tabulky.

	Dynamický součinitel pro konstrukce				
rozpětí [m]	ocelové, lehké ocelobetonové spřažené	železobetonové, ocelobetonové, nezpražené, z předpjatého betonu	klenbové s nadnásypem při tloušťce nadnásypu ve vrcholu		dřevěné
			do 1,5m	nad 1,5m	
0 až 5	1,40	1,40	1,30	1,00	1,00
10	1,35	1,30	1,20		
15	1,30	1,25	1,15		
20	1,25	1,20	1,10		
25	1,20	1,15	1,05		
40	1,15	1,10	1,00		
60	1,10	1,05	1,00		
100	1,05	1,00	1,00		
150	1,00	1,00	1,00		

8 ČSN 73 6203 "ZATÍŽENÍ MOSTŮ" Z ROKU 1968

Pouze jedna alternativa - jediné třínápravové kolové vozidlo mezi zvýšenými obrubami a současně rovnoměrné zatížení všech dopravních pásů, případně i rovnoměrné zatížení chodníků (zatížení chodníků 4 kNm^{-2}). Rozměry vozidla jsou na obrázku, hodnoty zatížení jsou v tabulce 3.6. Hodnota rovnoměrného zatížení dopravních pásů se stanovila v závislosti na rozpětí mostů.



Dynamický součinitel se vypočte ze vztahu:
$$\delta = 1 + \frac{0,35}{1 + 0,2L} + \frac{0,5}{1 + 4 \frac{G}{P}}$$

kde L je rozpětí vyšetřované části konstrukce (u spojitých konstrukcí rozpětí největšího pole)

G celkové zatížení stálé pro toto rozpětí

P celkové zatížení nahodilé, které lze umístit na vyšetřovanou konstrukci

Dynamický součinitel se určí v závislosti na rozpětí (L) a poměru veškerého stálého (G) a pohyblivého zatížení (CP) působícího na vyšetřované části konstrukce.

Tlaky třínápravového vozidla

Třída	Celková tíha vozidla [Mp]	Nápravový tlak [Mp]	Kolový tlak [Mp]	Tlak v dosedací ploše kola [Mp/m ²]	Náhradní rovnoměrné zatížení rozdělené na půdorysnou plochu vozidla [Mp/m ²]
A	60	20	10	83,33 (8,33 kp/cm ²)	60 / 3,6 = 3,33
B	30	10	5	41,66 (4,16 kp/cm ²)	30 / 3,6 = 1,66

Poznámka: při výpočtu dosazujeme jednotky SI: $Mp = 10 \text{ kN}$, $kp = 10^{-2} \text{ kN}$.

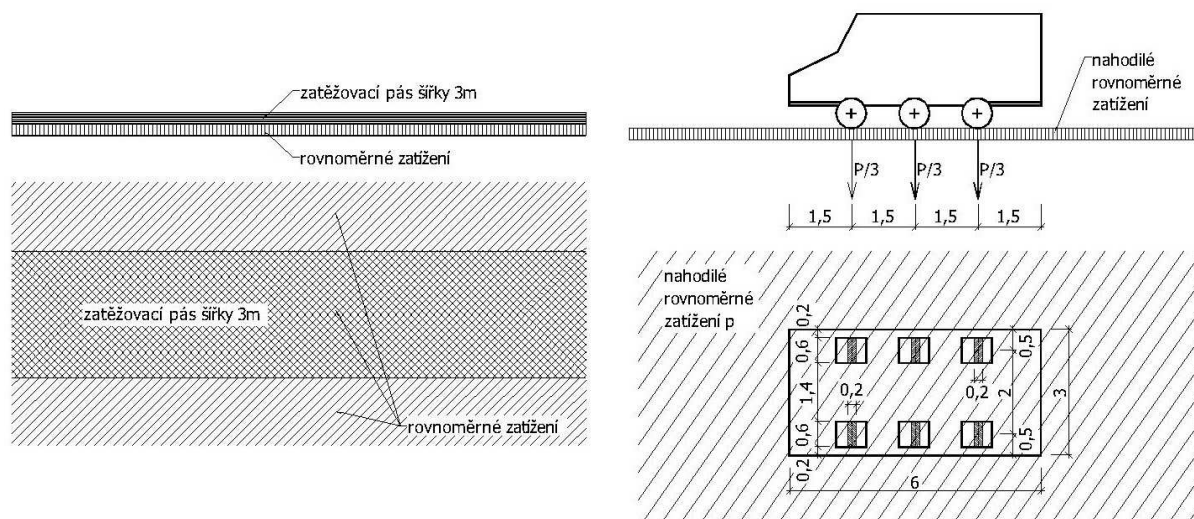
Nahodilé rovnoměrné zatížení

Třída A	L	[m]	≤20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
	p	[kp/m ²]	600	580	560	540	520	500	490	480	470	460
	L	[m]	120	130	140	150	160	170	180	200	250	300
	p	[kp/m ²]	450	440		430			420		410	400
Třída B	L	[m]	≤20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
	p	[kp/m ²]	300	290	280	270	260	250	245	240	235	230
	L	[m]	120	130	140	150	160	170	180	200	250	300
	p	[kp/m ²]	225	220		215			210		205	200

9 ZMĚNA A) ČSN 73 6203 "ZATÍŽENÍ MOSTŮ" Z ROKU 1976

Kombinace zatížení :

- 1) Základní rovnoměrné zatížení na půdorysné ploše mostu včetně chodníků a současně třínápravové vozidlo mezi zvýšenými obrubami.
- 2) Základní rovnoměrné zatížení na půdorysné ploše mostu včetně chodníků a současně jeden zatěžovací pás šířky 3 m mezi zvýšenými obrubami.



Dynamický součinitel se určí podle základní normy z roku 1968.

Tlaky třínápravového vozidla se určí podle základní normy z roku 1968.

Základní rovnoměrné zatížení se redukuje podle šířky a délky zatěžovací plochy dle následující tabulky součinitele současnosti zatížení.

šířka zatěžovací plochy	k_s	délka zatěžovací plochy	k_d
do 10m	1,0	do 60m	1,25
		nad 60m do 100m	1,0
nad 10m	0,65	nad 100m	0,8

Kombinace zatížení

Třída	Kombinace 1)	Kombinace 2)
A	základní rovnoměrné zatížení 400kp/m^2 a současně třínápravové vozidlo 60Mp	základní rovnoměrné zatížení 400kp/m^2 a současně zatěžovací pás šířky 3m 400kp/m^2
B	základní rovnoměrné zatížení 200kp/m^2 a současně třínápravové vozidlo 30Mp	základní rovnoměrné zatížení 200kp/m^2 a současně zatěžovací pás šířky 3m 200kp/m^2

Poznámka: při výpočtu dosazujeme jednotky SI: Mp = 10kN, kp = 10^{-2}kN .

10 ČSN 73 6203 "ZATÍŽENÍ MOSTŮ" Z ROKU 1986

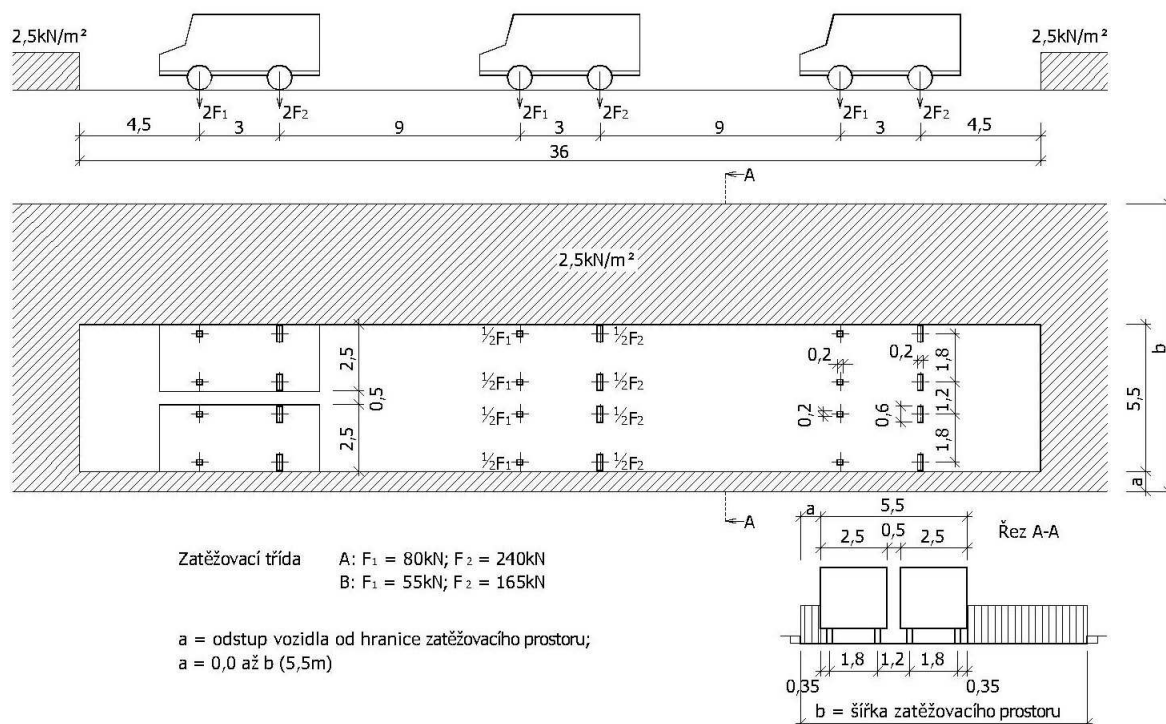
Pohyblivé zatížení mostů pozemních komunikací se dělí do dvou zatěžovacích tříd:

- zatěžovací třída A – pro všechny mosty převádějící dálnice a silnice I., II. a III. třídy podle ČSN 73 6110 a místní komunikace funkční třídy A a B podle ČSN 73 6110
- zatěžovací třída B – pro všechny mosty převádějící místní komunikace funkční třídy C podle ČSN 73 6110

Alternativy :

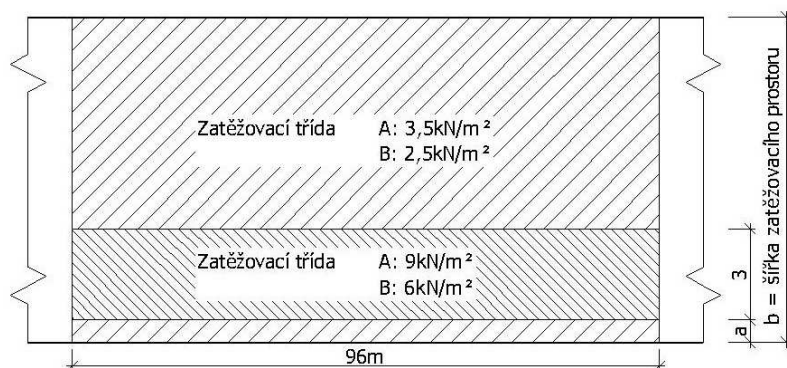
1) Seskupení zatížení I

Tři dvojice dvounápravových vozidel o hmotnosti 32t, resp. 22t, při jejich vzájemné konstantní vzdálenosti umístěné v nejúčinnější poloze a základní rovnoměrné zatížení $2,5\text{kN/m}^2$ na zbývající půdorysné ploše zatěžovacího prostoru.

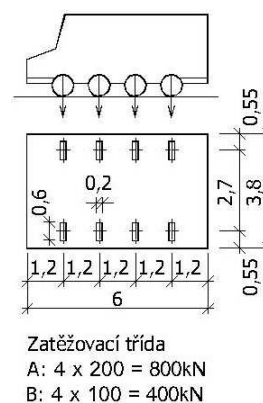


2) Seskupení zatížení II

Zatěžovací pás šířky 3m o zatížení 9kN/m^2 , resp. 6kN/m^2 umístěný v nejúčinnější poloze a základní rovnoměrné zatížení $3,5\text{kN/m}^2$, resp. $2,5\text{kN/m}^2$ na zbývající půdorysné ploše zatěžovacího prostoru; délka zatížení 96m.

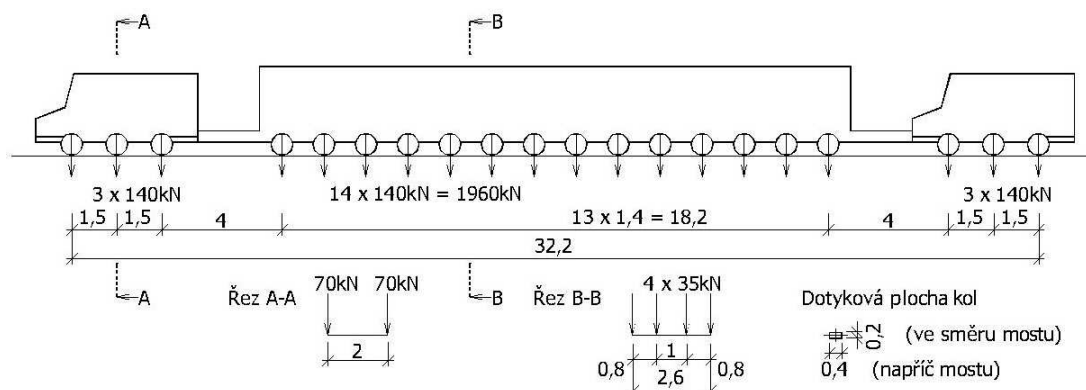


3) Čtyřnápravové vozidlo



4) Zvláštní souprava – pro zatěžovací třídu A

Souprava pohybující se rychlostí 5km/hod ve vyznačené nejvýhodnější stopě s přípustnou odchylkou od vyznačené podélné osy přejezdu $\pm 0,30\text{m}$ (nemusí to být osa mostu). Dynamický součinitel $\delta_r = 1,05$.



5) Zvláštní souprava pro vybrané trasy

Na vybraných trasách musí mosty navrhované na zatěžovací třídu A vyhovět zvláštní soupravě pro vybrané trasy. Zatěžovací schéma soupravy čl. 91 ČSN 73 6203.

Dynamický součinitel pro seskupení I, seskupení II a čtyřnápravové vozidlo se vypočte ze

$$\text{vztahu: } \delta_r = \frac{1}{0,95 - (14 \cdot L)^{-0,6}} \quad \text{pro masivní mosty max. } 1,40$$

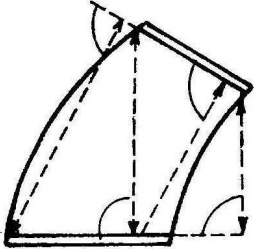
kde L je rozpětí vyšetřované nosné konstrukce nebo její části. V případech, kdy velikost rozpětí L neplyne jednoznačně z mostní konstrukce, uvažují se náhradní délky rozpětí L_d uvedené v tabulce.

Dynamický součinitel pro mosty pozemních komunikací

Náhradní délka L_d [m]	Dynamický součinitel δ_r	Náhradní délka L_d [m]	Dynamický součinitel δ_r
$\leq 5,8$	1,50	20	1,23
6,0	1,49	25	1,20
7,0	1,44	30	1,19
8,0	1,40	40	1,16
9,0	1,37	50	1,15
10,0	1,34	60	1,14
12,0	1,31	70	1,13
14,0	1,28	80	1,12
15,0	1,27	90	1,12
16,0	1,26	100	1,11
18,0	1,24		

Poznámky: mezilehlé hodnoty lze interpolovat, výsledek se zaokrouhlí na dvě desetinná místa

Náhradní délky pro výpočet L_d dynamického součinitele mostů pozemních komunikací

Řádek	Konstrukce, popř. její část	Náhradní délka L_d	
1	Plech mostovky	Vzdálenost podélných výztuh; při nesterýných vzdálenostech její střední hodnota	
2	Prosté nosníky	Rozpětí	
3	Konstrukce o jenom poli, na obou koncích uložené nebo vetknuté, kolmé i šikmé, též nepravidelného popř. zakřiveného půdorysu (desky, trámy, rámy)	Kolmá vzdálenost uložení nebo vetknutí, popř. střední hodnota všech kolmých vzdáleností uložení nebo vetknutí	
4	Deskové konstrukce uložené nebo vetknuté po obvodě, též šikmé nebo nepravidelného půdorysu	Střední hodnota všech kolmých vzdáleností uložení nebo vetknutí, obdobně jako u řádku 3	
5	Oblouky	Polovina rozpětí	
6	Vetknuté konzoly	Dvojnásobná délka vyložení	
7	Spojité konstrukce kloubové	Rozpětí polí (tj. vzdálenost středů podepření jak u částí s převislými konci, tak u částí vložených	
8	Spojité konstrukce (deskové, trámové, rámové)	Aritmetický průměr rozpětí všech polí	
9	Spojité oblouky	Aritmetický průměr polovin rozpětí všech polí	
10	Konstrukce zavěšené a visuté	Individuálně (provede se dynamický výpočet)	
11	Členěné podpěry, ocelové a betonové sloupy, rámové stojky, průvlaky, klouby ložiska, kotvy, úložné kvádry (lavice); oblasti pod ložisky i mezi úložnými kvádry a zdívem	L_d podporovaných mostních polí	

Rozjezdové a brzdné síly

Rozjezdové a brzdné síly u mostů pozemních komunikací jsou uvažovány jako vodorovné zatížení působící ve směru osy mostu v úrovni povrchu vozovky, rovnoměrně rozdělené po povrchu jízdního pruhu.

Velikost sil je dána jako vyšší z hodnot:

- 1) 5% plného zatížení mostu od seskupení I nebo seskupení II
- 2) 15% zatížení čtyřnápravovým vozidlem

Maximální brzdná nebo rozjezdová síla pro jednu mostní konstrukci, nebo její část oddělenou dilatační spárami je 300kN.

Pokud není jednoznačně stanoveno působíště rozjezdových a brzdných sil (konstrukčním uspořádáním), předpokládá nerovnoměrné rozložení účinků na celou délku podpěry, nejvíce však na vzdálenost dilatačních spár v podpěře.

Pro přesypané mosty, jejichž nosná konstrukce je 0,5m od nivelety mostu se účinek rozjezdových a brzdných sil uvažuje plnou hodnotou, pokud je výška přesypávky 1,0m redukují se účinky rozjezdových a brzdných sil na nulovou hodnotu. Mezilehlé hodnoty se lineárně interpolují.

11 ČSN EN 1991-2 (OBSAHUJE JEN ZATÍŽENÍ DOPRAVOU)

V současné době platí souběžně ČSN 73 6203:1986 a ČSN EN 1991-2, popř. ČSN P ENV 1991-3. Přechodné období platnosti bude ukončeno v okamžiku, kdy bude celá soustava EN připravena pro používání v ČR. Poté bude platit jen EN 1991-2, což se předpokládá nejpozději v roce 2010 a ČSN, které jsou v rozporu s EN budou zrušeny.

Charakteristické hodnoty zatížení jsou pro stanovení účinků silniční dopravy při ověření mezního stavu únosnosti a při některých ověřeních mezního stavu použitelnosti (viz EN 1990 až EN 1999).

Modely zatížení mostů pozemních komunikací:

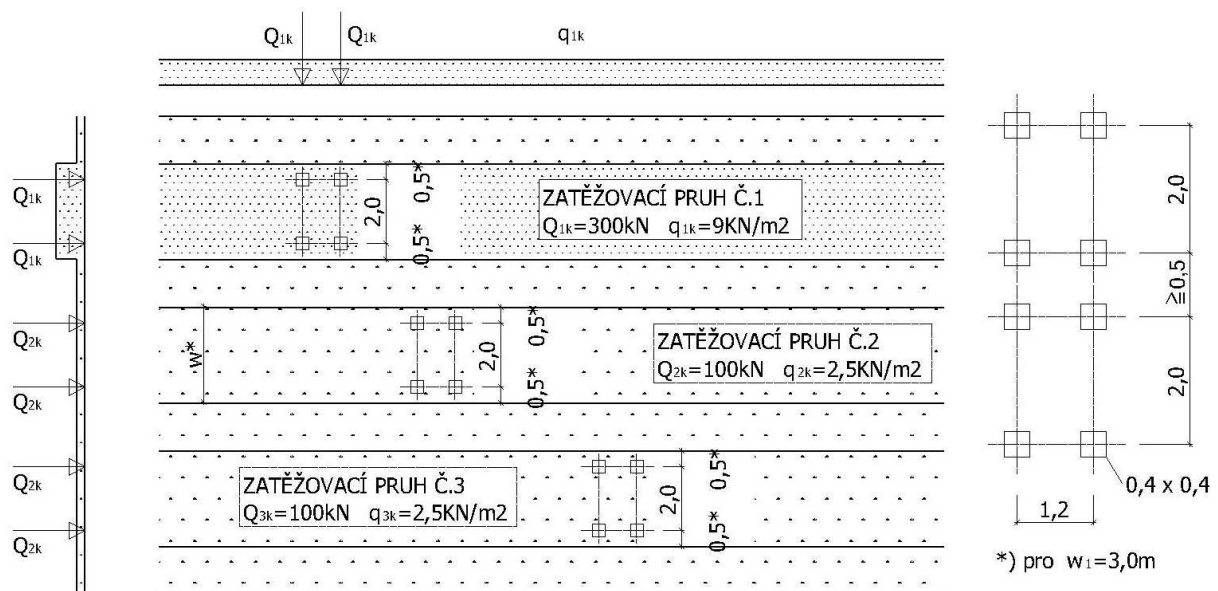
- a) **Model zatížení 1 (LM1)** : Soustředěná a rovnoměrná zatížení, která zahrnují většinu účinků dopravy osobními a nákladními vozidly. Tento model se má použít pro celková i lokální ověření.
- b) **Model zatížení 2 (LM2)** : Jedna nápravová síla působící na definované dotykové ploše pneumatik, která zahrnuje dynamické účinky běžné dopravy na krátkých nosných prvcích.
- c) **Model zatížení 3 (LM3)** : Soubor soustav nápravových sil představující zvláštní vozidla, která mohou jezdit po trasách, kde je povoleno výjimečné zatížení. Je určen pro celková i lokální posouzení.
- d) **Model zatížení 4 (LM4)** : Zatížení davem lidí určené pouze pro celková ověření.

1) Model zatížení 1 (LM1)

Model zatížení 1 je složen ze dvou dílčích soustav:

- a) Soustředěné zatížení od dvojnápravy (tandem system - TS), každá náprava o tíze: $\alpha_Q Q_k$, kde α_Q jsou regulační součinitele.
 - V jednom zatěžovacím pruhu se uvažuje pouze jedna dvojnáprava.
 - Má se uvažovat pouze kompletní dvojnáprava.
 - Pro hodnocení celkového účinku se má předpokládat, že každá dvojnáprava se pohybuje v ose zatěžovacích pruhů.
 - Každá náprava dvojnápravy se má uvažovat se dvěma identickými koly, z nichž každé vyvozuje zatížení rovné $0,5 \alpha_Q Q_k$.
 - Kontaktní plocha každého kola se uvažuje jako čtverec o straně 0,40 m.
- b) Rovnoměrné zatížení (uniformly distributed load - UDL) o tíze na čtvereční metr zatěžovacího pruhu: $\alpha_q q_k$, kde α_q jsou regulační součinitele (viz tabulka).

Tato rovnoměrná zatížení se mají použít pouze v nepříznivých částech příčinkových ploch, podélně a příčně.



Regulační součinitele α v Národní příloze ČSN EN

Zatěžovací třída		α_{Q1}	α_{Q2}	α_{Q3}	α_{q1}	$\alpha_{qi} (i \geq 2)$	α_{qr}
EN	ČSN ¹⁾						
1	2)	1	1	1	1	1	1
2	A	0,8	0,8	0,8	0,8	1	1
3	B	0,8	0,5	0,5	0,5	1	1

Poznámka:

- 1) odpovídající zatěžovací třída podle ČSN 73 6203
- 2) pro extrémně zatížené komunikace (v ČR pro tzv. „určenou - vybranou“ silniční síť)

2) Rozjezdové a brzdné síly

Maximální charakteristická hodnota brzdné síly Q_{ik} je 800kN pro celou šířku mostu. Vypočte se jako zlomek celkového maximálního svislého zatížení odpovídající hlavní zatěžovací soustavě, která je pravděpodobně umístěna na zatěžovacím pruhu číslo 1, ze vztahu:

$$Q_{ik} = 0,6 \alpha_{Q1} (2Q_{1k}) + 0,1 \alpha_{q1} w_i L \quad 180 \alpha_{Q1} \text{kN} \leq Q_{ik} \leq 800 \text{kN}$$

kde L je délka hlavní nosné konstrukce mostu nebo její uvažované části.

Působíště brzdné síly je v ose jednotlivých zatěžovacích pruhů, případně v ose vozovky, pokud není vliv excentricity významný. Síla smí být uvažována jako rovnoměrně rozložená po zatížené délce.

Hodnota rozjezdových sil je stejná jako hodnota sil brzdných, ale v opačném směru. Pro mosty ve velkém sklonu ($\geq 5\%$) je možné stanovit různé hodnoty rozjezdových a brzdných sil ve směru stoupání a klesání.