

GLOBALNA ANALÝZA OBLÚKOVÉHO MOSTA

Charakteristiky materiálov

Konštrukčná oceľ

S 355 J2 podľa STN EN 1993-1-1

modul pružnosti $E = 210 \text{ GPa}$

medza klzu $f_y = 355 \text{ MPa}$

súčiniteľ spoľahlivosti materiálu $\gamma_{M0} = 1,0$

$\gamma_{M1} = 1,1$

Betón

C30/37 (mostovková doska)

charakteristická valcová pevnosť v tlaku $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

28-dňový modul pružnosti $E_{cm} = 33\,000 \text{ MPa}$

C35/45 (chodníkové dosky)

charakteristická valcová pevnosť v tlaku $f_{ck} = 35 \text{ MPa}$

28-dňový modul pružnosti $E_{cm} = 34\,000 \text{ MPa}$

parciálny súčiniteľ spoľahlivosti materiálu $\gamma_{M0} = 1,5$

Výstuž

B500B podľa STN EN 10080.

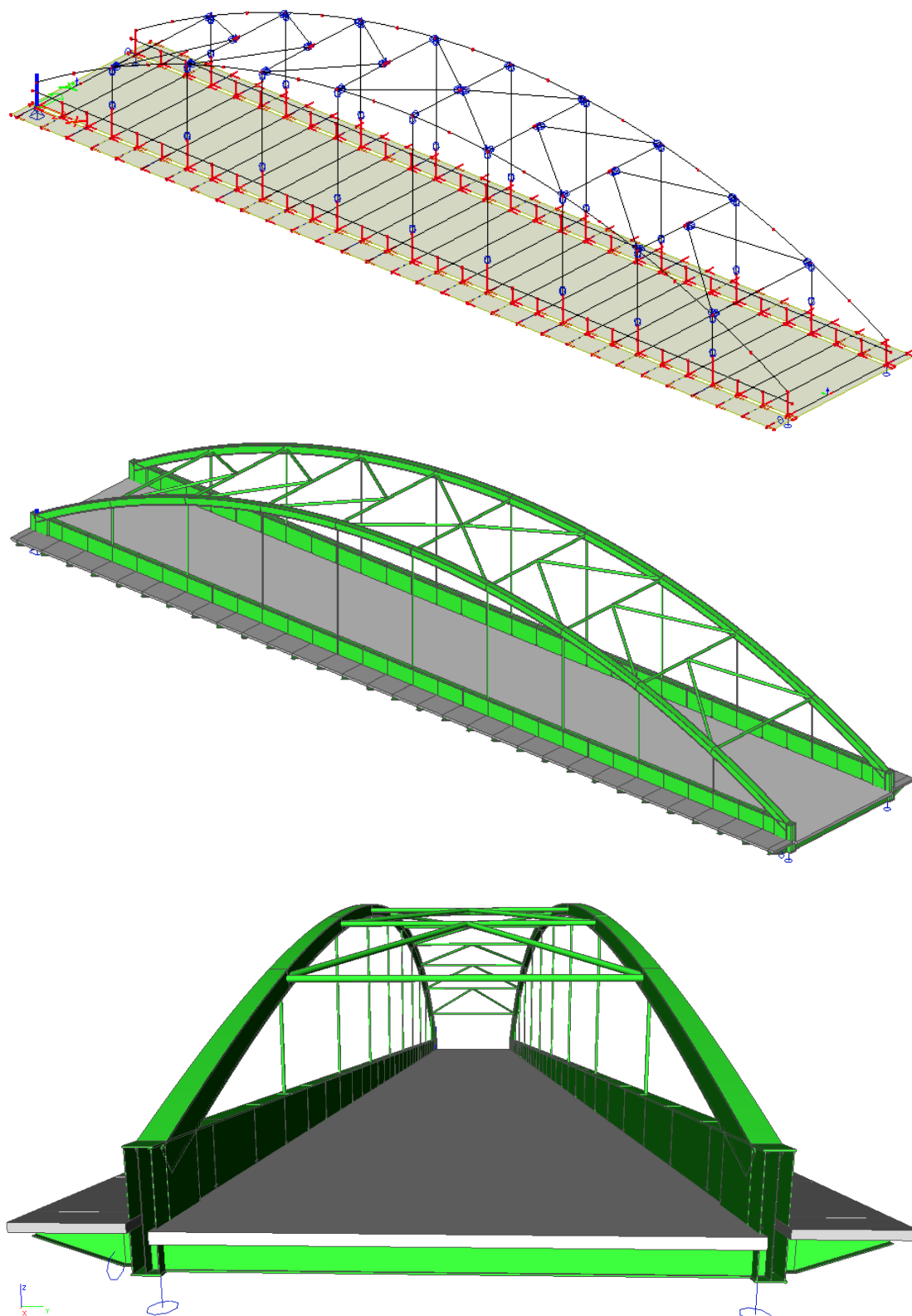
modul pružnosti $E_s = 200 \text{ GPa}$

charakteristická medza klzu $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Geometrické parametre nosnej konštrukcie pre statický výpočet

Geometrické parametre nosnej konštrukcie uvažované v statickom výpočte vyplynuli z jej dispozičného usporiadania. Oceľové priečníky sú pre zjednodušenie modelu uvažované konštantnej priemernej výšky 710 mm. Pozdĺžny sklon nosnej konštrukcie ako aj jej nadvýšenie z dôvodu eliminovania zvislých deformácií sú v modeli zanedbané – pre výpočet vnútorných síl nemajú významný vplyv.

Výpočtový model



Obrázok 1: Geometrická schéma a vizualizácia výpočtového modelu nosnej konštrukcie

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

Výpočtový model nosnej konštrukcie bol vytvorený v programe SCIA Engineer. Všetky oceľové nosné konštrukčné prvky sú modelované prúťovými prvkami. Ich prípoje sú tuhé, s výnimkou zvislých závesov, ktoré sú k trámom a oblúkom pripojené kĺbovo v oboch rovinách. ŽB mostovková doska je modelovaná plošným doskovým prvkom, do ktorého sú ako rebrá vložené oceľové priečniky. Spojenie dosky s vnútornými priečnikmi je modelované ako tuhé, čím je zabezpečené plné spolupôsobenie oboch prvkov. Spolupôsobiacia šírka dosky je pre vyhodnocovanie vnútorných síl uvažovaná ako osová vzdialenosť priečnikov. Spojenie dosky s krajnými priečnikmi sa uvažuje bez spriahnutia, čo je v modeli zohľadnené uvoľnením pozdĺžnych posunutí v ich vzájomnom spojení. Chodníkové ŽB dosky sú modelované tiež plošnými doskovými prvkami, pričom ich spolupôsobeniu s konzolovo vyloženými priečnikmi v ohybovom namáhaní je zabránené uvoľnením pozdĺžnych posunutí v ich vzájomnom spojení. Geometrická schéma výpočtového modelu nosnej konštrukcie mostu ako aj jeho vizualizácia sú znázornené na obr. 1. Tento model bol s príslušnými modifikáciami zohľadňujúcimi technologický postup montáže nosnej konštrukcie mosta postupne použitý pre lokálnu a globálnu analýzu hlavných nosných prvkov nasledovne:

Výpočtový model pre lokálnu analýzu ŽB dosiek v pozdĺžnom smere

- pre lokálnu analýzu ŽB dosiek je použitý vyššie opísaný výpočtový model bez zmien, pričom ťahová sila v doskách od vlastnej tiaže konštrukcie sa neuvažuje

Výpočtový model pre lokálnu analýzu oceľových priečnikov spriahnutých so ŽB mostovkovou doskou, oceľových konzolových priečnikov a globálnu analýzu hlavných oceľových nosníkov

- Pre analýzu oceľovej nosnej konštrukcie boli použité **dva parciálne modely**:
 - 1) *model pre montážne štádium* (v čase betónovania ŽB dosiek):
 - mokrý betón zohľadnený nízkym modulom pružnosti ($E_{cm} = 1 \text{ kPa}$)
 - tiaž betónu uvažovaná dvojakou hodnotou:
 - $\rho = 25 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3}$ – použije sa pre superpozíciu s ostatnými účinkami zaťaženia v prevádzkovom štádiu
 - $\rho = 26 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3}$ (zvýšená o tiaž zámesovej vody) – použije sa v kombinácii s premennými zaťažzeniami počas výstavby pre posúdenie priečnikov v MS únosnosti v montážnom štádiu
 - všetko zaťaženie prenáša len oceľová konštrukcia, podopretá v mieste ložísk
 - 2) *model pre prevádzkové štádium* (po vytvrdnutí ŽB dosiek):
 - vytvrdnutý betón zohľadnený štandardným modulom pružnosti ($E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$, resp. $E_{cm} = 34000 \text{ MPa}$)
 - tiaž materiálu ŽB dosiek $\rho_c = 0 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3}$
 - tiaž materiálu oceľovej konštrukcie $\rho_a = 0 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3}$
 - ostatné zaťaženie (tiaž vrstiev vozovky, zvodidlá, zábradlia + premenné zaťaženia od dopravy, chodcov, vetra) prenáša celá konštrukcia, podopretá v mieste ložísk, vnútorné priečniky sú spriahnuté so ŽB mostovkovou doskou
- Napätia v oceľových konštrukčných prvkoch z modelu (1) a z modelu (2) sa sčítajú.

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

ZAŤAŽENIE PRE NÁVRH ŽB DOSIEK

Stále zaťaženie

Zaťaženia sú v modeli uvažované ako plošné, príp. líniové zaťaženia pôsobiace na ŽB mostovkovú dosku, resp. na ŽB chodníkové dosky. Uvažované sú tieto zaťaženia:

	Char. hodnota	$\gamma_{G,sup}$ ($\gamma_{G,inf}$)
- tiaž ŽB mostovkovej dosky hr. 250 mm (plošné zaťaženie po celej ploche dosky) $0,25 \cdot 25,0 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3} =$	6,25 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$	1,35 (1,0)
- tiaž ŽB chodníkových dosiek hr. 200 mm (plošné zaťaženie po celej ploche dosky) $0,20 \cdot 25,0 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3} =$	5,00 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$	1,35 (1,0)
- tiaž izolácie hr. 5 mm (plošné zaťaženie po celej ploche dosky) $0,005 \cdot 14,0 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3} =$	0,07 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$	1,35 (1,0)
- tiaž ochrany izolácie pod odraznými pruhmi hr. 5 mm (plošné zaťaženie pozdĺž oboch okrajov dosky na šírke 1250 mm) $0,005 \cdot 14,0 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3} =$	0,07 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$	1,35 (1,0)
- tiaž ŽB odrazných pruhov hr. 185 mm (plošné zaťaženie pozdĺž oboch okrajov dosky na šírke 1250 mm) $0,185 \cdot 25 =$	4,63 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$	1,35 (1,0)
- tiaž zábradlí (vrátane protidotykovej zábrany) (líniové zaťaženie pozdĺž oboch vonkajších okrajov chodníkov)	0,50 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$	1,35 (1,0)
- tiaž zvodidiel (líniové zaťaženie pozdĺž okrajov vozovky)	0,30 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$	1,35 (1,0)
- tiaž vrstiev vozovky celkovej hrúbky $45 + 40 = 85 \text{ mm}$ (asfaltobetón) (plošné zaťaženie na vnútornej časti mostovkovej dosky medzi zvodidlami) $0,085 \cdot 24 =$	2,04 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$	1,35 (1,0)

Premenné zaťaženia na mostovkovú dosku

Zaťažovací model ZM1

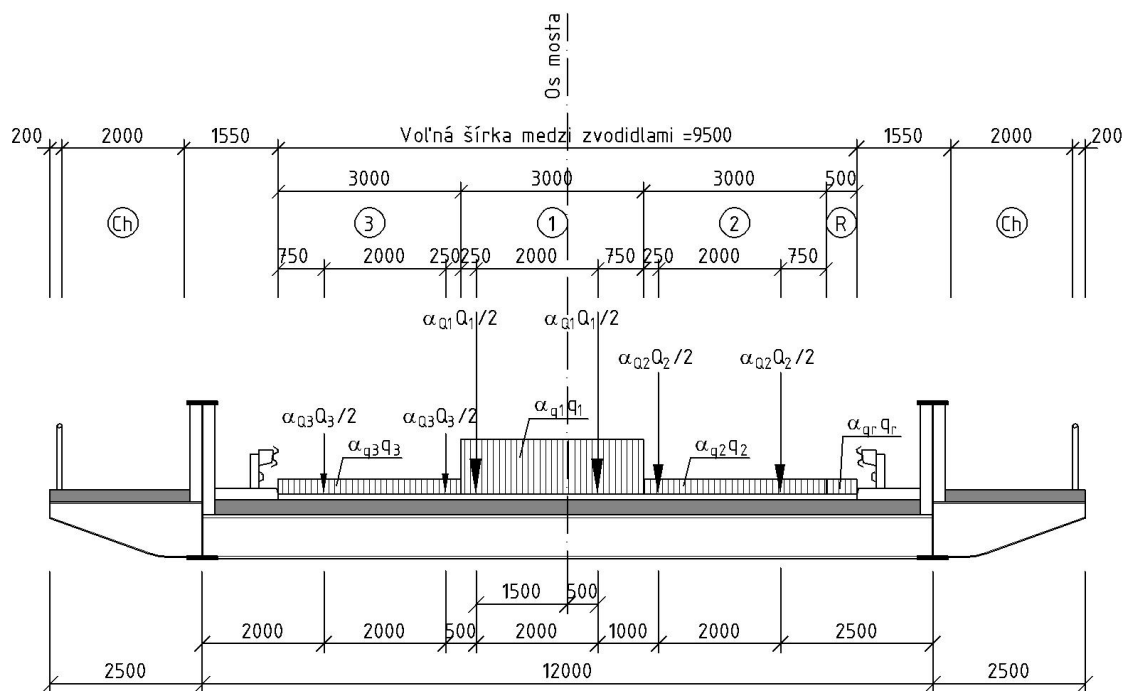
Vzhľadom na šírku vozovky 9,5 m je zaťažovací model ZM1 tvorený tromi zaťažovacími pruhmi šírky 3,0 m a zvyšnou plochou šírky 0,5m (obr. 2). Nápravové sily dvojnápravového vozidla resp. rovnomerné spojité zaťaženia v jednotlivých pruhoch ako aj príslušné kategorizačné súčinitele sú uvažované nasledovne:

$Q_{1k} = 300 \text{ kN}$	$\alpha_{Q1} = 0,9$	$\Rightarrow$	$\alpha_{Q1} \cdot Q_{1k} = 270 \text{ kN}$
$q_{1k} = 9,0 \text{ kN/m}^2$	$\alpha_{q1} = 0,9$	$\Rightarrow$	$\alpha_{q1} \cdot q_{1k} = 8,10 \text{ kN/m}^2$
$Q_{2k} = 200 \text{ kN}$	$\alpha_{Q2} = 0,9$	$\Rightarrow$	$\alpha_{Q2} \cdot Q_{2k} = 180 \text{ kN}$
$q_{2k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$	$\alpha_{q2} = 1,0$	$\Rightarrow$	$\alpha_{q2} \cdot q_{2k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
$Q_{3k} = 100 \text{ kN}$	$\alpha_{Q2} = 0,9$	$\Rightarrow$	$\alpha_{Q2} \cdot Q_{2k} = 90 \text{ kN}$
$q_{3k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$	$\alpha_{q2} = 1,0$	$\Rightarrow$	$\alpha_{q2} \cdot q_{2k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
$q_{rk} = 2,5 \text{ kN/m}^2$	$\alpha_{qr} = 1,0$	$\Rightarrow$	$\alpha_{qr} \cdot q_{rk} = 2,5 \text{ kN/m}^2$

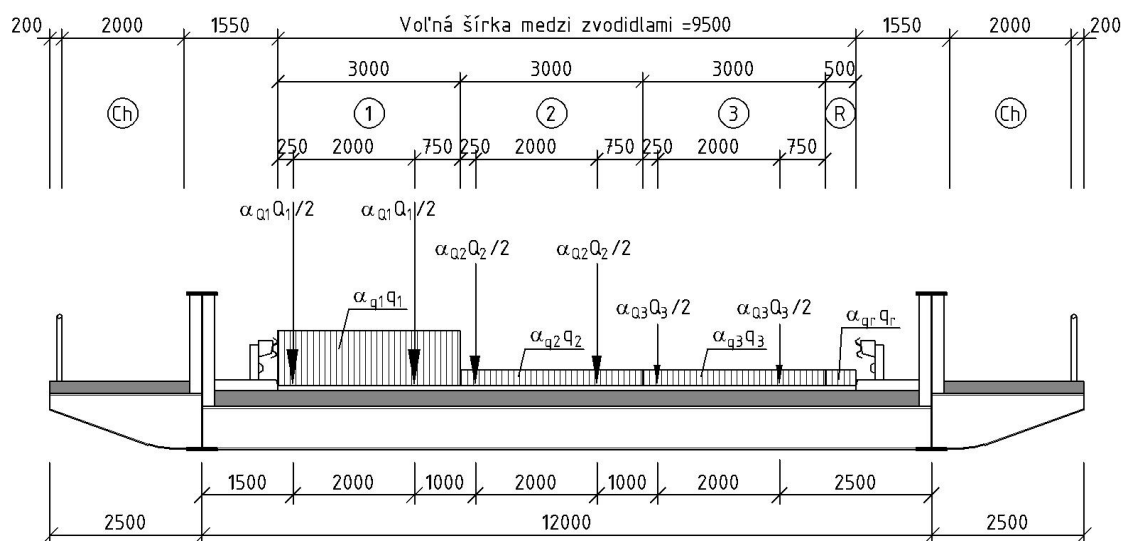
Pre lokálnu analýzu dosky uplatníme roznos kolesových síl dvojnápravového vozidla na kontaktnej ploche $0,4 \times 0,4$, takže na jednu kontaktnú plôšku bude pôsobiť rovnomerné plošné zaťaženie o intenzite:

- v zaťažovacom pruhu 1: $p_{Q1k} = 270/2/(0,4 \cdot 0,4) = 843,75 \text{ kN/m}^2$
- v zaťažovacom pruhu 2: $p_{Q2k} = 180/2/(0,4 \cdot 0,4) = 562,50 \text{ kN/m}^2$
- v zaťažovacom pruhu 3: $p_{Q3k} = 90/2/(0,4 \cdot 0,4) = 281,25 \text{ kN/m}^2$

V pozdĺžnom smere je rozmiestnenie zaťažovacieho modelu ZM1 uvažované podľa príslušnej vplyvovej čiary, resp. vplyvovej plochy. Súčiniteľ zaťaženia je $\gamma_Q = 1,35$.



A)



B)

Obrázok 2: Rozdelenie vozovky na zaťažovacie pruhy a poloha ZM 1 v priečnom smere pre:
A) max M a max N v poli medzi priečnikmi, B) min M a max N nad priečnikom

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

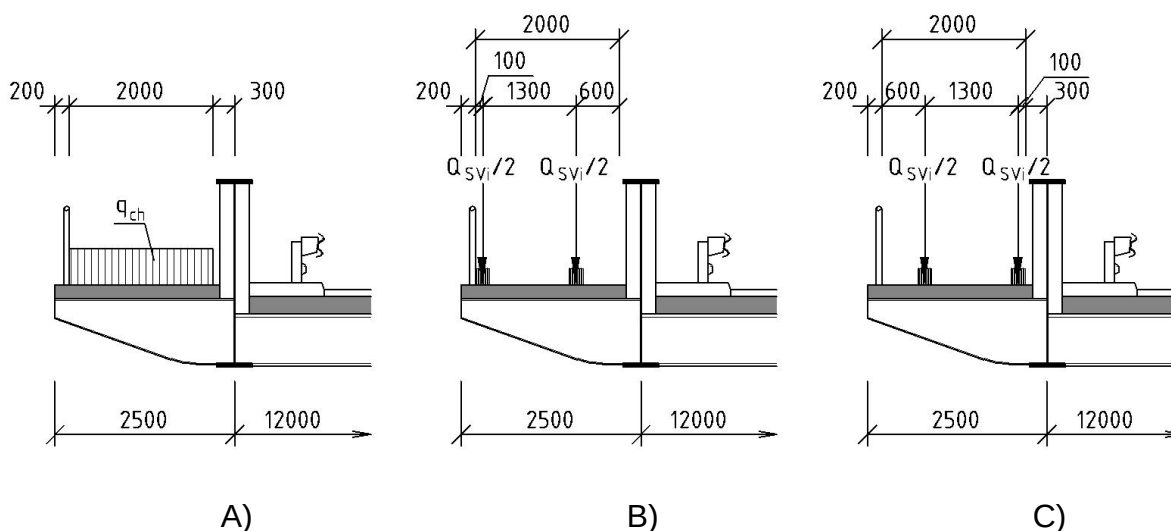
Premenné zaťaženia na chodníkové dosky

Rovnomerné spojité zaťaženie chodcami

Zaťaženie chodcami je uvažované po celej šírke dopravného priestoru chodníka medzi zábradlím a hlavným nosníkom chodníkov, t.j. 2,0 m (obr. 4). Intenzita zaťaženia je $5,0 \text{ kN/m}^2$ a v pozdĺžnom smere je jeho umiestnenie uvažované v najúčinnejšej polohe podľa príslušnej vplyvovej čiary, resp. vplyvovej plochy (v poli medzi priečnikmi, resp. nad priečnikmi). Súčiniteľ zaťaženia je $\gamma_Q = 1,35$.

Služobné vozidlo

Keďže sa nepredpokladá umiestnenie trvalých bariér (stĺpikov) brániacich vstupu vozidla do dopravného priestoru chodníkov, je vo výpočte uvažované s možnosťou vstupu služobného vozidla (vozidla údržby, záchranného vozidla a pod.) na chodníkové dosky. Služobné vozidlo je modelované dvojnápravovým vozidlom s veľkosťou nápravových síl $Q_{SV1} = 80 \text{ kN}$ a $Q_{SV2} = 40 \text{ kN}$. Osová vzdialenosť náprav je 3,0 m, rázvor kolies je 1,3 m. Poloha zaťaženia v priečnom smere je znázornená na obr. 4, v pozdĺžnom smere sú kolesové sily umiestnené podľa príslušnej vplyvovej čiary, resp. vplyvovej plochy (pozri prílohu k statickému výpočtu). Súčiniteľ zaťaženia je $\gamma_Q = 1,35$.



Obrázok 4: Poloha premenných zaťažení na chodníkové dosky v priečnom smere
 A) zaťaženie chodcami, B) poloha serv. voz. pre max M v poli, C) poloha serv. voz. pre min M a max N nad priečnikmi

ZAŤAŽENIE PRE NÁVRH VNÚTORNÉHO PRIEČNIKA MOSTOVKY**Zaťaženie na ocel'ový prierez v montážnom štádiu (počas betonáže)**

Stále zaťaženie:	charakteristické $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$	γ_F	návrhové $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$
- tiaž priečnika: $A \cdot 80\text{kN}\cdot\text{m}^{-3} =$	2,06	1,25	2,58
- tiaž dosky: $25\text{kN}\cdot\text{m}^{-3} \cdot 0,25\text{m} \cdot 2,7\text{m} =$	16,88	1,35	22,78
	$g_k = 18,94$		$g_d = 25,36$

Premenné zaťaženie:	$\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$	γ_F	$\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$
- pracovníci a ručné nástroje: $1,0\text{kN}\cdot\text{m}^{-2} \cdot 2,7\text{m}$	2,70	1,50	4,05
- debnenie a podperná konš.: $0,7\text{kN}\cdot\text{m}^{-2} \cdot 2,7\text{m}$	1,89	1,50	2,84
	$q_k = 4,59$		$q_d = 6,89$

Zaťaženie na spriahnutý oceľobetónový prierez v prevádzkovom štádiu**1. časť stáleho zaťaženia**

- tiaž priečnika - $25,8 \cdot 10^{-3} \cdot 80 = 2,064\text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$ $\gamma_{G,\text{sup}} = 1,25$
- tiaž ŽB dosky - $0,25 \cdot 2,7 \cdot 25 = 16,875\text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$ $\gamma_{G,\text{sup}} = 1,35$

Moment uprostřed rozpětí:

$$M_{y,k} = 1/8 \cdot (2,064 + 16,875) \cdot 12^2 = 340,90\text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 1/8 \cdot (2,064 \cdot 1,25 + 16,875 \cdot 1,35) \cdot 12^2 = 456,50\text{ kNm}$$

Šmyková síla pri hlavnom nosníku:

$$V_{z,k} = 1/2 \cdot (2,064 + 16,875) \cdot 12 = 113,63\text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 1/2 \cdot (2,064 \cdot 1,25 + 16,875 \cdot 1,35) \cdot 12 = 152,17\text{ kN}$$

2. časť stáleho zaťaženia

Zaťaženia sú v modeli uvažované ako plošné, príp. líniové zaťaženia pôsobiace na ŽB mostovkovú dosku, resp. na ŽB chodníkové dosky. Uvažované sú tieto zaťaženia:

	Char. hodnota	$\gamma_{G,sup}$	$(\gamma_{G,inf})$
- tiaž izolácie hr. 5 mm (plošné zaťaženie po celej ploche dosky) $0,005 \cdot 14,0 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3} =$	0,07 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$	1,35	(1,0)
- tiaž ochrany izolácie pod odraznými pruhmi hr. 5 mm (plošné zaťaženie pozdĺž oboch okrajov dosky na šírke 1250 mm) $0,005 \cdot 14,0 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3} =$	0,07 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$	1,35	(1,0)
- tiaž ŽB odrazných pruhov hr. 185 mm (plošné zaťaženie pozdĺž oboch okrajov dosky na šírke 1250 mm) $0,185 \cdot 25 =$	4,63 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$	1,35	(1,0)
- tiaž zábradlí (vrátane protidotykovej zábrany) (líniové zaťaženie pozdĺž oboch vonkajších okrajov chodníkov) $0,50 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$	0,50 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$	1,35	(1,0)
- tiaž zvodidiel (líniové zaťaženie pozdĺž oboch okrajov vozovky) $0,30 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$	0,30 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$	1,35	(1,0)
- tiaž vrstiev vozovky celkovej hrúbky 45 + 40 = 85 mm (asfaltobetón) (plošné zaťaženie na vnútornej časti mostovkovej dosky medzi zvodidlami) $0,085 \cdot 24 =$	2,04 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$	1,35	(1,0)

Premenné zaťaženia

Zaťažovací model ZM1

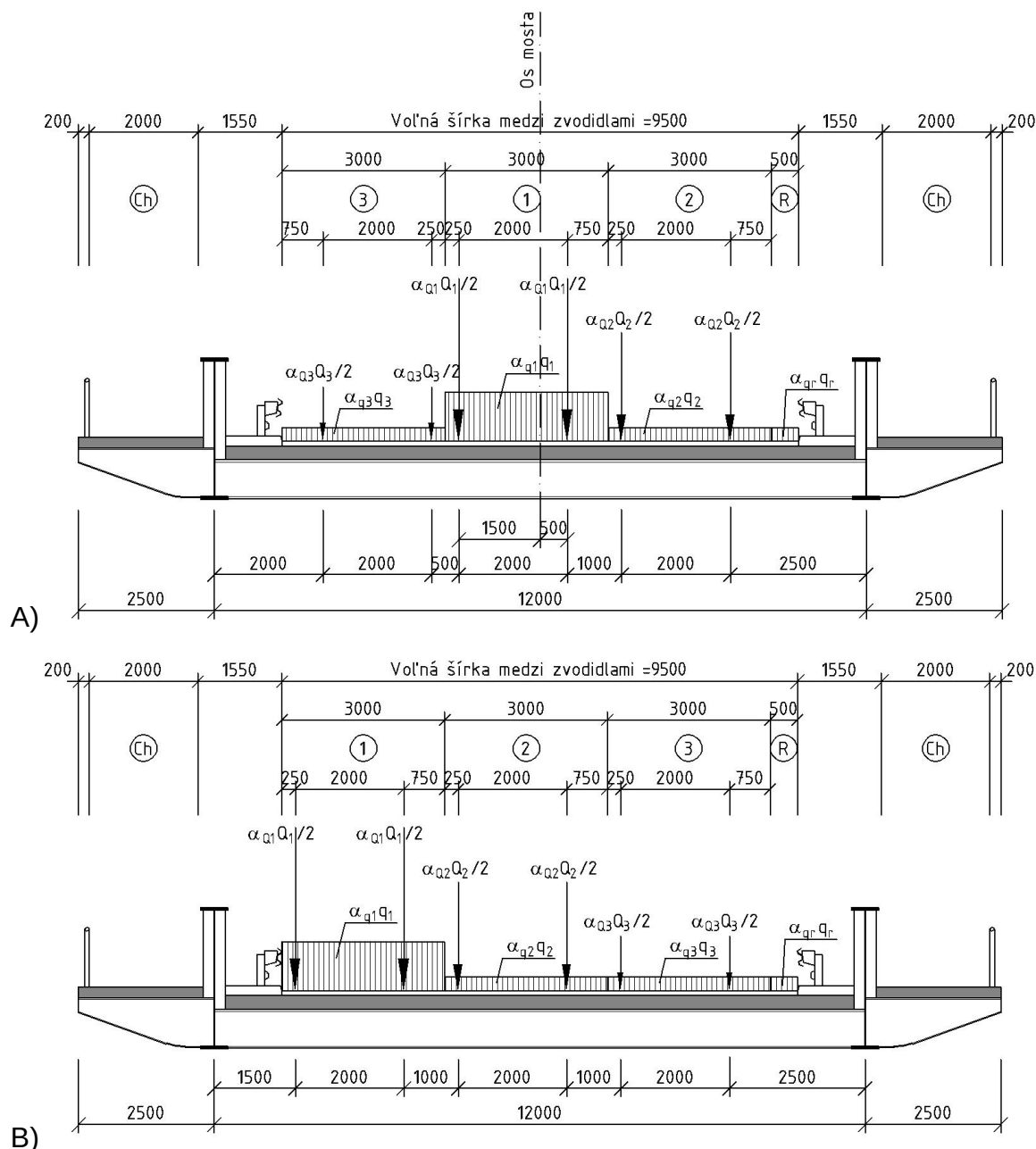
Vzhľadom na šírku vozovky 9,5 m je zaťažovací model ZM1 tvorený tromi zaťažovacími pruhmi šírky 3,0m a zvyšnou plochou šírky 0,5m (obr. 5). Nápravové sily dvojnápravového vozidla resp. rovnomerné spojité zaťaženia v jednotlivých pruhoch ako aj príslušné kategorizačné súčinitele sú uvažované nasledovne:

$Q_{1k} = 300 \text{ kN}$	$\alpha_{Q1} = 0,9$	$\Rightarrow$	$\alpha_{Q1} \cdot Q_{1k} = 270 \text{ kN}$
$q_{1k} = 9,0 \text{ kN/m}^2$	$\alpha_{q1} = 0,9$	$\Rightarrow$	$\alpha_{q1} \cdot q_{1k} = 8,10 \text{ kN/m}^2$
$Q_{2k} = 200 \text{ kN}$	$\alpha_{Q2} = 0,9$	$\Rightarrow$	$\alpha_{Q2} \cdot Q_{2k} = 180 \text{ kN}$
$q_{2k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$	$\alpha_{q2} = 1,0$	$\Rightarrow$	$\alpha_{q2} \cdot q_{2k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
$Q_{3k} = 100 \text{ kN}$	$\alpha_{Q2} = 0,9$	$\Rightarrow$	$\alpha_{Q2} \cdot Q_{2k} = 90 \text{ kN}$
$q_{3k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$	$\alpha_{q2} = 1,0$	$\Rightarrow$	$\alpha_{q2} \cdot q_{2k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
$q_{rk} = 2,5 \text{ kN/m}^2$	$\alpha_{qr} = 1,0$	$\Rightarrow$	$\alpha_{qr} \cdot q_{rk} = 2,5 \text{ kN/m}^2$

Pre lokálnu analýzu priečnikov môžeme roznos kolesových síl zanedbať.

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Obrázok 5: Rozdelenie vozovky na zaťažovacie pruhy a poloha ZM 1 pre:
A) max M_y , B) max V_z

Zaťažovací model ZM2

Je tvorený jednonápravovým vozidlom s veľkosťou nápravovej sily $Q_k = 400$ kN. Kategorizačný súčiniteľ je uvažovaný hodnotou $\beta = 1,0$. Roznos kolesových síl môžeme tiež zanedbať.

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

ZAŤAŽENIE PRE NÁVRH KRAJNÉHO PRIEČNIKA MOSTOVKY

Krajný priečník je navrhnutý ako zvaraný I prierez. Vzhľadom na jeho namáhanie záporným ohybovým momentom nie je uvažované s jeho spriahnutím so železobetónovou doskou. Posúdime priečník nad liptovsko-mikulášskou oporou, ktorý je nižší ako priečník nad popradskou oporou. Pre posúdenie uvažujeme bezpečne priemernú výšku ocelového priečníka nad liptovsko-mikulášskou oporou $h_a = 692$ mm (v skutočnosti je výška priečníka v mieste max M_y väčšia – $h_{a,max} = 749$ mm).

Zaťaženie na ocelový prierez v montážnom štádiu (počas betonáže)

	charakteristické		návrhové
Stále zaťaženie:	$\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$	γ_F	$\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$
- tiaž priečníka: $A \cdot 80\text{kN}\cdot\text{m}^{-3} =$	3,54	1,25	4,42
- tiaž dosky: $26 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3} \cdot 0,25\text{m} \cdot (0,63+2,7/2)\text{m} =$	12,87	1,35	17,37
	$g_k = 16,41$		$g_d = 21,80$
Premenné zaťaženie:	$\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$	γ_F	$\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$
- pracovníci a ručné nástroje: $1,0\text{kN}\cdot\text{m}^{-2} \cdot 1,98\text{m}$	1,98	1,50	2,97
- debnenie a podperná konš.: $0,7\text{kN}\cdot\text{m}^{-2} \cdot 1,98\text{m}$	1,39	1,50	2,08
	$q_k = 3,37$		$q_d = 5,05$

Zaťaženie na ocelový prierez v prevádzkovom štádiu

So spolupôsobením ŽB dosky s ocelovým priečníkom sa neuvažuje. Uvažujeme však, že ŽB doska spojená s priečníkom tržmi à 400 mm bráni klopeniu ocelového priečníka.

1. časť stáleho zaťaženia

- tiaž priečníka - $44,24 \cdot 10^{-3} \cdot 80 = 3,54 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$ $\gamma_{G,sup} = 1,25$
- tiaž ŽB dosky - $0,25 \cdot (0,63 + 2,7/2) \cdot 25 = 12,38 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$ $\gamma_{G,sup} = 1,35$

$$\text{Moment uprostred rozpätia: } M_{y,g1,k} = 1/8 \cdot (3,54 + 12,38) \cdot 12^2 = 286,56 \text{ kNm}$$

$$M_{y,g1,d} = 1/8 \cdot (3,54 \cdot 1,25 + 12,38 \cdot 1,35) \cdot 12^2 = 380,48 \text{ kNm}$$

$$\text{Šmyková sila pri hl. nosníku: } V_{z,g1,k} = 1/2 \cdot (3,54 + 12,38) \cdot 12 = 95,52 \text{ kN}$$

$$V_{z,g1,d} = 1/2 \cdot (3,54 \cdot 1,25 + 12,38 \cdot 1,35) \cdot 12 = 126,83 \text{ kN}$$

2. časť stáleho zaťaženia a premenné zaťaženia

Ostatné zaťaženia sú uvažované rovnako ako v prípade vnútorného priečníka.

ZAŤAŽENIE PRE NÁVRH CHODNÍKOVÝCH PRIEČNIKOV

Chodníkové konzolové priečniky sú navrhnuté zo zvaraného symetrického I-priezezu premennej výšky s pásnicami z P20×200 mm a stenou z plechu hrúbky 12 mm. Výška steny je premenná od 290 mm na voľnom konci po 755 mm pri liptovsko-mikulášskej opore, resp. 815 mm pri popradskej opore. Vnútorne priečniky majú výšku steny pri hlavnom nosníku 870 mm, pričom sú opatrené otvorom priemeru 250 mm pre prevedenie odvodňovacích potrubí. Spojenie priečnikov s chodníkovými ŽB doskami je len konštrukčné, s ich spriahnutím sa vzhľadom na namáhanie záporným ohybovým momentom neuvažuje.

1. časť stáleho zaťaženia na vnútorné priečniky

- tiaž priečnika - $(18,44 + 11,12)/2 \cdot 10^{-3} \cdot 80 = 1,182 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ $\gamma_{G,\text{sup}} = 1,25$

- tiaž ŽB dosky - $0,20 \cdot 2,7 \cdot 25 = 13,500 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ $\gamma_{G,\text{sup}} = 1,35$

Moment pri hlavnom nosníku: $M_{y,k} = -1/2 \cdot (1,182 + 13,5) \cdot 2,5^2 = -45,88 \text{ kNm}$

$$M_{y,\text{Ed}} = -1/2 \cdot (1,182 \cdot 1,25 + 13,5 \cdot 1,35) \cdot 2,5^2 = -61,57 \text{ kNm}$$

Šmyková sila pri hlavnom nosníku: $V_{z,k} = (1,182 + 13,5) \cdot 2,5 = 36,71 \text{ kN}$

$$V_{z,\text{Ed}} = (1,182 \cdot 1,25 + 13,5 \cdot 1,35) \cdot 2,5 = 49,26 \text{ kN}$$

1. časť stáleho zaťaženia na koncové priečniky

- tiaž priečnika - $(18,44 + 11,12)/2 \cdot 10^{-3} \cdot 80 = 1,182 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ $\gamma_{G,\text{sup}} = 1,25$

- tiaž ŽB dosky - $0,20 \cdot (0,63 + 2,7/2) \cdot 25 = 9,900 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ $\gamma_{G,\text{sup}} = 1,35$

Moment pri hlavnom nosníku: $M_{y,k} = -1/2 \cdot (1,182 + 9,9) \cdot 2,5^2 = -34,63 \text{ kNm}$

$$M_{y,\text{Ed}} = -1/2 \cdot (1,182 \cdot 1,25 + 9,9 \cdot 1,35) \cdot 2,5^2 = -46,38 \text{ kNm}$$

Šmyková sila pri hlavnom nosníku: $V_{z,k} = (1,182 + 9,9) \cdot 2,5 = 27,71 \text{ kN}$

$$V_{z,\text{Ed}} = (1,182 \cdot 1,25 + 9,9 \cdot 1,35) \cdot 2,5 = 37,11 \text{ kN}$$

2. časť stáleho zaťaženia a premenné zaťaženia

Ostatné zaťaženia sú uvažované tak ako sú uvedené pri zaťažení ŽB dosiek.

ZAŤAŽENIE PRE NÁVRH HLAVNÝCH NOSNÍKOV

1. časť stáleho zaťaženia

Prvú časť stáleho zaťaženia tvorenú vlastnou tiažou ocelevej konštrukcie a tiažou mokrého betónu prenáša len samotná oceľová nosná konštrukcia. Vnútorne sily boli vypočítané pomocou výpočtového modelu 1), v ktorom je uvažovaná nulová tuhosť plošných prvkov modelujúcich mostovkovú dosku a chodníkové dosky.

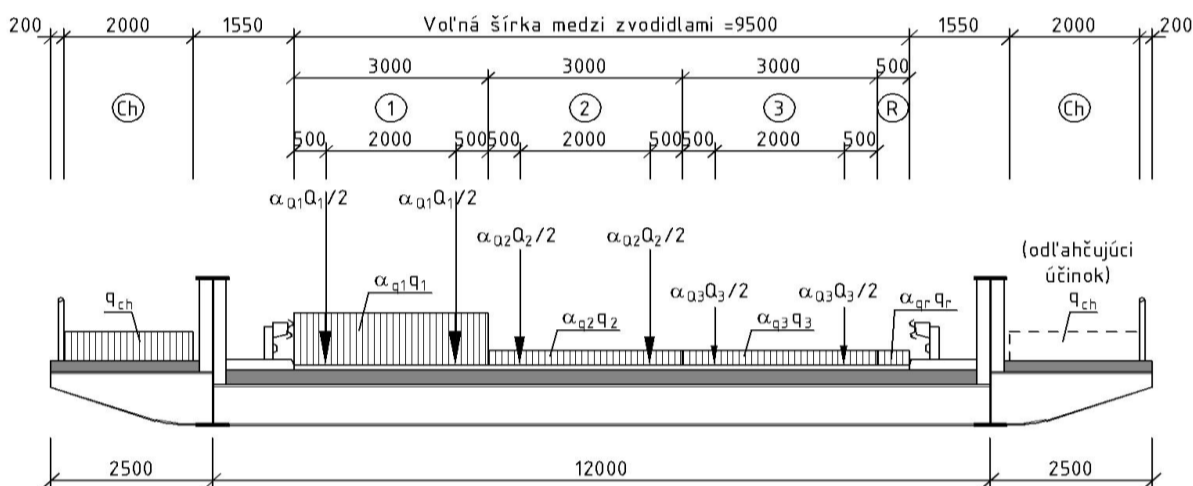
2. časť stáleho zaťaženia

Druhú časť stáleho zaťaženia (tiaž izolácie, vrstiev vozovky, odrazných pruhov a záchytných a bezpečnostných zariadení) pomáha prenášať už aj ŽB doska spriahnutá s mostovkovými priečnikmi. Vnútorne sily boli vypočítané pomocou výpočtového modelu 2) s reálnymi tuhosťami ocele aj betónu.

Premenné zaťaženia

Zaťažovací model ZM1

Rozdelenie dopravného priestoru na jednotlivé zaťažovacie pruhy pre analýzu hlavného nosníka je znázornené na obr. 6.



Obrázok 6: Rozdelenie vozovky na zaťažovacie pruhy pre analýzu hlavného nosníka

Pre globálnu analýzu nosnej konštrukcie nahradíme dvojnápravové vozidlá v jednotlivých zaťažovacích pruhoch jednonápravovými vozidlami s rovnakou celkovou tiažou. Nápravové sily týchto jednonápravových vozidiel resp. rovnomerné

spojité zaťaženia v jednotlivých pruhoch ako aj príslušné kategorizačné súčinitele sú teda uvažované nasledovne:

$Q_{1k} = 600 \text{ kN}$	$\alpha_{Q1} = 0,9$	$\Rightarrow$	$\alpha_{Q1} \cdot Q_{1k} = 540 \text{ kN}$
$q_{1k} = 9,0 \text{ kN/m}^2$	$\alpha_{q1} = 0,9$	$\Rightarrow$	$\alpha_{q1} \cdot q_{1k} = 8,10 \text{ kN/m}^2$
$Q_{2k} = 400 \text{ kN}$	$\alpha_{Q2} = 0,9$	$\Rightarrow$	$\alpha_{Q2} \cdot Q_{2k} = 360 \text{ kN}$
$q_{2k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$	$\alpha_{q2} = 1,0$	$\Rightarrow$	$\alpha_{q2} \cdot q_{2k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
$Q_{3k} = 200 \text{ kN}$	$\alpha_{Q3} = 0,9$	$\Rightarrow$	$\alpha_{Q3} \cdot Q_{3k} = 180 \text{ kN}$
$q_{3k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$	$\alpha_{q3} = 1,0$	$\Rightarrow$	$\alpha_{q3} \cdot q_{3k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
$q_{rk} = 2,5 \text{ kN/m}^2$	$\alpha_{qr} = 1,0$	$\Rightarrow$	$\alpha_{qr} \cdot q_{rk} = 2,5 \text{ kN/m}^2$

Umiestnenie kolesových síl ako aj rovnomerného spojitého zaťaženia v pozdĺžnom je uvažované vždy v najúčinnejšej polohe vzhľadom na vyšetrovanú vnútornú silu, resp. normálové napätie, v danom konštrukčnom prvku a v danom priereze, resp. v danom vlákne, a to podľa príslušnej vplyvovej čiary.

Zaťaženie chodcami

Zaťaženie chodcami je pre globálnu analýzu hlavných nosníkov uvažované spoločne so zaťažovacím modelom ZM1 v rámci skupiny zaťažení „sk1a“ kombinovanou hodnotou **3,0 kN·m⁻²**. Vo výpočtovom modeli je uvažované ako voľné plošné zaťaženie pôsobiace na chodníkové dosky vo vnútri dopravného priestoru chodníkových pásov šírky 2,0 m medzi hlavným nosníkom a zábradlím. V priečnom smere je toto zaťaženie uvažované len na jednom chodníku, ktorý je situovaný pri posudzovanom, od modelu ZM1 viac namáhanom hlavnom nosníku (obr. 6). V pozdĺžnom smere rozmiestnenie tohto zaťaženia zodpovedá rozmiestneniu modelu ZM1. Súčiniteľ zaťaženia je uvažovaný hodnotou $\gamma_Q = 1,35$.

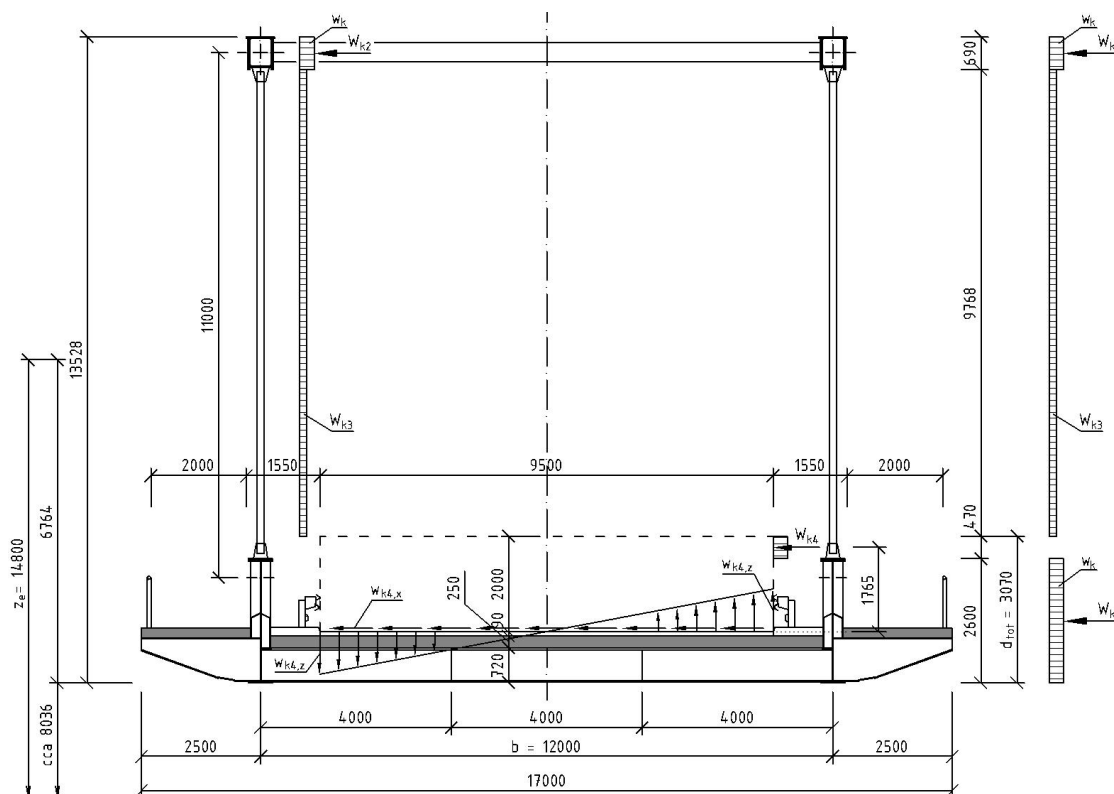
Zaťaženie vetrom

Lokalita: Liptovský Hrádok	$\Rightarrow \mathbf{v_{b,0} = 26,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$	} Špičkový tlak vetra: $\mathbf{q_p(z) = 0,822 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}}$ Stredná rýchlosť vetra: $\mathbf{v_m(z) = 21,58 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}}$
Kategória terénu:	III	
(plochy pravidelne pokryté vegetáciou alebo budovami)	$\mathbf{z \cong 14,8 \text{ m}}$	

Referenčná výška nad terénom:

$$P_b = \left(\frac{\rho \cdot b^2}{m} \right) \cdot \left(\frac{16 \cdot v_m^2(z)}{b \cdot L \cdot n_{1z}} \right) = \left(\frac{1,25 \cdot 17^2}{17335} \right) \cdot \left(\frac{16 \cdot 21,58^2}{17 \cdot 81 \cdot 3,62} \right) = 0,0311$$

$\mathbf{P_b = 0,0311 < 1,0} \Rightarrow$ nie je potrebný výpočet dynamickej odozvy konštrukcie na zaťaženie vetrom



Obrázok 7: Zaťaženie vetrom na nosnú konštrukciu mosta (uprostred rozpätia)

$$b/d_{\text{tot}} = 12,0/2,6 = 4,615 \quad \Rightarrow \quad c_{f,x,0} = 0,3 \cdot (5 - 4,615) + 1 = 1,12$$

Súčiniteľ sily pre vietor pôsobiaci kolmo na pozdĺžnu os mosta: $c_{f,x} = c_{f,x,0} = 1,12$

Výsledný tlak vetra pôsobiaci na referenčnú plochu A_{ref} :

$$w_k = c_s c_d \cdot c_{f,x} \cdot q_p(z) = 1,0 \cdot 1,12 \cdot 0,822 = 0,92 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Zaťaženie na trám čelného nosníka (líniové zaťaženie pozdĺž osi trámu):

$$W_{k1} = 0,92 \cdot 2,60 = 2,39 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

Zaťaženie na oblúky oboch nosníkov (líniové zaťaženie pozdĺž osí oblúkov):

$$W_{k2} = 0,92 \cdot 0,69 = 0,63 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

Zaťaženie na závesy oboch nosníkov (líniové zaťaženie pozdĺž osí závesov):

$$W_{k3} = 0,92 \cdot 0,150 = 0,14 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

Zaťaženie na prečnievajúci pás pohyblivého zaťaženia:

$$W_{k4} = 0,92 \cdot 0,47 = 0,43 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

Toto zaťaženie sa roznesie na povrchu vozovky šírky 9,5 m:

$$w_{k4,x} = 0,43/9,5 = 0,045 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} \text{ (voľné plošné zaťaženie na doske medzi zvodidlami)}$$

Excentrický účinok možno zohľadniť formou zvislého rovnomerného priťaženia resp. odľahčenia s maximálnymi intenzitami na oboch okrajoch vozovky:

$$w_{k4,z} = \pm 0,43 \cdot 1,765 \cdot 6 / 9,5^2 = \pm 0,05 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Súčiniteľ zaťaženia je uvažovaný hodnotou $\gamma_{QW} = 1,5$. V kombinácii so zaťažením dopravou sa uplatní kombinačný súčiniteľ $\psi_0 = 0,6$.