

ZATÍŽENÍ MOSTŮ dle norem ČSN

Ing. Radim Nečas, Ph.D.



Ústav betonových a zděných k-cí
Veveří 331/95
602 00 Brno



+420 541 147 855



+420 549 250 218



necas.r@fce.vutbr.cz

URL

www.fce.vutbr.cz

1

ZATÍŽENÍ MOSTŮ

ČSN normy na zatížení

1. NORMY ČSN – ZATÍŽENÍ, ÚVOD

ČSN 73 6203 Zatížení mostů z roku 1986 + změna b



ČSN 73 0035 Zatížení stavebních konstrukcí

Platí pro trvalé i zatímní mosty pozemních komunikací, železniční mosty normálního rozchodu (celostátních drah a vleček), mosty městských drah (tramvajové mosty a mosty metra), lávky pro chodce, inženýrské stavby, propustky, kolektory, pro návrh stok a kanálů vedených pod komunikacemi a objekty mostům podobných.

Platí pro statické výpočty podle teorie mezních stavů. Pro výpočet podle **dovolených namáhání** platí tyto zásady:

- * do výpočtu se zavádějí normové hodnoty zatížení,
- * uvažuje-li se kromě svislého pohyblivého zatížení v pojížděné části ještě zatížení chodníků, násobí se účinky všech těchto zatížení součinitelem **0.9**,
- * uvažuje-li se u sdružených mostů kombinace silničního a drážního zatížení, násobí se účinky součinitelem **0.9**.

ČSN 73 6203 Zatížení mostů

- a) **Stálá zatížení a vlivy** - vlastní tíha konstrukce a tíha ostatních částí mostu, vliv předpětí, dotvarování a smršťování, zemní tlak, vliv sedání, naklánění a popuštění podpěr a jiné běžné působící síly (tlak a vztlak vody, tahy trakčních vedení apod.),
- b) **Nahodilá zatížení** - svislé pohyblivé zatížení, včetně zvláštních souprav, vodorovné zatížení od odstředivé síly, dynamické účinky, zvětšení zemního tlaku vyvozené pohyblivým zatížením, zatížení chodníků, nástupišť, revizních lávek a zařízení, tlaky na zábradlí,
- c) **Vedlejší zatížení a vlivy** - zatížení větrem, brzdné a rozjezdové síly, boční rázy vozidel, vliv tření v ložiskách, vliv tepelných změn, tlak ledu, zatížení sněhem,
- d) **Mimořádná zatížení** - tlaky od nárazu vozidel na podpěry a svodidla, tlaky od nárazů lodí, účinky zemětřesení, zatížení od přetrženého trakčního vedení, nerovnoměrné přetvoření základů charakteru mimořádného zatížení, stavebně-montážní zatížení, montážní zatížení, zatížení zvláštními vozidly neuvedenými v této normě jako příslušné normové zatížení.

Vzhledem k dovozeným namáháním se rozeznávají tyto kombinace zatížení:

- a) **Hlavní zatížení** - kombinace zatížení stálých a nahodilých,
- b) **Celkové zatížení** - nejúčinnější kombinace hlavního a vedlejších zatížení,
- c) **Kombinace hlavního zatížení s mimořádným**
- d) **Neobvyklé zatížení** - kombinace celkového zatížení a zatížení mimořádného, přičemž se neuvažuje vliv teplotních změn. Současné působení dvou nebo několika mimořádných zatížení se neuvažuje.

2. MOSTY POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

Ideální pohyblivé zatížení se dělí do dvou zatěžovacích tříd:

zatěžovací třída A - mosty na dálnicích a silnicích I., II. a III. třídy a místní komunikace funkční třídy A a B

zatěžovací třída B - mosty na místních komunikacích funkční třídy C

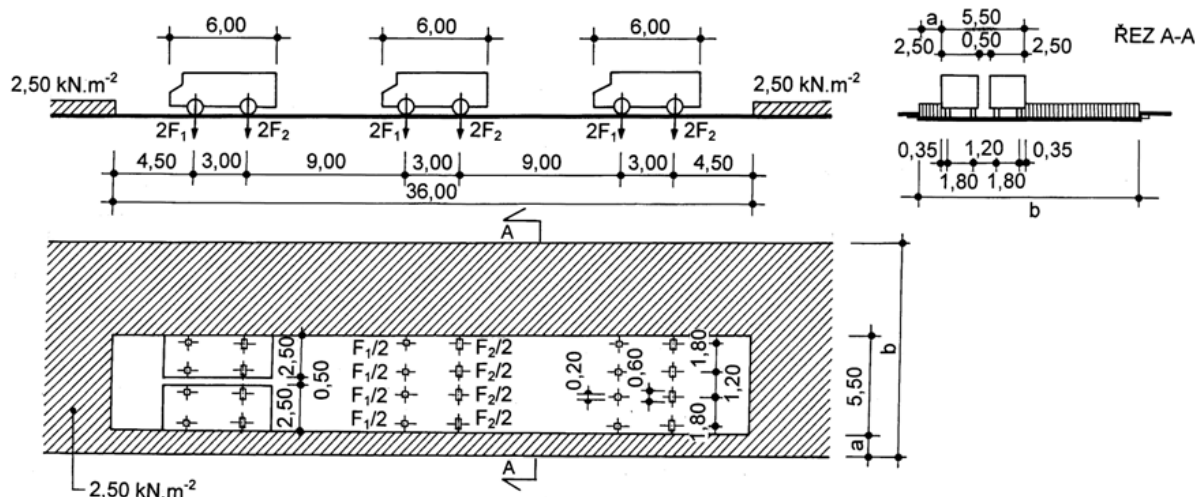
Na trasách vybraných ministerstvy vnitra musí mosty pozemních komunikací třídy A vyhovět i jedinému zatížení zvláštními soupravami (4 tahače s podvalníkem nebo 4 tahače a 2 podvalníky).

2.1 NAHODILÁ ZATÍŽENÍ

- **SESKUPENÍ I**
- **SESKUPENÍ II**
- **ČTYŘNÁPRAVOVÉ VOZIDLO**
- **VÝJIMEČNÉ ZATÍŽENÍ**
- **Odstředivé síly**
- **Dynamické účinky**
- **Zvětšení zemního tlaku od pohyb. zatížení**
- **Zatížení chodníků, lávek pro pěší**
- **Zatížení zábradlí**

SESKUPENÍ I

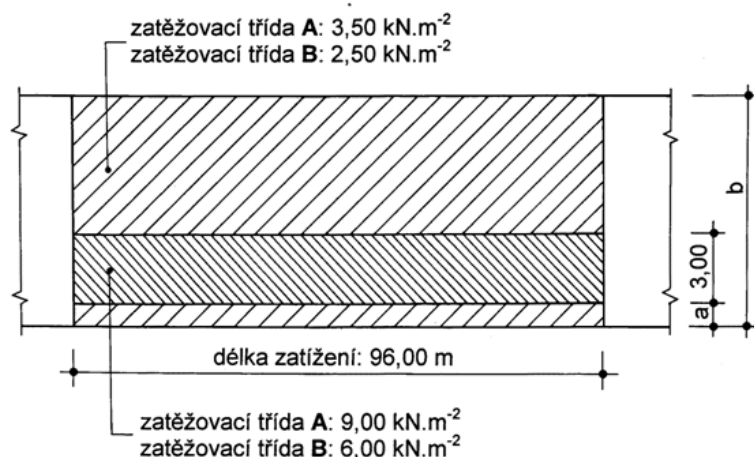
Seskupení I zahrnuje na ploše **5.5 x 36 m** tři dvojice dvounápravových vozidel hmotnosti **32 tun (22 tun)** o nápravových tlacích **80 a 240 kN (55 a 165 kN)** a základní rovnoměrné zatížení **2.5 kN/m²** na zbývajících ploše zatěžovacího prostoru v neomezené délce. Je-li šířka zatěžovací plochy menší než **5.5 m**, uvažuje se pouze jedna řada vozidel, tj. šířka plochy zabrané vozidly je **2.5 m**.



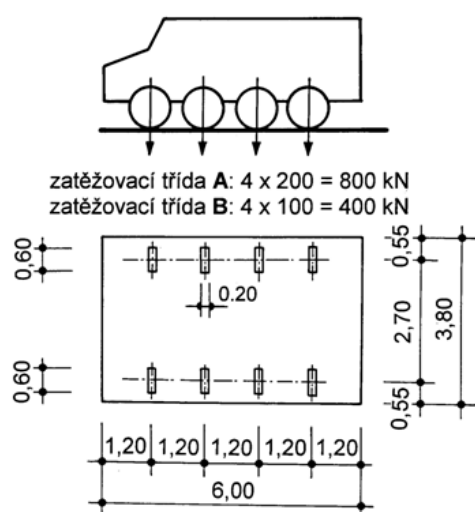
SESKUPENÍ II

Seskupení II zahrnuje zatěžovací pás šířky **3 m** se zatížením **9 kN/m² (6 kN/m²)** umístěný v nejúčinnější poloze a rovnoměrné zatížení **3.5 kN/m² (2.5 kN/m²)** na zbývající ploše zatěžovacího prostoru.

Max. délka zatížení je **96 m**.

**ČTYŘNÁPRAVOVÉ VOZIDLO**

Zatížení čtyřnápravovým vozidlem hmotnosti **80 tun (40 tun)** s nápravovými tlaky **4 x 200 kN (4 x 100 kN)** v nejúčinnější poloze na pojížděné ploše.



Pozn.:

Seskupení zatížení I, II i čtyřnápravové vozidlo se uvažují pro každý vyšetřovaný případ v nejúčinnější poloze v podélném i příčném směru na půdorysné ploše zatěžovacího prostoru.

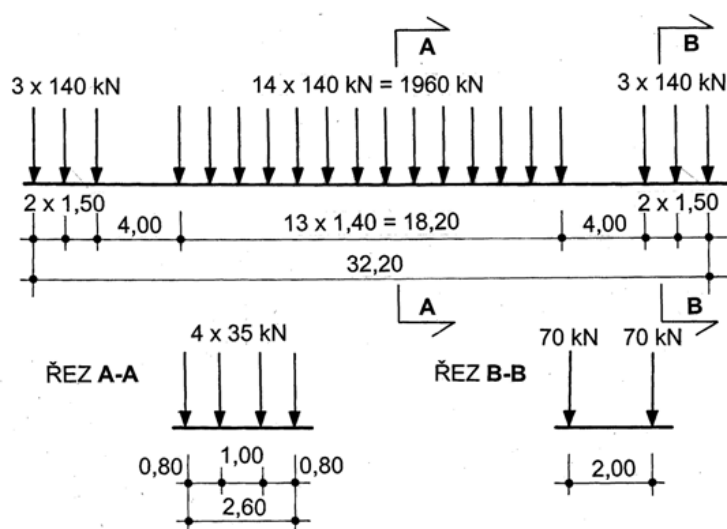
Odlehčujících účinků se nedbá.

Na jedné mostní konstrukci se uvažuje vždy jen jedno seskupení I nebo II, nebo jediná čtyřnáprava.

Rovnoměrné zatížení se neroznáší, kolové se roznáší.

VÝJIMEČNÉ ZATÍŽENÍ ZVLÁŠTNÍ SOUPRAVOU

Výjimečné zatížení (podvalník a dva tahače) se uvažuje jako jediné zatížení na mostě, pohybující se maximálně rychlostí **5 km/hod** v nejvýhodnější stopě. Nedbá se odstředivých a brzdných sil a tlaku větru. .

Odstředivé síly

Vodorovné zatížení od odstředivé síly se na mostech ve směrovém zakřivení počítá z následujícího výrazu. Odstředivá síla se uvažuje ve výšce **1.0 m** nad povrchem vozovky a zavádí se **bez dynamického součinitele**.

$$C = V_{ef} \frac{v^2}{127r} \varphi$$

V_{ef} ... nejúčinnější pohyblivé zatížení

v ... návrhová rychlost jízdy – max 100 km/hod

r ... poloměr zakřivení oblouku [m]

φ ... redukční součinitel (0.55 – 1.00)

Dynamické účinky

Dynamické účinky pohyblivého zatížení se zavádí do výpočtu dynamickým součinitelem, kterým se násobí statické účinky od tohoto zatížení.

$$\delta_r = \frac{1}{0.95 - (1.4L)^{-0.6}} \leq 1.50$$

L ... rozpětí vyšetřované konstrukce

U mostů s přesypávkou větší než **0.5 m** lze dynamický součinitel snížit o hodnotu **0.1 (h - 0.5) · δ_r** , kde h je výška nivelety nad povrchem mostní konstrukce (u klenby nad vrcholem klenby).

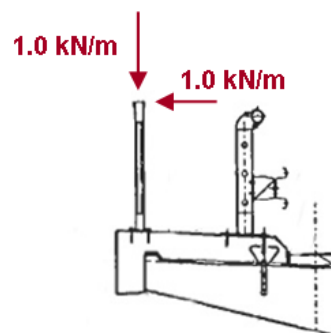
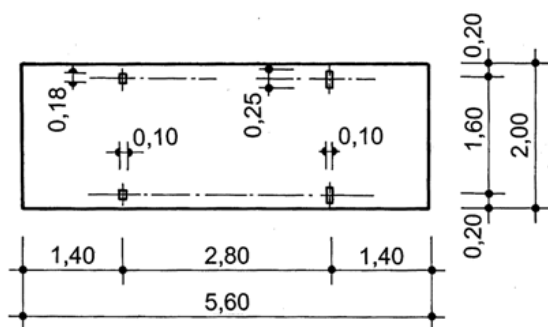
Zatížení chodníků, lávek pro pěši

je stanoveno hodnotou **4 kN/m²**, nástupišť a schodišť **5 kN/m²** a služebních chodníků **2 kN/m²**.

U lávek šířky **3 m** a více se mostovka uvaží též na zatížení lehkým nákladním autem hmotnosti **2.5 tuny**. Tíha přední nápravy je **10 kN**, zadní **15 kN**.

Zatížení zábradlí

Zatížení zábradlí chodníků a nástupišť se uvažuje hodnotou **1.0 kN/m** jak ve svislém, tak i ve vodorovném směru.

2.2 VEDLEJŠÍ ZATÍŽENÍBrzdné a rozjezdové síly

Brzdné a rozjezdové síly se uvažují jako vodorovné zatížení v úrovni povrchu vozovky, rovnoměrně rozdělené po povrchu jízdních pruhů.

5 % plného zatížení seskupením zatížení I nebo II,

15 % zatížení čtyřnápravovým vozidlem.

pro jeden dilatační celek se počítá s brzdou nebo rozjezdovou silou nejvíce **300 kN**.

Zatížení větrem

Zatížení větrem se uvažuje jako vodorovné zatížení rovnoměrně rozdělené po ploše vystavené jeho působení.

$$w_n = w_0 \cdot \chi_w \cdot C_w$$

$$\chi_w = (0,1h)^{0,26}$$

w_n ... základní tlak větru v kN/m²

χ_w ... součinitel výšky

C_w ... tvarový součinitel

= 2.0 mostní konstrukce,

= 1.75 nahodilé zat. vozidly

= 1.0 zatížení lidmi

Nejvyšší hodnota tlaku větru na mostní konstrukci je $w_n = 1.4 \text{ kN/m}^2$, na pás pohyblivého zatížení 1.2 kN/m^2 .

Za plochu vystavenou větru vanoucímu napříč mostu se považuje:

- nezatížený most ... pohledová plocha NK, mostního svršku a vybavení
- zatížený most ... pohledová plocha NK a vyčnívající pás pohyblivého zatížení

výšky **3.6 m** nad temeny kolejnic ... železniční mosty a mosty metra

Výšky **3.0 m** nad temeny kolejnic ... tramvajové mosty

Výšky **2.5 m** nad povrchem vozovky ... mosty pozemních komunikací

Výšky **1.5 m** ... lávky pro pěší

Zatížení sněhem

se uvažuje jen na střechy krytých mostů a lávek. Určuje se podle ČSN 73 0035.

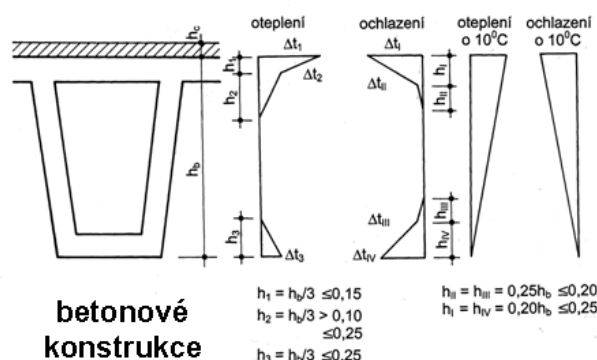
Účinky teplotních změn

- normové teplotní změny Δt_n celé konstrukce se počítají z mezních teplot mostní konstrukce od základní teploty (v běžných případech se uvažuje konvenční základní teplota $t_f = 10^\circ\text{C}$).

Mezní teploty	MOSTNÍ KONSTRUKCE				
	vystavené oslunění				trvale chráněné před osluněním
	betonové	betonové s kol. ložem	spřažené		betonové s přesypávkou
$t_{\max}$	35	30	35	40	30
$t_{\min}$	-20	-20	-20	-20	-15

- rozdílné oteplení konstrukce, teplotní spád Δt mezi dvěma místy na povrchu konstrukce.

U místních konstrukcí a rozpětí $L \leq 50 \text{ m}$ se dovoluje počítat s lineárním průběhem spádu.



Tření v ložiskách

Tření v ložiskách se stanoví jako součin podporového tlaku a součinitele tření.

Součinitel tření pro:

A) Kluzná ložiska

a) kluzná ložiska s plochami opracovanými 0.15

b) kluzná ložiska s plochami neopracovanými 0.25

B) Valivá ložiska

4 / d

(d je průměr válce v mm), ale min. 0.02 a max. 0.04.

C) Při uložení bez ložisek

a) při uložení na vrstvy lepenky proložené

vrstvou štípané slídy o hmotnosti 1 kg/m² 0.3

vrstvou mletého grafitu o hmotnosti 0.25 kg/m² 0.2

b) při uložení betonu na beton 0.7

c) při uložení ocelové podkladní desky na beton 0.5

3. ŽELEZNIČNÍ MOSTY3.1 NAHODILÁ ZATÍŽENÍ

- ZATĚŽOVACÍ VLAK UIC - 71
- ZÁKLADNÍ ZAT. VLAK ČSD Z
- TĚŽKÝ ZAT. VLAK ČSD T
- SPEC. ZAT. SCHÉMA SZS ČSD
- Odstředivé síly
- Dynamické účinky
- Zvětšení zemního tlaku od pohyb. zatížení
- Zatížení chodníků, lávek pro pěší
- Zatížení zábradlí

Zatěžovací vlak se umístí tak, aby vyvolal největší účinek (odlehčujících účinků se nedbá).

Zatěžovací schéma SZS ČSD, sestávající ze dvou samostatných rovnoměrných zatížení (každé o max. délce 25 m) se na konstrukci umístí v nejučinnější poloze, bez vzájemného překrytí.

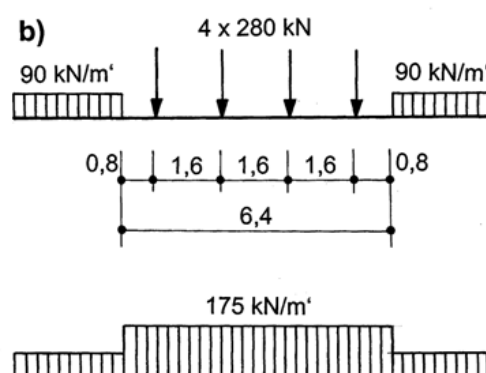
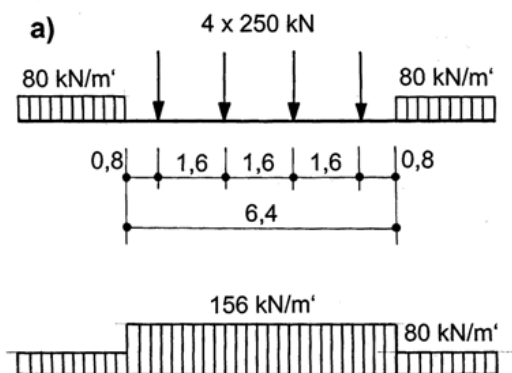
U dvoukolejných mostů 1. třídy se uvažuje SZS ČSD na jedné koleji a ČSD T na koleji druhé. U ostatních dvoukolejných mostů se uvažuje plné zatížení obou kolejí. Při větším počtu kolejí na mostě se uvažuje jednak plné zatížení dvou kolejí, jednak zatížení všech kolejí na mostě na 73 % zatížení, rozhoduje zatížení účinnější.

ZATĚŽOVACÍ VLAK UIC - 71

Zatěžovací vlak UIC -71 se používá u zatímních mostních provizorní a u mostů na úzkorozchodných drahách (obr. a).

ZÁKLADNÍ ZATĚŽOVACÍ VLAK ČSD Z

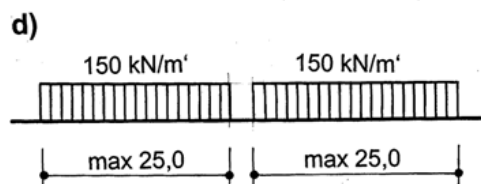
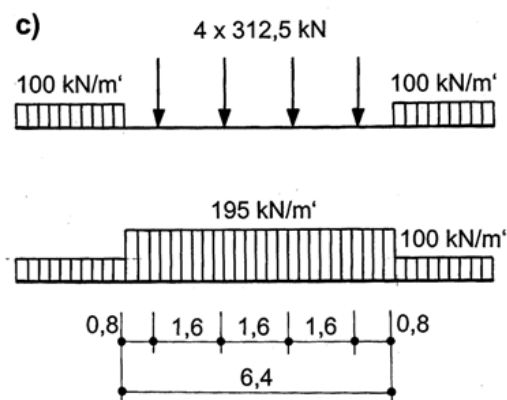
Základní zatěžovací vlak se odvodí z vlaku UIC-71 vynásobením součinitelem $\omega = 1.12$ (obr.b). Navrhuje se u mostů na tratích 3. třídy.

TĚŽKÝ ZATĚŽOVACÍ VLAK ČSD T

Těžký zatěžovací vlak ČSD T se odvodí z vlaku UIC-71 vynásobením součinitelem $\omega = 1.25$ (obr c). Navrhuje se u mostů na tratích 1. a 2. třídy.

SPECIÁLNÍ ZATĚŽOVACÍ SCHÉMA SZS ČSD

Speciální zatěžovací schéma SZS ČSD se navrhuje u mostů na tratích 1. třídy (obr d).



Odstředivé síly

Vodorovné zatížení od odstředivé síly se na mostech ve směrovém zakřivení počítá z následujícího výrazu. Odstředivá síla se uvažuje ve výšce **1.8 m** nad temenem koljenice a zavádí se **bez dynamického součinitele**.

$$C = V_{ef} \frac{v^2}{127r} \psi$$

V_{ef} ... nejúčinnější pohyblivé zatížení

v ... rychlost jízdy [km/hod]

r ... poloměr zakřivení oblouku [m]

ψ ... redukční součinitel

Dynamické účinky

Dynamické účinky pohyblivého zatížení se zavádí do výpočtu dynamickým součinitelem, kterým se násobí statické účinky od tohoto zatížení.

$$\delta = \frac{2.16}{L_d^{1/2} - 0.2} + 0.73 \leq 1.80$$

L_d ... náhradní délka nosné konstrukce [m]

$$\delta = \frac{1.44}{L_d^{1/2} - 0.2} + 0.82 \leq 1.54$$

Zvětšení zemního tlaku vyvozené pohyblivým zatížením

Toto zatížení působí v pruhu o šířce 4 m s osou totožnou s osou koleje.

pro vlak UIC-71 **37.5 kN/m²**

pro základní vlak ČSD Z **42.0 kN/m²**

pro těžký vlak ČSD T **47.0 kN/m²**

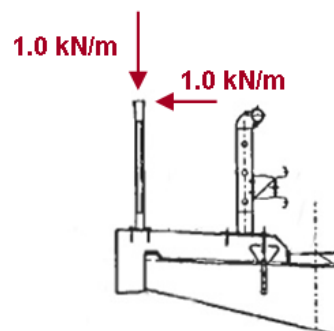
Zatížení chodníků, schodišť a revizních zařízení

je pro veřejné chodníky a schodiště stanoveno hodnotou **5 kN/m²**, pro služební chodníky

6 kN/m² a pro revizní zařízení, lávky a obslužné chodníky **2 kN/m²**.

Zatížení zábradlí

Zatížení zábradlí chodníků a nástupišť se uvažuje hodnotou **1.0 kN/m** jak ve svislém, tak i ve vodorovném směru.



3.2 VEDLEJŠÍ ZATÍŽENÍ

Brzdné a rozjezdové síly

Brzdné a rozjezdové síly se uvažují jako vodorovné zatížení v temeni kolejnic. Rozjezdová síla působí proti směru jízdy, brzdná ve směru jízdy.

$$B_a = \mu_b \cdot V_v$$

μ_b ... součinitel závislý na uspořádání kolejových styků, typu ložisek, atd.

V_v ... celková hodnota svislého zatížení [kN]

= 80.0 kN/m ... pro vlak UIC-71,

= 90.0 kN/m ... pro vlak ČSD Z,

= 100.0 kN/m ... pro vlak ČSD T.

Boční rázy

Účinek bočních rázů se nahrazuje u všech zatěžovacích vlaků osamělou silou 100 kN působící vodorovně v nejučinnější poloze kolmo k ose koleje v úrovni temene kolejnice. U více kolejných mostů se uvažují boční rázy pouze v jedné koleji.

4. MĚSTSKÁ KOLEJOVÁ DOPRAVA

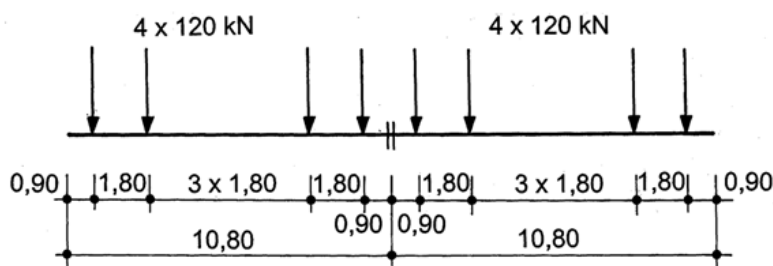
4.1 NAHODILÁ ZATÍŽENÍ

- VOZIDLA TRAMVAJE
- VOZIDLA METRA
- Odstředivé síly
- Dynamické účinky
- Zvětšení zemního tlaku od pohyb. zatížení
- Zatížení chodníků, lávek pro pěší

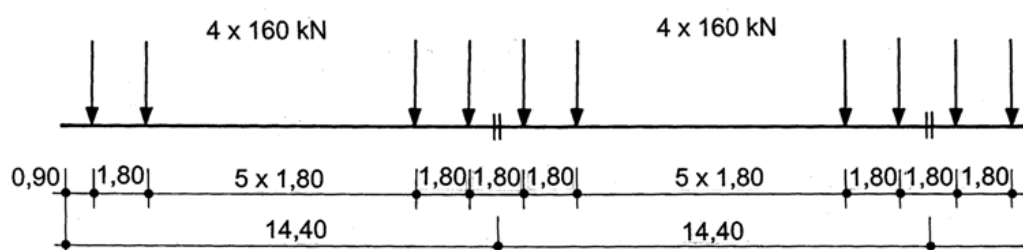
Zatěžovací vlak se umístí tak, aby vyvolal největší účinek (odlehčujících účinků se nedbá).

VOZIDLA TRAMVAJE

Zatížení vozidla tramvaje se nahrazuje zatěžovací soupravou o dvou vozech. Tyto soupravy se umístí nejvýše tři na každou kolej v nejučinnější poloze.

VOZIDLA METRA

Zatížení vozidla metra se nahrazuje ideálním zatěžovacím vlakem o pěti vozidlech s délkou **14.4 m**. Vlak je nedělitelný a umístí se vždy jeden na každou kolej kdekoli po délce mostní konstrukce.

Odstředivé síly

Vodorovné zatížení od odstředivých sil se počítá stejně jako u železničních mostů. Výška působíště nad rovinou temene kolejnic je u tramvajových mostů **1.4 m**, u vozů metra **1.6 m**.

Dynamické účinky

Dynamické účinky pohyblivého zatížení se zavádí do výpočtu dynamickým součinitelem, kterým se násobí statické účinky od tohoto zatížení.

$$\delta_t = 1 + 0.85(\delta - 1) \leq 1.68$$

δ ... dynamický součinitel vypočtený pro železniční mosty

Zvětšení zemního tlaku vyvozené pohyblivým zatížením

Zvětšení zemního tlaku se nahrazuje rovnoměrným zatížením **11 kN/m²**, působícím v pruhu o šířce 4 m s osou totožnou s osou koleje.

4.2 VEDLEJŠÍ ZATÍŽENÍ

Brzdné a rozjezdové síly

Brzdné a rozjezdové síly se uvažují jako vodorovné zatížení v temeni kolejnic. Rozjezdová síla působí proti směru jízdy, brzdná ve směru jízdy.

15 % svislého pohyblivého zatížení

Boční rázy

Boční rázy se nahrazují vodorovnou silou v úrovni temen kolejnic, kolmo k ose koleje, v nejúčinnější poloze. Pro tramvajové mosty silou **30 kN**, pro mosty metra **40 kN**.

Tření v ložiskách a klimatické účinky

Tření v ložiskách a klimatické účinky se uvažují stejně jako u mostů silničních nebo železničních.