

**Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR
Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií**

TP 12/2015

**TECHNICKÉ PODMIENKY
NAVRHOVANIE CEMENTOBETÓNOVÝCH VOZOVIEK
NA CESTNÝCH KOMUNIKÁCIACH**

účinnosť od: 01.12.2015

OBSAH

1	Úvodná kapitola	3
1.1	Vzájomné uznávanie	3
1.2	Predmet technických podmienok (TP)	3
1.3	Účel TP	3
1.4	Použitie TP	3
1.5	Vypracovanie TP	3
1.6	Distribúcia TP	4
1.7	Účinnosť TP	4
1.8	Nahradenie predchádzajúcich predpisov	4
1.9	Súvisiace a citované právne predpisy	4
1.10	Súvisiace a citované normy	4
1.11	Súvisiace a citované technické predpisy a podmienky	5
1.12	Súvisiace zahraničné predpisy	5
1.13	Použitá literatúra	5
1.14	Použité skratky	6
2	Termíny a definície	8
3	Všeobecne	9
3.1	Princíp a charakterizovanie návrhovej metódy	9
3.2	Skupiny cementobetónových krytov	9
3.3	Zaťaženie cementobetónovej vozovky	10
3.4	Klimatické podmienky	10
3.5	Podmienky v podloží a jeho únosnosť	10
3.6	Posudzovanie návrhu konštrukcie tuhej vozovky	11
4	Návrh konštrukcie vozovky s cementobetónovým krytom	13
4.1	Všeobecne	13
4.2	Konštrukčné zásady	13
4.3	Podkladové vrstvy	14
4.4	Cementobetónový kryt	15
4.5	Škály a iné konštrukčné prvky	16
5	Vstupné údaje pre výpočty	18
5.1	Dopravné zaťaženie	18
5.2	Teplotný režim vozovky	20
5.3	Únosnosť podložia a podkladového systému	21
5.4	Vlastnosti cestných stavebných materiálov	21
6	Posúdenie návrhu konštrukcie vozovky	22
6.1	Ochrana vozovky proti účinkom premrzania	23
6.2	Posúdenie návrhu konštrukcie z hľadiska napätí od jednorazového zaťaženia	23
6.3	Posúdenie návrhu konštrukcie z hľadiska napätí od opakovaného zaťaženia	24
6.4	Posúdenie vozovky s cementobetónovým krytom v tuneloch	25
6.5	Posúdenie návrhu konštrukcie vozovky s cementobetónovým krytom na dopravných plochách	25
	PRÍLOHY	26

1 Úvodná kapitola

1.1 Vzájomné uznávanie

V prípadoch, kedy táto špecifikácia stanovuje požiadavku na zhodu s ktoroukoľvek časťou slovenskej normy ("Slovenská technická norma") alebo inej technickej špecifikácie, možno túto požiadavku splniť zaistením súladu s:

- (a) normou alebo kódexom osvedčených postupov vydaných vnútroštátnym normalizačným orgánom alebo rovnocenným orgánom niektorého zo štátov EHP a Turecka;
- (b) ktoroukoľvek medzinárodnou normou, ktorú niektorý zo štátov EHP a Turecka uznáva ako normu alebo kódex osvedčených postupov;
- (c) technickou špecifikáciou, ktorú verejný orgán niektorého zo štátov EHP a Turecka uznáva ako normu; alebo
- (d) európskym technickým posúdením vydaným v súlade s postupom stanoveným v nariadení (EÚ) č. 305/2011.

Vyššie uvedené pododseky sa nebudú uplatňovať, ak sa preukáže, že dotknutá norma nezaručuje náležitú úroveň funkčnosti.

„Štát EHP“ a Turecko znamená štát, ktorý je zmluvnou stranou dohody o Európskom hospodárskom priestore podpísanej v meste Porto dňa 2. mája 1992, v aktuálne platnom znení.

“Slovenská norma” (“Slovenská technická norma”) predstavuje akúkoľvek normu vydanú Úradom pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky vrátane prevzatých európskych alebo iných medzinárodných noriem.

1.2 Predmet technických podmienok (TP)

Tieto TP špecifikujú postup pri navrhovaní, výpočtoch a posudzovaní konštrukcií vozoviek s cementobetónovým krytom a vozoviek, ktorých konštrukcie možno z hľadiska mechaniky posudzovať ako tuhé a sú určené na cestné komunikácie a dopravné plochy. Tieto TP neplatia pre návrh tuhých vozoviek na letiskách. V špeciálnych prípadoch s požiadavkou vylúčiť kontrakčné a dilatčné škáry a tuhé vozovky vystužiť (SPOVYCED), možno CB kryt pri návrhu a posudzovaní takejto konštrukcie postupovať podľa Prílohy 9 týchto TP.

1.3 Účel TP

TP obsahujú zásady návrhu podkladového systému a konštrukčného usporiadania vozovky s cementobetónovým krytom z nevystuženého cementového betónu, ako aj postup pri posudzovaní dimenzií takejto vozovky s uvažovaním zaťaženia cestnými vozidlami, vlastností cestných stavebných materiálov a klimatických podmienok. V návrhu a pri posudzovaní sa rešpektujú aj neštandardné podmienky zaťažovania dopravných plôch a klimatických podmienok v cestných tuneloch.

1.4 Použitie TP

TP sú určené pre investorské organizácie, projektantov a stavebné organizácie, ako aj pracoviská správy a údržby pozemných komunikácií. Návrh konštrukcie, výber materiálov, ako aj kritériá, pomocou ktorých sa posudzujú dimenzie vozovky sú diferencované podľa veľkosti dopravného zaťaženia a skupiny cementobetónového krytu.

1.5 Vypracovanie TP

Tieto TP na základe objednávky Slovenskej správy ciest (SSC) vypracovala Katedra dopravných stavieb, Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 810 05 Bratislava.

Zodpovedný riešiteľ – Ing. Andrea Zuzulová, PhD., tel. č.: +421259274355, e-mail: andrea.zuzulova@stuba.sk.

Spoluriešitelia: prof. Ing. Ivan Gschwendt, DrSc., doc. Ing. Katarína Bačová, PhD., Ing. Silvia Cápavová, PhD., Ing. Vladimír Chupík, CSc. (C&T, Česká republika).

1.6 Distribúcia TP

Elektronická verzia TP sa po schválení zverejní na webovej stránke SSC: www.ssc.sk (technické predpisy rezortu) a na webovej stránke MDVRR SR: www.mindop.sk (doprava, cestná doprava, cestná infraštruktúra, technické predpisy).

1.7 Účinnosť TP

Tieto TP nadobúdajú účinnosť dňom uvedeným na titulnej strane.

1.8 Nahradenie predchádzajúcich predpisov

Tieto TP nahrádzajú technickú smernicu TS 0803 Navrhovanie cementobetónových vozoviek na pozemných komunikáciách, MDPT SR z roku 2003 v celom rozsahu.

1.9 Súvisiace a citované právne predpisy

- [Z1] Zákon č. 135/1961 Zb. o pozemných komunikáciách (cestný zákon) v znení neskorších predpisov;
- [Z2] zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení neskorších predpisov;
- [Z3] zákon č. 307/2009 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 725/2004 Z. z. o podmienkach prevádzky vozidiel v premávke na pozemných komunikáciách a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov a o zmene a doplnení niektorých zákonov;
- [Z4] zákon č. 124/2006 Z. z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z5] vyhláška MV SR č. 9/2009 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z6] vyhláška MDVRR SR č. 162/2013 Z. z., ktorou sa ustanovuje zoznam skupín stavebných výrobkov a systémy posudzovania parametrov;
- [Z7] zákon č. 133/2013 Z. z. o stavebných výrobkoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

1.10 Súvisiace a citované normy

STN 72 1001	Klasifikácia zemín a skalných hornín
STN 72 1016	Laboratórne stanovenie pomeru únosnosti zemín (CBR)
STN 72 1191	Skúšanie miery namŕzavosti zemín
STN 73 6100	Názvoslovie pozemných komunikácií
STN 73 6101	Projektovanie ciest a diaľnic
STN 73 6110	Projektovanie miestnych komunikácií
STN 73 6114	Vozovky pozemných komunikácií. Základné ustanovenia pre navrhovanie
STN 73 6121	Stavba vozoviek. Hutnené asfaltové vrstvy
STN 73 6122	Stavba vozoviek. Liaty asfalt na pozemné komunikácie
STN 73 6123	Stavba vozoviek. Cementobetónové kryty
STN 73 6124-1	Stavba vozoviek. Časť 1: Hydraulicky stmelené vrstvy
STN 73 6124-2	Stavba vozoviek. Časť 2: Medzerovitý betón
STN 73 6125	Stavba vozoviek. Upravené zeminy
STN 73 6126	Stavba vozoviek. Nestmelené vrstvy
STN 73 6127-1	Stavba vozoviek. Prelievané vrstvy. Časť 1: Penetračný makadam
STN 73 6127-2	Stavba vozoviek. Prelievané vrstvy. Časť 2: Štrk čiastočne vyplnený cementovou maltou
STN 73 6127-3	Stavba vozoviek. Prelievané vrstvy. Časť 3: Asfaltocementový betón
STN 73 6133	Stavba ciest. Teleso pozemných komunikácií
STN 73 7507	Projektovanie cestných tunelov
STN EN 206 (73 2403)	Betón. Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda
STN EN 13108-1 (73 6163)	Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 1: Asfaltový betón
STN EN 13108-7 (73 6163)	Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 7: Asfaltový koberec drenážny
STN EN 13285	Nestmelené zmesi. Požiadavky

(73 6182)	
STN EN 14227-1 (73 6184)	Hydraulicky stmelené zmesi. Špecifikácie. Časť 1: Cementom stmelené zmesi
STN EN 14227-2 (73 6184)	Hydraulicky stmelené zmesi. Špecifikácie. Časť 2: Zmesi stmelené troskou
STN EN 14227-3 (73 6184)	Hydraulicky stmelené zmesi. Špecifikácie. Časť 3: Zmesi stmelené popolčekom
STN EN 14227-5 (73 6184)	Hydraulicky stmelené zmesi. Špecifikácie. Časť 5: Zmesi stmelené hydraulickým cestným spojivom
STN EN 14227-10 (73 6184)	Hydraulicky stmelené zmesi. Špecifikácie. Časť 10: Zemina upravená cementom
STN EN 14227-11 (73 6184)	Hydraulicky stmelené zmesi. Špecifikácie. Časť 11: Zemina upravená vápnom
STN EN 14227-12 (73 6184)	Hydraulicky stmelené zmesi. Špecifikácie. Časť 12: Zemina upravená troskou
STN EN 14227-13 (73 6184)	Hydraulicky stmelené zmesi. Špecifikácie. Časť 13: Zemina upravená hydraulickým cestným spojivom
STN EN 14227-14 (73 6184)	Hydraulicky stmelené zmesi. Špecifikácie. Časť 14: Zemina upravená lietavým popolčekom

1.11 Súvisiace a citované technické predpisy a podmienky

[T1]	TP 03/2009	Navrhovanie netuhých a polotuhých vozoviek, MDPT SR: 2009;
[T2]	TP 07/2013	Prognózovanie výhľadových intenzít na cestnej sieti do roku 2040, MDVRR SR: 2013;
[T3]	TKP časť 0	Všeobecne, MDVRR SR: 2012;
[T4]	TKP časť 5	Podkladové vrstvy, MDVRR SR: 2014;
[T5]	TKP časť 8	Cementobetónový kryt vozoviek, MDVRR SR: 2011;
[T6]	KLK 1/2012	Katalógové listy kameniva, MDVRR SR: 2012;
[T7]	KLHS 1/2014	Katalógové listy hydraulických spojív, MDVRR SR: 2014 a Dodatok č. 1/2015 ku KLHS 1/2014, MDVRR SR: 2015;
[T8]	KLAZ 1/2010	Katalógové listy asfaltových zmesí, MDPT SR: 2010 a Dodatok č. 1/2015 ku KLAZ 1/2010, MDVRR SR: 2015.

1.12 Súvisiace zahraničné predpisy

[T9]	TP 170	Navrhování vozovek pozemních komunikací - všeobecná část, katalog, návrhová metoda [Navrhovanie vozoviek pozemných komunikácií - všeobecná časť, katalóg, návrhová metóda], MD ČR, 2004;
[T10]		Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych [Katalóg typových konštrukcií tuhých vozoviek], Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa, PL, 2014;
[T11]	RStO 12	Richlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen [Smernice pre štandardizáciu konštrukcií vozoviek dopravných plôch], FGSV Kolín, Nemecko, 2012;
[T12]	StB 07	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton [Doplňkové technické špecifikácie a smernice pre podkladové vrstvy konštrukcie vozoviek s hydraulickými spojivami a dopravné plochy z cementového betónu], 2013.

1.13 Použitá literatúra

[L1]	Eisenmann Josef, Leykauf Günther: <i>Beton-Fahrbahnen</i> [Cementobetónové vozovky], Vydavateľstvo: Ernst & Sohn, Berlin, 2003;
[L2]	Gschwendt Ivan, Novotný Bohuslav, Staňo Rudolf: Katalóg konštrukcií vozoviek, Vydavateľstvo JAGA GROUP, s.r.o., 2011;
[L3]	Schlosser František a kol.: Materiály a technológie na stavbu vozoviek, Vydavateľstvo: EDIS – Vydavateľstvo Žilinskej univerzity v Žiline, 2014;

- [L4] Szydło Antoni: *Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego. Teoria, wymiarowanie, realizacja* [Cementobetónové vozovky. Teória, navrhovanie, stavba], Wydawca: Polski cement Sp. z o. o., Kraków, 2004.

1.14 Použité skratky

a	strana náhradného zaťažovacieho štvorca (mm),
a'	upravená strana náhradného zaťažovacieho štvorca (mm),
AC	asfaltový betón (angl.: asphalt concrete),
A _{r,h}	amplitúda ročnej teploty vzduchu (-),
b	efektívny polomer zaťaženia (mm),
B1	súčiniteľ prevodu dopravného zaťaženia (nákladných vozidiel) na jeden smer (-),
B2	súčiniteľ prevodu vyjadrujúci pravdepodobnosť prejazdov dimenzovaným pruhom cementobetónových dosiek (-),
B3	súčiniteľ vyjadrujúci pravdepodobnosť prejazdov nákladných vozidiel „dimenzačnými“ miestami na cementobetónovej doske (-),
B4	súčiniteľ vyjadrujúci podmienky zaťažovania pri štandardných a neštandardných podmienkach (-),
B5	súčiniteľ prevodu účinkov rôznych typov nákladných vozidiel na účinok návrhovej nápravy (-),
c	redukčný súčiniteľ materiálu pri stanovení zástupnej hrúbky podkladu a cementobetónovej dosky (-),
CB	cementobetónový,
CBGM	cementom stmelená zrnitá zmes (angl.: cement bound granular mixture),
CBR	kalifornský pomer únosnosti (angl.: california bearing ratio),
Cx, Cy	koeficient závislý od rozmerov a polomeru relatívnej tuhosti CB dosky (-),
E	modul pružnosti (MPa),
E ₁	modul pružnosti cementového betónu v trojvrstvovom systéme (MPa),
E ₂	modul pružnosti podkladu (podkladového systému) v trojvrstvovom systéme (MPa),
E ₃	modul pružnosti podložia v trojvrstvovom systéme (MPa),
E _{beton}	modul pružnosti betónu (MPa),
E _{B,n}	návrhový modul pružnosti (MPa),
E _{B,T}	modul pretvárnosti betónu (MPa),
E _{def,2}	modul deformácie podložia (MPa),
E _{ocel}	modul pružnosti ocele (MPa),
E _p	požadovaná únosnosť podložia (MPa),
E _{p,n}	návrhový modul pružnosti podložia v trojvrstvovom systéme (MPa),
E _{p,n,z}	návrhový modul pružnosti upraveného podložia (MPa),
f	koeficient trenia dosky po podloží (-),
f _{ct}	pevnosť betónu v ťahu (MPa),
h	hrúbka vrstvy (mm),
h _{AC}	hrúbka vrstvy z asfaltových zmesí (mm),
h*	zástupná hrúbka podkladu a cementobetónovej dosky (m),
h ₁	hrúbka cementobetónovej dosky v trojvrstvovom systéme (m),
h ₂	hrúbka podkladu v trojvrstvovom systéme (m),
h _B	hrúbka cementobetónovej dosky (mm),
h _i	hrúbka i-tej vrstvy konštrukcie vozovky (m),
h _{z,dov}	dovolená hrúbka zamrznutej zeminy v podloží (m),
HBBM	zmes stmelená hydraulickým cestným spojivom (angl.: hydraulic road binder bound granular mixture),
I _{m,n}	návrhový index mrazu (°C),
k	modul reakcie podkladového systému (MN.m ⁻³),
k _{ef}	efektívny modul reakcie podkladového systému (MN.m ⁻³),
k _{p,n}	návrhový modul reakcie podložia (MN.m ⁻³),
l	polomer relatívnej tuhosti (m),
l _T	polomer relatívnej tuhosti CB dosky (m),
Lx	šírka CB dosky (m),
Ly	dĺžka CB dosky (m),

m	súčiniteľ štruktúrnej pevnosti zeminy (-),
m ₁	súčiniteľ vyjadrujúci nárast pevnosti betónu v ťahu pri ohybe (-),
m ₂	súčiniteľ vyjadrujúci vplyv opakovaného zaťaženia (-),
m ₃	súčiniteľ vyjadrujúci redukciu pevnosti vplyvom teplotného spádu v cementobetónovej doske a súčasného opakovaného zaťaženia (-),
M	ohybový moment vyvedený pri zaťažení CB dosky na hrane (MN/m),
MCB	medzerovitý betón,
MKP	metóda konečných prvkov,
MSK	mechanicky spevnené kamenivo,
N	návrhová náprava,
N _{VP}	počet plôšok odčítaný z vplyvovej plochy momentov,
N _c	celkový počet návrhových náprav,
n	koeficient,
n _o	návrhové obdobie (roky),
n _s	súčiniteľ spolupôsobenia cementobetónových dosiek na ich stykoch (-),
NV	počet nákladných vozidiel a autobusov spolu,
NV _c	celkový počet nákladných vozidiel za celé návrhové obdobie,
NV _p	priemerný počet nákladných vozidiel za 24 hodín v oboch smeroch cestnej komunikácie,
NV _{red}	redukovaný počet nákladných vozidiel v jednom smere,
p	dotykový tlak (MPa),
p'	upravený dotykový tlak (MPa),
p _i	pomerné zastúpenie vozidla i-teho typu v dopravnom prúde (-),
p _v	percento vystuženia na 1 m šírky dosky (%),
P	zaťaženie nápravy (kN),
P _i	hmotnosť nápravy a vozidla (kN),
P _n	hmotnosť návrhovej nápravy (kN),
PA	asfaltový koberec drenážny (angl.: porous asphalt),
PS	podkladový systém,
r	polomer kruhového odtlačku zaťažovacej plochy (mm),
R	polomer náhradnej kruhovej zaťažovacej plochy (mm),
R'	upravený polomer náhradnej kruhovej zaťažovacej plochy (mm),
R _{i,k}	výpočtová pevnosť betónu po 28 dňoch (MPa),
R _{i,n}	výpočtová pevnosť betónu v ťahu pri ohybe (MPa),
RPDI	ročný priemer denných intenzít (voz/24h),
R _V	tepelný odpor konštrukcie (m ² .KW ⁻¹),
R _{V,postr}	potrebný tepelný odpor konštrukcie (m ² .KW ⁻¹),
SMA	asfaltový koberec mastixový (angl.: stone mastic asphalt),
ŠD	štrkodrvina,
ŠD C _{Deklarovaná}	štrkopiesok,
TDZ	trieda dopravného zaťaženia,
T _{m,r}	priemerná ročná teplota vzduchu (°C),
U _z	prieťah (mm),
w ₀	súčiniteľ prieťahu (-),
W	prierezový modul (m ³),
y _L	prieťah na povrchu podkladového systému,
ZSC	zemina stabilizovaná cementom,
ZSHCS	zemina stabilizovaná hydraulickým cestným spojivom,
ZSP	zemina stabilizovaná lietavým popolčekom,
ZST	zemina stabilizovaná troskou,
ZSV	zemina stabilizovaná vápnom,
α _i	prevodový súčiniteľ nákladného vozidla (-),
γ	objemová tiaž zeminy (kN/m ³),
λ _i	výpočtová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti materiálu vrstvy (W.m ⁻¹ .K ⁻¹),
ξ _i	súčiniteľ spoľahlivosti (-),
λ	koeficient tepelnej vodivosti (W.m ⁻¹ .K ⁻¹),
λ _z	súčiniteľ tepelnej vodivosti zeminy (W.m ⁻¹ .K ⁻¹),

σ	napätie v ťahu pri ohybe na spodku CB dosky (MPa),
σ_{ae}	medza pružnosti ocele (MPa),
σ_{bt}	pevnosť betónu v ťahu (MPa),
$\sigma_{max,j}$	maximálne napätie v ťahu pri ohybe (MPa) od dopravného zaťaženia (115 kN) a od teplotného rozdielu (ΔT_n),
$\sigma_{max,o}$	napätie v ťahu pri ohybe (MPa) od dopravného zaťaženia (100 kN),
σ_r	napätie v ťahu pri ohybe na rohu CB dosky (MPa),
$\sigma_{r,h}$	napätie v ťahu pri ohybe na spodku CB dosky na hrane dosky (MPa),
$\sigma_{r,o}$	napätie v ťahu pri ohybe na spodku CB dosky v geometrickom strede dosky (MPa),
σ_s	napätie v ťahu pri ohybe v geometrickom strede CB dosky (MPa),
σ_T	napätie v ťahu pri ohybe od teplotného rozdielu (ΔT_n) na spodku CB dosky (MPa),
$\sigma_{T,s}$	napätie v ťahu pri ohybe od teplotného rozdielu (ΔT_n) v geometrickom strede CB dosky (MPa),
$\sigma_{T,n}$	napätie v ťahu pri ohybe (MPa) od teplotného rozdielu (ΔT_n), ktoré sa berie hodnotou $0,3 \sigma_T$ (MPa),
$\sigma_{T,x(y)}$	napätie v ťahu pri ohybe od teplotného rozdielu (ΔT_n) na hrane CB dosky (MPa),
σ_h^+	napätie v ťahu pri ohybe na hrane CB dosky (MPa),
δ_z, δ_k	súčiniteľ vyjadrujúci začiatok a koniec návrhového obdobia (-),
μ	Poissonovo číslo (-),
ω	súčiniteľ vyjadrujúci poddajnosť (tuhosť) podkladu (-),
$+\Delta T_n$	kladný teplotný rozdiel ($^{\circ}\text{C}$),
$+\Delta T_{n,t}$	kladný teplotný rozdiel pri neštandardných klimatických podmienkach ($^{\circ}\text{C}$),
$-\Delta T_n$	záporný teplotný rozdiel ($^{\circ}\text{C}$),
$-\Delta T_{n,t}$	záporný teplotný rozdiel pri neštandardných klimatických podmienkach ($^{\circ}\text{C}$).

2 Termíny a definície

Základné termíny a definície týkajúce sa navrhovania konštrukcií vozoviek na pozemných komunikáciách sú uvedené v STN 73 6114. Dopĺňujúce definície a upresnenia pojmov sú:

TUHÁ VOZOVKA – vozovka s krytom z cementového betónu, alebo vozovka s tenkou vrstvou z asfaltových zmesí na nosnej vrstve z cementového betónu alebo z cementom stmelenej zrnitej zmesi. Kryt môže byť z nevystuženého alebo vystuženého cementového betónu.

NÁVRHOVÉ OBDOBIE – obdobie (časový úsek), na ktoré sa navrhuje nová vozovka, počas ktorého musí spĺňať stanovené návrhové kritériá a pre ktoré sa uvažujú cykly obnovy v systéme hospodárenia s vozovkou.

MECHANICKÁ ÚČINNOSŤ VOZOVKY – vlastnosť konštrukcie vozovky, ktorá charakterizuje jej odolnosť proti účinkom zaťaženia. Vyjadruje sa napätím alebo pretvorením vznikajúcim vo vrstvách konštrukcie vozovky pri jej zaťažení.

NÁVRHOVÁ NÁPRAVA – náprava nákladného vozidla s definovanými parametrami, pomocou ktorej sa vyjadruje agresívny účinok rôznych druhov (typov) nákladných vozidiel a ktorá sa uvažuje vo výpočtoch napätí a pretvorení modelov vozoviek.

PRÍPUSTNÁ NÁPRAVA – hnacia náprava nákladného vozidla s hmotnosťou 11,5 t. Je to hodnota podielu na hmotnosti vozidla, ktorá sa nesmie prekročiť v zmysle [Z3] a [Z5].

VÝPOČTOVÝ MODEL VOZOVKY – model konštrukcie vozovky definovaný rozmermi a deformačnými vlastnosťami materiálov vrstiev a podložia. Výsledky matematického riešenia modelu sú podkladom pre posúdenie návrhu konštrukcie vozovky.

TEPLOTNÝ REŽIM VOZOVKY – rozdelenie teploty vo vozovke (v jednotlivých vrstvách) a jeho zmeny. Charakterizujú ho najmä teploty na povrchu a na spodku dosiek (teplotný rozdiel a teplotný spád) a priemerné teploty (denné, mesačné, ročné). Charakteristiky teplotného režimu sú závislé od

klimatických podmienok územia, ako aj od tepelno – technických vlastností materiálov vrstiev a podložia.

PODKLADOVÝ SYSTÉM – podkladové vrstvy pod CB krytom z cestných stavebných materiálov na podloží alebo upravenom podloží.

DOPRAVNÁ PLOCHA – pre účely tohto predpisu plocha zaťažovaná statickou dopravou alebo pojazdami vozidiel, na ktorej môže byť ich pohyb neusmernený, a preto pre dimenzovanie konštrukcií vozoviek platia odlišné okrajové podmienky. Patria sem: parkovacie a odstavné plochy, okružné križovatky, autobusové stanice, manipulačné plochy pri priemyselných halách, obchodných a logistických centrách.

NÁVRHOVÉ PODMIENKY – podmienky v podloží a v podkladovom systéme ovplyvnené vodným a teplotným režimom vozovky, ktoré sú charakterizované návrhovou únosnosťou podložia a podkladového systému.

VÝPOČTOVÉ HODNOTY PARAMETROV – číselné hodnoty parametrov materiálov vrstiev a podložia, ako aj ostatných vstupných parametrov vo výpočtoch vozoviek, ktoré sú v predpise uvedené, alebo je stanovený postup ich odvodenia.

SPOLUPÔSOBENIE CB DOSIEK – vyjadrenie miery prenosu zaťaženia zo zaťaženej CB dosky na susediace dosky na základe predpokladov o účinnosti vystužujúcich prvkov v škárach medzi doskami.

PRECHODOVÁ ZÓNA (tunela) – časť dĺžky stredne dlhého tunela (kategórie C), alebo dlhého tunela (kategórie D a E), ktorá môže byť najmenej 100 m a najviac 1 100 m dlhá, v ktorej sa uvažujú redukované parametre teplotného režimu.

KRÁTKY TUNEL – tunel, ktorého dĺžka je najviac 300 m (podľa STN 73 7507), v ktorom sa uvažujú parametre štandardného teplotného režimu.

STREDNE DLHÝ TUNEL – tunel, ktorého dĺžka je viac ako 300 m, najviac však 3 000 m, v ktorom sa uvažujú podľa týchto podmienok prechodové zóny s redukovanými parametrami teplotného režimu.

DLHÝ TUNEL – tunel, ktorého dĺžka je viac ako 3 000 m, v ktorom môžeme okrem prechodových zón vymedziť v jeho strednej časti zónu s upraveným teplotným režimom so zanedbateľným vplyvom na správanie sa vozovky s CB krytom.

NEŠTANDARDNÉ PODMIENKY – dopravné zaťaženie a klimatické podmienky, ktoré sú definované v týchto TP. Ich vplyv treba riešiť opatreniami v návrhu konštrukcie. Pri výpočte a posudzovaní ich účinkov sú stanovené doplňujúce postupy a kritériá.

3 Všeobecne

3.1 Princíp a charakterizovanie návrhovej metódy

Pravidlá, požiadavky a kritériá, ktoré treba uplatniť pri navrhovaní, vo výpočtoch a pri posudzovaní tuhých vozoviek z prostého (nevystuženého) cementového betónu sú obsahom návrhovej metódy. V TP je metóda charakterizovaná ako analytická, teoreticko – empirická. Predstavuje ucelený systém, ktorý tvorí návrh konštrukcie vozovky, výpočty modelov a posudzovanie dimenzií konštrukcií vozovky. Schéma systému a jeho častí je na obrázku 1.

3.2 Skupiny cementobetónových krytov

Z hľadiska požiadaviek na konštrukcie vozoviek s CB krytom a jeho hrúbku, na vlastnosti materiálov, ako aj diferencovanie kritérií pri ich posudzovaní, zatriedujeme CB kryty do skupín v súlade s STN 73 6123, ktoré sú uvedené v tabuľke 1 týchto TP.

Tabuľka 1 Členenie CB krytov

Skupina CB krytu	Trieda dopravného zaťaženia podľa STN 73 6114	Špecifikácia cestnej komunikácie (dopravnej plochy)
CB I	I., II.	Diaľnice, rýchlostné cesty, tunely
CB II	II., III., IV.	Cesty I. triedy, II. triedy, miestne komunikácie funkčnej triedy A1, odstavné a parkovacie plochy pre nákladné vozidlá (hmotnosť viac ako 3,5 t)
CB III	IV., V., VI.	Cesty II. triedy a III. triedy, miestne komunikácie funkčnej triedy A2, účelové komunikácie, parkovacie plochy pre vozidlá s hmotnosťou do 3,5 t.

3.3 Zaťaženie cementobetónovej vozovky

Dopravné zaťaženie CB vozovky je podľa týchto technických podmienok zaťaženie statickými a dynamickými účinkami nákladných vozidiel, ktoré spĺňajú podmienky premávky vozidiel na pozemných komunikáciách vymedzené v [Z3] a [Z5]. Účinky rôznych druhov a typov nákladných vozidiel sa vyjadrujú účinkom návrhovej nápravy, ktorej parametre sú definované v Prílohe 1. Výpočtové parametre hnacej nápravy nákladného vozidla s prípustnou (najväčšou) hmotnosťou 11,5 t sú v Prílohe 1. V návrhu konštrukcie vozovky sa musia riešiť aj účinky neštandardného zaťaženia, ktoré je definované pravdepodobnosťou jeho výskytu a parametrami:

- vozidlo s jednou nápravou $2P > 115 \text{ kN}$,
- merný tlak na stykovej ploche behúňa pneumatiky prekračujúci $1\,000 \text{ kPa}$ pri hmotnosti 10 t pripadajúcej na nápravu; alebo 800 kPa pri hmotnosti viac ako 10 t , pripadajúcej na nápravu,
- zaťaženie konštrukcie striedaním brzdenia, státia a rozbiehania vozidiel.

3.4 Klimatické podmienky

Z hľadiska návrhu a posudzovania vozovky s krytom z cementového betónu (CB I, CB II, CB III), alebo vrstvy z cementom stmelenej zrnitej zmesi (C20/25, C16/20) prekrytej tenkou vrstvou z asfaltovej zmesi (AC, SMA, PA), sú klimatické podmienky charakterizované:

- priemernou ročnou teplotou vzduchu $T_{m,r}$ v regióne stavby vozovky,
- hodnotou indexu mrazu, ktorého návrhová hodnota $I_{m,n}$ sa berie s periodicitou 0,10; 0,15 alebo 0,25 podľa významu komunikácie (a triedy dopravného zaťaženia),
- amplitúdou priemerných mesačných (denných) teplôt vzduchu v priebehu roka.

Priemerné teploty vzduchu a hodnoty indexu mrazu sa uvažujú podľa STN 73 6114. V prípade ich výpočtov sa musia použiť výsledky dlhodobých meraní s trvaním najmenej 30 rokov. Klimatické podmienky v mieste stavby vozovky hodnotíme ako nepriaznivé, keď návrhové hodnoty indexu mrazu sú:

$$I_{m,n} \geq 700 \text{ }^{\circ}\text{C}, \text{ deň pre periodicitu } n = 0,10 \text{ alebo } I_{m,n} \geq 600 \text{ }^{\circ}\text{C}, \text{ deň pre periodicitu } n = 0,15$$

a vyžadujú si osobitné riešenie ochrany vozovky pred premŕzaním.

Klimatické podmienky, ktoré sa vyskytujú v cestných (diaľničných) tuneloch sú charakterizované priemernou ročnou teplotou vzduchu a zmenšeným teplotným spádom v kryte vozovky v prechodovej zóne tunela a redukovanou priemernou ročnou teplotou vzduchu a redukovaným teplotným režimom v strednej časti dlhých tunelov (hodnoty podľa čl. 5.3 týchto TP).

3.5 Podmienky v podloží a jeho únosnosť

Podmienky v podloží vozoviek charakterizuje vodný režim a únosnosť podložia. Podkladom pre hodnotenie vodného režimu sú:

- úroveň hladiny podzemnej vody,
- kapilárna výška pri úplnom nasýtení pórov zeminy v podloží vodou,
- hĺbka premŕzania konštrukcie vozovky a podložia.

Podľa kritérií ktoré sú v STN 73 6114 môže byť vodný režim hodnotený ako priaznivý, nepriaznivý alebo veľmi nepriaznivý.

Návrhová únosnosť podložia sa vyjadruje modulom pružnosti $E_{p,n}$ (MPa) alebo modulom reakcie $k_{p,n}$ (MN.m⁻³) a určuje sa pre návrhové podmienky charakterizované návrhovou objemovou hmotnosťou a návrhovou vlhkosťou zeminy v podloží. Možno ju odvodiť z výsledkov laboratórnej skúšky pevnosti zeminy (CBR) rovnakým postupom ako pri navrhovaní netuhých a polotuhých vozoviek, ako je uvedené Prílohe 2. Požadovaná najmenšia únosnosť podložia vozovky s CB krytom charakterizovaná návrhovou hodnotou modulu pružnosti je:

- pre vozovky s veľkým dopravným zaťažením (TDZ I., II. podľa STN 73 6114)

$$E_{p,n} \geq 60 \text{ MPa}$$

- pre vozovky so stredným a malým dopravným zaťažením (TDZ III., IV., V. podľa STN 73 6114)

$$E_{p,n} \geq 45 \text{ MPa}$$

Poznámka: Pri kontrole kvality zhutnenej zeminy a únosnosti podložia sa používajú statické a dynamické zaťažovacie skúšky. Číselné hodnoty nameraných modulov napr. $E_{def,z}$ (MPa) nemožno brať ako návrhové moduly $E_{p,n}$ (MPa).

V prípadoch, kedy návrhová únosnosť podložia je menšia ako sú požadované hodnoty, treba navrhnuť zlepšenie podložia úpravou alebo spevnením zeminy v potrebnej hrúbke. Výpočet potrebnej hrúbky h_1 zosilnenia podložia vrstvou materiálu s modulom pružnosti E_1 (MPa), tak, aby sa dosiahla únosnosť $E_{p,n,z}$ (MPa) sa môže robiť pomocou výpočtov uvedených v čl. 5.3 týchto TP. Moduly pružnosti materiálov sú v tabuľke 7.

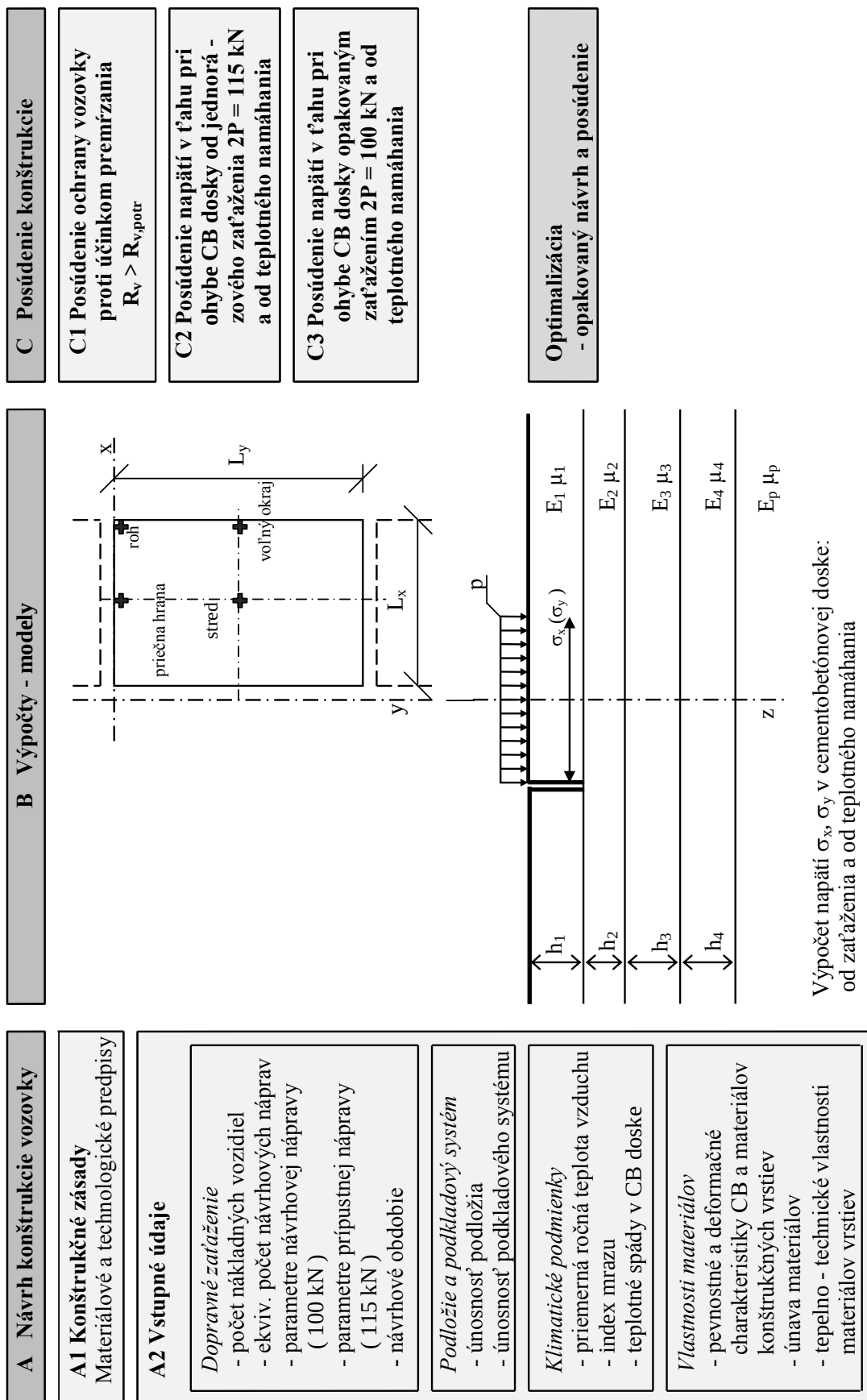
3.6 Posudzovanie návrhu konštrukcie tuhej vozovky

Mechanická účinnosť a spoľahlivosť konštrukcie vozovky s CB krytom alebo vrstvou z cementom stmelenej zrnitej zmesi prekrytou tenkou vrstvou z asfaltových zmesí sa posudzuje pomocou kritérií. Základnými kritériami sa posudzuje ochrana vozovky proti nepriaznivým účinkom premŕzania zeminy v podloží a pomer napätia a pevnosti betónu v ťahu pri ohybe pre jednorazové a opakované zaťaženie CB dosky. Pre jednorazové zaťaženie sa uvažuje s účinkom nápravy s najväčšou prípustnou hmotnosťou 11,5 t, opakované zaťaženie sa vyjadruje účinkom návrhovej nápravy s hmotnosťou 10,0 t.

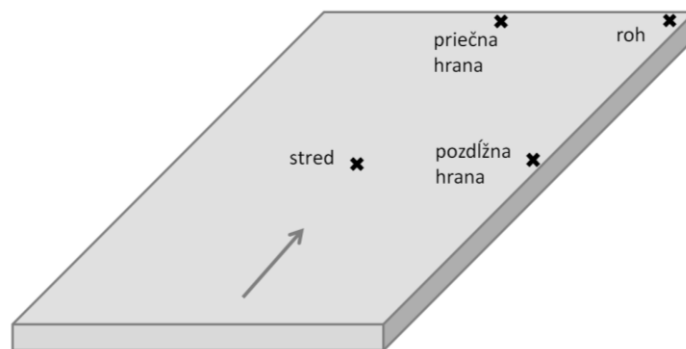
Pri posudzovaní tuhej vozovky od účinkov štandardného jednorazového zaťaženia a opakovaného zaťaženia sa musí súčasne uvážiť teplotné namáhanie. Pri posudzovaní tuhých vozoviek v tuneloch je kombinácia s teplotným namáhaním (vzhľadom na neštandardné klimatické podmienky) upravená ustanoveniami o vstupných údajoch pre výpočty (čl. 6.4 týchto TP). Pre technicko – ekonomické hodnotenie alternatív (variantov) návrhu konštrukcie a plánovanie obnovy vozovky sa môžu uplatniť doplňujúce kritériá.

Na výpočet napätí a pretvorení v CB doskách (resp. v konštrukcii vozovky) od zaťaženia dopravou a od teploty sa použije model s pružnou doskou konečných rozmerov na pružnom viacvrstvovom polpriestore. Za určitých podmienok je možné použiť aj model dvojvrstvého alebo viacvrstvého pružného polpriestoru. Model vozovky je definovaný geometricky a výpočtovými hodnotami deformačných parametrov materiálov jednotlivých vrstiev, ako aj mierou spolupôsobenia na stykoch vrstiev.

Miesta polohy pôsobenia zaťaženia na jednotlivých CB doskách pre výpočet napätí a pretvorení sú v geometrickom strede dosky, na priečnej hrane, na pozdĺžnej hrane a v rohu dosky. Sú zobrazené na obrázku 2.



Obrázok 1 Systémové riešenie návrhu vozoviek s CB krytom



Obrázok 2 Miesta polohy pôsobenia zaťaženia na CB doske

4 Návrh konštrukcie vozovky s cementobetónovým krytom

4.1 Všeobecne

Podstatou návrhu konštrukcie vozovky je výber materiálov pre vrstvy podkladového systému, návrh hrúbok týchto vrstiev a návrh rozmerov CB dosiek, ich hrúbky, šírky a dĺžky. Hlavné faktory, ktoré majú rozhodujúci vplyv na návrh a dimenzie konštrukcie vozovky, a ktoré treba uvážiť, sú:

- dopravné zaťaženie,
- klimatické podmienky v mieste stavby,
- inžiniersko – geologické podmienky v podloží a jeho únosnosť,
- vlastnosti cementového betónu a všetkých cestných stavebných materiálov v konštrukcii.

Na vlastnosti vozovky majú vplyv aj ďalšie významné faktory, z ktorých treba uvážiť najmä:

- technologický postup stavby a konštrukčné riešenia, ktoré majú zabezpečiť spolupôsobenie dosiek na ich styku (na škárach),
- údržbu, opravy a cykly obnovy konštrukcie a s tým súvisiace konštrukčné riešenia,
- ochranu životného prostredia počas realizácie, ako aj počas používania vozovky.

V návrhu konštrukcie vozovky treba riešiť aj neštandardné podmienky pri ich používaní, napr. dopravné zaťaženie a/alebo vplyv klimatických podmienok.

4.2 Konštrukčné zásady

Do konštrukcie vozovky s CB krytom možno navrhnuť cestné stavebné materiály, pre ktoré sú definované požiadavky na vlastnosti v technických normách a predpisoch a pre ktoré sa robia skúšky typu a vydáva vyhlásenie o parametroch. Vhodnosť zemín do podložia vozoviek sa posudzuje podľa ich vlastností a klasifikácie, ktoré sú uvedené v STN 72 1001 a STN 73 6133. Vzhľadom na význam vlastností podložia pre mechanickú účinnosť konštrukcie vozovky a jej životnosť, treba vždy posúdiť inžiniersko – geologické podmienky v podloží, urobiť klasifikáciu vodného a teplotného režimu podložia, posúdiť možnosti ako zvýšiť jeho únosnosť a navrhnuť úpravu (zlepšenie) podložia.

Konštrukčné a technologické riešenia úpravy podložia na zvýšenie jeho únosnosti sú:

- výmena vrstvy zeminy pod pláňou za materiál (zeminu) s kvalitatívne lepšími vlastnosťami,
- zlepšenie fyzikálnych vlastností zeminy (zlepšenie spracovateľnosti zeminy úpravou jej zrnitosti, alebo pridaním malého množstva spojiva),
- zníženie hladiny podzemnej vody,
- vystuženie vrstvy zeminy (podložia) geosyntetikou (napr. aplikácia geodosky).

Návrh úpravy podložia treba urobiť tak, aby sa vytvorili dostatočne dlhé úseky z hľadiska uplatnenia stavebných strojov, pričom z hľadiska únosnosti a homogenity boli dlhé najmenej 200 m.

V prípadoch návrhu vozovky v cestných tuneloch sa konštrukčné zásady a úprava podložia uplatňujú s obmedzením podľa podmienok, pričom treba rozlišovať podložie:

- vytvorené horninovým dnom tunela,
- vytvorené spodnou klenbou tunelovej rúry,

- vytvorené nosnou konštrukciou z vystuženého cementového betónu (s funkciou mostovky).

4.3 Podkladové vrstvy

Podkladové vrstvy vozoviek s CB krytom navrhujeme z materiálov, ktorých vlastnosti a kvalita sú definované v platných technických normách a predpisoch. Navrhnuť a použiť sa môžu:

- nestmelené kamenivo podľa STN 73 6126: štrkodrvina (ŠD), alebo mechanicky spevnené kamenivo (MSK),
- hydraulicky stmelené zmesi: CBGM podľa STN EN 14227-1 a HBBM podľa STN EN 14227-5 s rôznymi triedami pevnosti, najmä $C_{3/4}$, $C_{5/6}$,
- podkladové betóny,
- asfaltové zmesi typu asfaltový betón podľa STN EN 13108-1 druhov AC 16 L, AC 22 L, alebo typu asfaltového koberca drenážneho podľa STN EN 13108-7 druhov PA 8 a PA 11.

Pod cementovým krytom skupiny CB I a CB II musí byť horná podkladová vrstva stmelená hydraulickým alebo asfaltovým spojivom.

Ochranná vrstva vozovky, ktorá je položená na zemnej pláni a má filtračnú a drenážnu funkciu sa navrhuje zo štrkodrviny alebo štrkopiesku (podľa STN 73 6126 ŠD, alebo ŠD $C_{\text{deklarované}}$). V tuneloch sa ochranná vrstva s drenážnou a filtračnou funkciou navrhuje len v prípade horninového dna. Ochranná vrstva pod vozovkou v tuneli so spodnou klenbou musí spĺňať požiadavku na priepustnosť (STN 73 6126). Hrúbka ochrannej vrstvy je obvykle 150 mm až 300 mm, čo závisí najmä od únosnosti podložia, v tuneli od tvaru horninového dna.

Na zamedzenie vzájomnej infiltrácie nestmelennej vrstvy a zeminy (horniny) v podlaží, musia použité materiály spĺňať kritériá STN 73 6126 z hľadiska zrnitosti.

Ochrannú vrstvu s drenážnou a filtračnou funkciou netreba navrhnuť na násype z nenamfzavého materiálu, ktorého hrúbka vrstvy je najmenej 500 mm a v odkope s priaznivým, alebo nepriaznivým vodným režimom na vrstve z nenamfzavého materiálu s hrúbkou najmenej 300 mm. V týchto prípadoch sa môže použiť mechanicky spevnené kamenivo (MSK, STN 73 6126), alebo hydraulickým spojivom stmelená zmes (CBGM $C_{3/4}$ alebo $C_{1,5/2}$ podľa STN EN 14227-1 alebo HBBM $C_{3/4}$, podľa STN EN 14227-5, ale aj stabilizované zeminy ZSC, ZSV, ZST, ZSHCS a ZSP podľa STN 73 6125).

Tabuľka 2 Odporúčané kombinácie podkladových vrstiev a ich hrúbok (mm) pre podkladové systémy

Skupina CB krytu	Podkladový systém					
	PS 1			PS 2		
CB I CB II		CBGM $C_{5/6}$	160 až 180		CBGM $C_{5/6}$	160 až 180
		CBGM $C_{3/4}$	140 až 180		CBGM $C_{3/4}$	140 až 170
		ŠD	150 až 200		HBBM $C_{1,5/2}$	150 až 200
		MCB	100 až 120		MCB	120 až 150
		CBGM $C_{5/6}$	140 až 180		CBGM $C_{3/4}$	140 až 170
		ŠD	150 až 200		MSK	120 až 150
		AC 16 L	40 až 50		AC 16 L	40 až 50
		CBGM $C_{5/6}$	150 až 180		CBGM $C_{3/4}$	140 až 170
		ŠD	200 až 250		HBBM $C_{2,5/3}$	160 až 200
		CBGM $C_{5/6}$	140 až 180		CBGM $C_{5/6}$	140 až 180
CB III		CBGM $C_{3/4}$	140 až 180		CBGM $C_{3/4}$	140 až 170
		ŠD	150 až 200		MSK	140 až 160
		AC 16 L	40 až 50		AC 16 L	40 až 50
		CBGM $C_{5/6}$	150 až 180		CBGM $C_{3/4}$	140 až 170
		ŠD	180 až 220		MSK	140 až 180
		MSK	180 až 200		MSK	180 až 200
		ŠD	170 až 220		ŠD	180 až 220
		ŠD	170 až 220		ŠD	180 až 220
PS 1 Podkladový systém s nestmelenou ochrannou vrstvou						
PS 2 Podkladový systém bez ochrannej vrstvy						

Podkladové vrstvy, ktoré tvoria podkladový systém vozoviek s CB krytom navrhujeme z materiálov ktorých vlastnosti a kvalita sú definované v platných technických normách a predpisoch. Navrhnuť a použiť sa môžu materiály označené A-D v úvode čl. 4.3 týchto TP.

Odporúčané kombinácie podkladových vrstiev a ich hrúbok pre podkladové systémy sú uvedené v tabuľke 2. Podkladový systém PS 1 má na podloží drenážnu a filtračnú vrstvu. Podkladový systém PS 2 má skladbu bez drenážnej a filtračnej vrstvy na podloží.

4.4 Cementobetónový kryt

Základnými údajmi o CB kryte z prostého (nevystuženého) betónu sú v návrhu konštrukcie hrúbka dosky, šírka a dĺžka dosky. Odporúčané hrúbky dosiek v závislosti od skupiny CB krytu pre pozemné komunikácie a dopravné plochy sú v tabuľke 3.

Tabuľka 3 Odporúčané hrúbky dosiek CB krytu

Skupina CB krytu	CB I	CB II	CB III
najmenšia hrúbka (mm)	220	200	120
najväčšia hrúbka (mm)	320	280	250

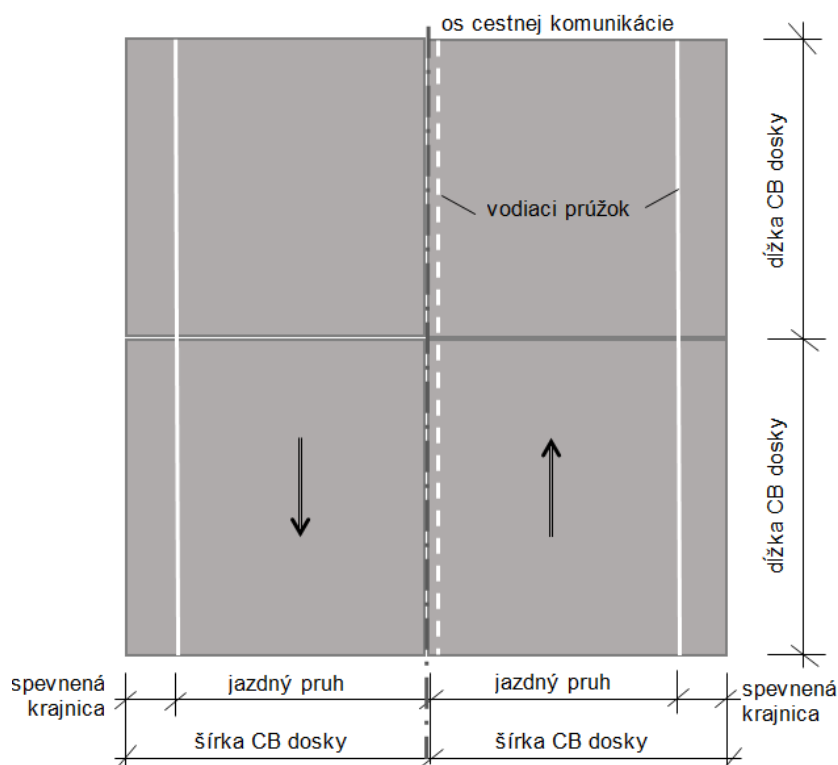
V prípade dvojvrstvového CB krytu (z dvoch zmesí cementového betónu) musí byť hrúbka hornej vrstvy najmenej 50 mm.

Šírka dosky (vzdialenosť medzi jej okrajom a pozdĺžnou škárou, resp. medzi dvomi susednými pozdĺžnymi škárami) závisí od šírkového usporiadania cestnej komunikácie. Odporúča sa, aby šírka dosiek na diaľniciach a rýchlostných cestách nebola väčšia ako 4,25 m. V prípade cestných komunikácií sa odporúča, aby spevnená krajnica bola v rámci šírky dosky a nebola väčšia ako 5,25 m.

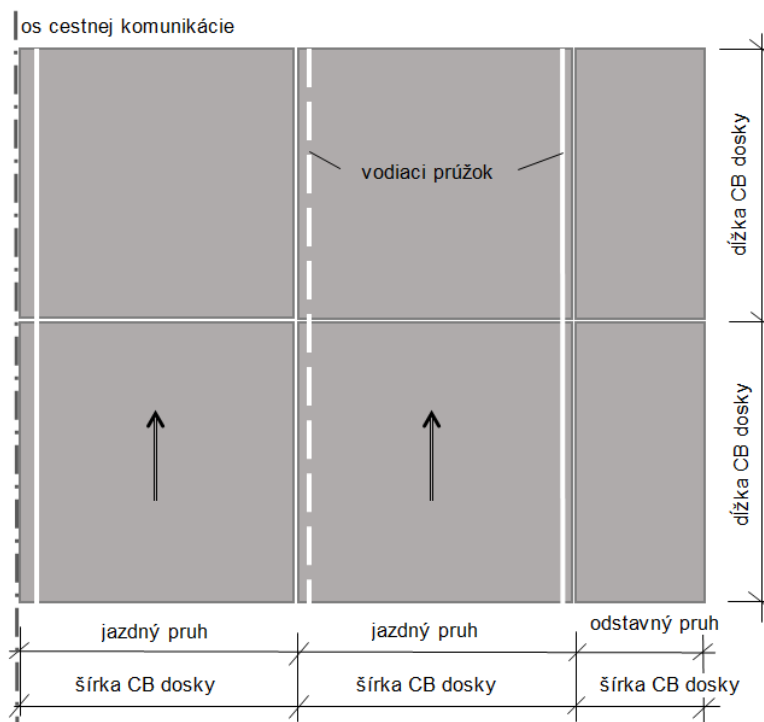
Dĺžka dosky (vzdialenosť medzi dvomi priečnymi škárami) z nevystuženého cementového betónu nemá byť väčšia ako 25-násobok hrúbky dosky a súčasne nesmie prekročiť 1,5-násobok šírky dosky. Obvykle sa navrhuje v rozmedzí 3,5 m až 6,0 m, v priemere 5,0 m, pričom z hľadiska mechaniky je optimálny štvorcový tvar dosky.

Ak je potrebné navrhnuť nepravidelný geometrický tvar dosiek, potom najmenší uhol medzi stranami dosiek musí byť väčší ako 60° a najkratšia strana musí byť väčšia ako 0,6 m.

Odporúčané šírkové usporiadanie a delenie vozovky vrátane umiestnenia vodiacich prúžkov na smerovo nerozdelených a smerovo rozdelených cestných komunikáciách je na obrázkoch 3 a 4.



Obrázok 3 Rozmery CB dosiek na smerovo nerozdelennej cestnej komunikácii



Obrázok 4 Rozmery CB dosiek na smerovo rozdelenej cestnej komunikácii

4.5 Škály a iné konštrukčné prvky

Priečne a pozdĺžne škály, ktorými sa oddeľujú jednotlivé dosky CB krytu sa zhotovujú rôznymi technologickými postupmi. Podľa konštrukčnej úpravy a technologického postupu sa škály zhotovujú (STN 73 6123) ako:

- kontrakčné (zmrašťovacie),
- dilatačné (priestorové),
- pracovné (priestorové).

Pracovné a dilatačné škály sa vytvárajú prerušením CB krytu na celú hrúbku pri betónovaní alebo jeho prerezaním po stvrdnutí betónu. Dilatačné škály sa navrhujú na styku dvoch rôznych plôch, napojeniach alebo pri objektoch. Do týchto škár sa navrhuje pružná dilatačná vložka na celú hrúbku dosky. Pracovné škály sa zhotovujú pri ukončení denného pracovného cyklu alebo pri prerušení betonáže. Tieto škály je potrebné vždy vystužiť. Kontrakčné škály sa zhotovujú narezaním do zatvrdnutého betónu v mieste budúcej priečnej alebo pozdĺžnej škály. Predpokladá sa, že všetky škály po narezaní budú vyplnené.

Priečne a pozdĺžne škály vozoviek skupín CB krytu CB I a CB II je potrebné vždy vystužiť. V prípade vozoviek skupiny CB III možno tieto škály ponechať nevystužené, okrem dopravných plôch, ktorými prechádzajú nákladné vozidlá nad 3,5 t. Klizné oceľové trne a oceľové kotvy musia byť uložené v strede hrúbky dosky v jednej rovine, rovnobežne s povrchom vozovky a kolmo na škáru.

V prípade, ak nie je na dopravnej ploche jasný smer pojazďovania, alebo je vo viacerých smeroch, tak všetky škály sa uvažujú ako priečne. Tieto dopravné plochy si vyžadujú tiež dôkladné riešenie škárorezu, najmä pri atypických rozmeroch celej plochy alebo pri napojeniach na inú dopravnú plochu.

Priečne škály sa vystužujú klznými trňmi a pozdĺžne škály kotvami. Vzájomná osová vzdialenosť klzných trňov je 250 mm, na málo zaťažených pruhoch (bez prejazdov nákladných vozidiel) a krajnici možno túto vzdialenosť zväčšiť, ale maximálne zdvojnásobiť. Vzdialenosť klzných trňov od okraja dosiek nesmie byť väčšia ako 250 mm.

Odporúčané rozmery oceľových trňov a kotiev a ich vzájomné vzdialenosti sú uvedené v tabuľkách 4 a 5. Na obrázkoch 5 a 6 možno vidieť odporúčané riešenia usporiadania klzných trňov a kotiev na smerovo nerozdelennej a smerovo rozdelennej cestnej komunikácii.

Tabuľka 4 Odporúčané rozmery klzných trňov v priečných škárach

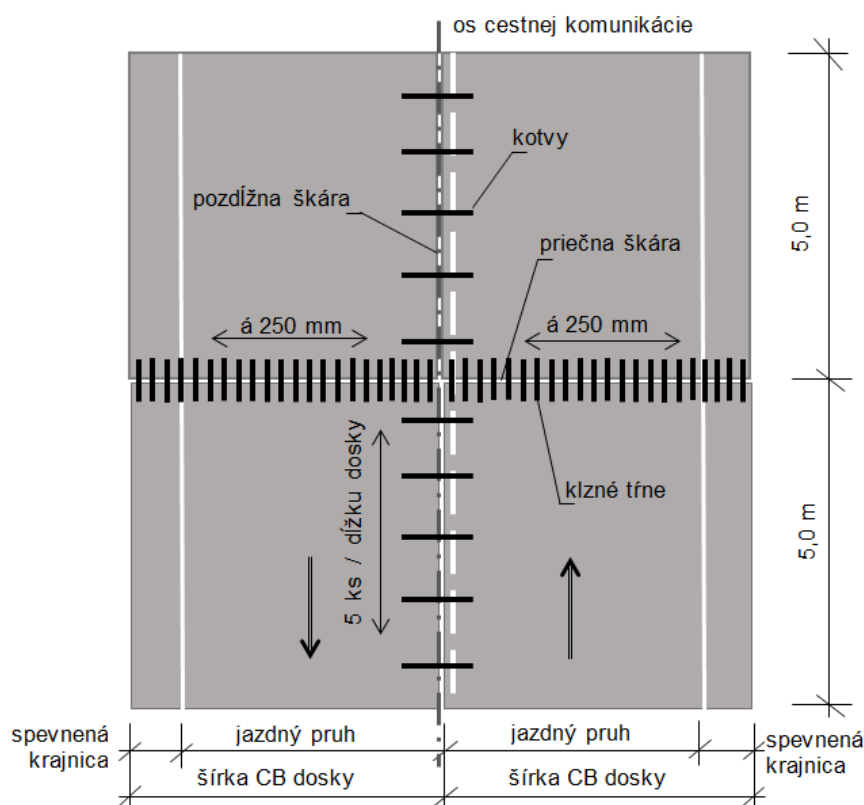
Skupina CB krytu	Hrúbka CB dosky (mm)	Klzné trne		Vzájomná osová vzdialenosť trňov (mm)
		priemer (mm)	dĺžka (mm)	
CB I, CB II	> 250	Ø 30	min. 500	250 až 300 (500 ¹⁾)
CB I, CB II	≤ 250	Ø 25		
CB III	≤ 200	Ø 25		

¹⁾ v prípade odstavného pruhu alebo ľavého (vnútorného) jazdného pruhu diaľnice/rýchlostnej komunikácie

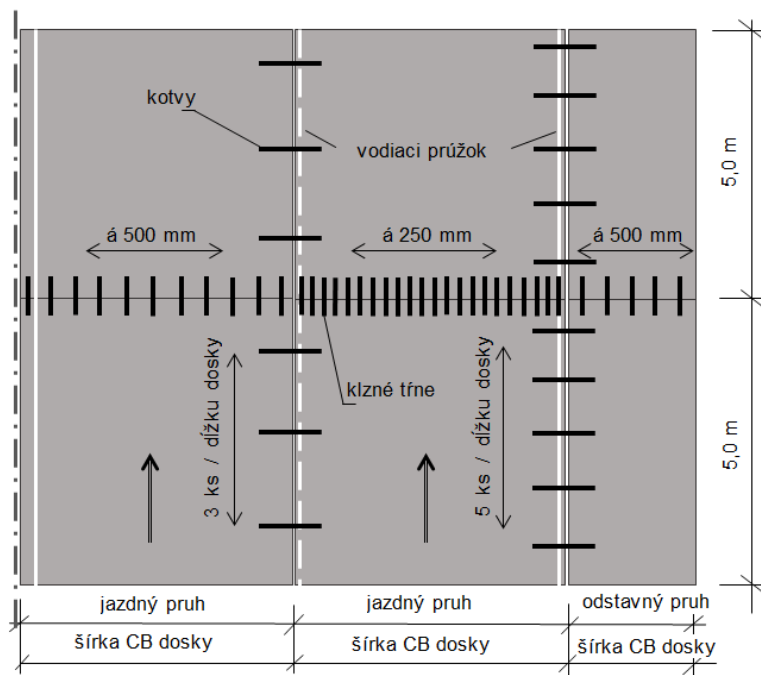
Tabuľka 5 Odporúčané rozmery kotiev v pozdĺžnych škárach

Skupina CB krytu	Hrúbka CB dosky (mm)	Kotvy		Počet kotiev na dĺžku CB dosky
		priemer (mm)	dĺžka (mm)	
CB I, CB II	> 250	Ø 16 - 18	min. 800	min. 3 ks (smerovo rozdelená CK) min. 5 ks ^{1) 2)} (smerovo nerozdelená CK)
CB I, CB II	≤ 250	Ø 14 - 16		
CB III	≤ 200	Ø 14		

¹⁾ v prípade smerovo rozdelenej komunikácie do pozdĺžnej škáry medzi jazdným pruhom a odstavným pruhom
²⁾ v prípade smerovo nerozdelenej komunikácie



Obrázok 5 Rozmery CB dosiek a usporiadanie výstužných prvkov na smerovo nerozdelenej cestnej komunikácii



Obrázok 6 Rozmery CB dosiek a usporiadanie výstužných prvkov na smerovo rozdelenej cestnej komunikácii

5 Vstupné údaje pre výpočty

Pre výpočty a posúdenie návrhu vozovky s CB krytom sú potrebné údaje, ktoré charakterizujú a definujú dopravné zaťaženie, klimatické podmienky, únosnosť podložia a podkladového systému a vlastnosti materiálov, ich pevnostné a deformačné vlastnosti.

5.1 Dopravné zaťaženie

Zaťaženie konštrukcie vozovky s CB krytom sa uvažuje ako silový účinok:

1. jednorazového zaťaženia nápravy s najväčšou prípustnou hmotnosťou,
2. opakovaného zaťaženia nápravou s počtom opakovaní s ekvivalentným účinkom prejazdov všetkých nákladných vozidiel.

Zaťaženie konštrukcie vozovky je vyjadrené počtom opakovaných zaťažení návrhovou nápravou počas návrhového obdobia na uvažovanom (dimenzovanom) mieste cestnej komunikácie. Je to ekvivalentné zaťaženie zodpovedajúce účinkom prejazdov všetkých nákladných vozidiel.

Výpočtové parametre nápravy s prípustnou hmotnosťou 11,5 t sú:

$2P = 115 \text{ kN}$
$P = 57,5 \text{ kN}$

pričom pre výpočet napätí pomocou modelu sa v rozhodujúcej polohe zaťaženia berie:

- a) náhradná kruhová plocha zdvojeného kolesa s polomerom $r = 167,80 \text{ mm}$, alebo
b) náhradná štvorcová plocha zdvojeného kolesa so stranou $a = 297,40 \text{ mm}$ a s kontaktným tlakom $p = 0,65 \text{ MPa}$.

Výpočtové parametre návrhovej nápravy s hmotnosťou 10,0 t sú:

$2P = 100 \text{ kN}$
$P = 50 \text{ kN}$

prícom pre výpočet napätí od opakovaného zaťaženia pomocou modelu sa berie:

- a) náhradná kruhová plocha zdvojeného kolesa s polomerom $r = 162,90 \text{ mm}$, alebo

- b) náhradná štvorcová plocha zdvojeného kolesa so stranou $a = 288,70$ mm a s kontaktným tlakom $p = 0,60$ MPa.

Schémy náprav s parametrami pre výpočty sú v Prílohe 1 týchto TP.

Podkladom pre výpočet opakovaného zaťaženia návrhovou nápravou môžu byť výsledky:

- periodického sčítania cestnej dopravy,
- dopravno – inžinierskeho prieskumu,
- špeciálneho sčítania dopravy a váženia náprav nákladných vozidiel.

Z výsledkov periodického sčítania cestnej dopravy sa uvažujú len nákladné vozidlá a autobusy, spolu označené NV alebo T. V prípade výsledkov sčítania s hodnotou RPDI (ročný priemer denných intenzít) sa môže predpokladať, že počet nákladných vozidiel na cestách a diaľniciach možno uvažovať podľa [T2].

Priemerný počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch cestnej komunikácie sa vypočíta z rovnice:

$$NV_p = 0,5 (\delta_z + \delta_k) \cdot NV \quad (1)$$

kde:

δ_z , δ_k sú súčinitele rastu intenzity nákladnej dopravy (počtu nákladných vozidiel) pre obdobie od sčítania dopravy po rok začatia dopravy a ukončenia návrhového obdobia.

V prípade, ak nie sú k dispozícii podrobnejšie údaje o prognóze dopravy, používame koeficienty, ktoré sa stanovujú podľa [T2].

Redukovaný počet nákladných vozidiel v jednom smere, ktorý sa vzťahuje na dimenzovaný pruh CB dosiek:

$$NV_{red} = B1 \cdot B2 \cdot B3 \cdot B4 \cdot NV_p \quad (2)$$

kde:

B1 je súčiniteľ prevodu dopravného zaťaženia (nákladných vozidiel) na jeden smer (-), ktorý sa určí zo sčítania dopravy podľa ich smerovania. Ak nie sú údaje o smerovaní k dispozícii, možno uvažovať s hodnotou 0,50. V prípade dopravných plôch sa uvažuje hodnota 1,00.

B2 súčiniteľ prevodu vyjadrujúci pravdepodobnosť prejazdov dimenzovaným pruhom CB dosiek (-),

- v prípade viac pruhov jedným smerom (diaľnice, rýchlostné komunikácie a niektoré miestne komunikácie) sa berie hodnota 0,90,
- v prípade ciest s jedným pruhom v jednom smere a na dopravných plochách sa berie hodnota 1,00.

B3 súčiniteľ vyjadrujúci pravdepodobnosť prejazdov nákladných vozidiel „dimenzačnými“ miestami na CB doske (pre výpočet počtu opakovaní zaťaženia) (-):

- keď šírka CB dosiek je 3,50 m alebo menej:

- v geometrickom strede dosky	0,95
- na priečnej hrane	1,00
- na pozdĺžnej (voľnej) hrane	0,18
- keď šírka CB dosiek je viac ako 3,5 m:

- v strede dosky	0,75
- na priečnej hrane	0,85

B4 súčiniteľ vyjadrujúci podmienky zaťažovania (-):

- pre štandardné podmienky 1,00
- pre neštandardné podmienky:
 - na dopravných plochách 1,10
 - na zaraďovacích a stúpacích pruhoch na diaľniciach a rýchlostných cestách 1,20
 - na zaraďovacích a stúpacích pruhoch ciest 1,30
 - na úsekoch miestnych komunikácií, kde

vozidlá brzdia, stoja a akcelerujú 1,80.

Celkový počet nákladných vozidiel, ktorý sa berie pre dimenzované miesto CB dosiek za celé návrhové obdobie je:

$$NV_c = NV_{red} \cdot 365 \cdot n_o \quad (3)$$

kde:

n_o je návrhové obdobie, ktoré obvykle stanovuje investor: pre CB vozovky na cestách má byť najmenej 25 rokov, na rýchlostných cestách a diaľniciach najmenej 30 rokov.

Celkový počet návrhových náprav (s parametrom $2P = 100$ kN) s ekvivalentným účinkom prejazdov nákladných vozidiel rôznych typov sa vypočíta zo vzťahu:

$$N_c = B5 \cdot NV_c \quad (4)$$

kde:

$B5$ je súčiniteľ prevodu účinkov rôznych typov nákladných vozidiel vyskytujúcich sa v dopravnom prúde alebo na dopravných plochách, treba vypočítať z údajov o účinkoch jednotlivých typov nákladných vozidiel na konštrukciu vozovky.

- v prípade, kde je známa skladba nákladných vozidiel, je potrebné tento súčiniteľ vypočítať. Postup výpočtu je uvedený v Prílohe 3.
- v prípadoch, ak nepoznáme skladbu dopravného prúdu a druhy nákladných vozidiel, môžeme uvažovať súčiniteľ:

$$B5 = 1,273$$

5.2 Teplotný režim vozovky

Teplotný režim vozoviek s CB krytom charakterizuje:

- priemerná ročná teplota CB dosiek a amplitúda tejto teploty v ročnom cykle,
- najväčšie hodnoty kladného a záporného rozdielu teploty horného a spodného povrchu CB dosky.

Priemernú ročnú teplotu dosiek uvažujeme ako ročný priemer denných teplôt vzduchu. Amplitúda ročnej teploty vzduchu sa vypočíta podľa vzťahu:

$$A_{r,h} = T_{m,r} + 36,9 - 0,038 h_B \quad (^\circ\text{C}) \quad (5)$$

kde:

$T_{m,r}$ je priemerná ročná teplota vzduchu ($^\circ\text{C}$),

h_B hrúbka CB dosky (mm).

Návrhové hodnoty teplotných rozdielov horného a spodného povrchu CB dosiek sa vypočítajú zo vzťahu k priemernej ročnej teplote vzduchu s uvážením hrúbky dosky. Empiricky odvodené rovnice majú tvar:

- pre kladný teplotný rozdiel:

$$+ \Delta T_n = 12,440 - 0,6 T_{m,r} + 0,028 h_B \quad (^\circ\text{C}) \quad (6)$$

- pre záporný teplotný rozdiel:

$$- \Delta T_n = 6,214 - 0,3 T_{m,r} + 0,0113 h_B \quad (^\circ\text{C}) \quad (7)$$

Neštandardné klimatické podmienky v cestných diaľničných tuneloch sa vo výpočtoch CB vozoviek uvažujú tak, že:

- kladný a záporný teplotný rozdiel dosiek v prechodových zónach stredných a dlhých tunelov sa uvažuje polovičnou hodnotou, t.j.:

$$+ \Delta T_{n,t} = 0,5 (+ \Delta T_n) \quad \text{resp.} \quad (8)$$

$$- \Delta T_{n,t} = 0,5 (- \Delta T_n), \quad (^\circ\text{C}) \quad (9)$$

- teplotné rozdiely horného a spodného povrchu CB dosiek v strednej časti dlhého tunela sú rovné nule.

V portálových častiach (zónach) krátkych, stredných a dlhých tunelov sa uvažuje teplotný režim a jeho charakteristiky ako v extraviláne.

5.3 Únosnosť podložia a podkladového systému

Vo výpočtoch modelov konštrukcií vozoviek s CB krytom vo viacvrstvovom pružnom polpriestore sa používajú návrhové parametre únosnosti podložia a návrhové deformačné parametre materiálov vrstiev podkladového systému. Návrhové hodnoty modulu pružnosti $E_{p,n}$ (MPa) alebo modulu reakcie $k_{p,n}$ (MNm^{-3}) podložia sa môžu v období spracovania projektovej dokumentácie odvodiť z výsledku laboratórnej skúšky CBR (STN 72 1016) pri návrhových podmienkach. Návrhové podmienky, t. j. návrhová objemová hmotnosť a návrhová vlhkosť zeminy (ako aj hodnotenie vodného režimu v podloží) sú rovnaké ako pri navrhovaní netuhých a polotuhých vozoviek [T1].

Návrhový modul pružnosti upraveného podložia $E_{p,n,z}$ sa vypočíta ako modul dvojvrstvového alebo trojvrstvového systému s návrhovými hodnotami modulu pružnosti materiálov zlepšujúcej vrstvy postupom.

Vo výpočtoch napätí v CB doskách s využitím riešenia trojvrstvového systému je charakteristikou modul reakcie podkladového systému. Efektívny modul reakcie podkladového systému k_{ef} (MNm^{-3}) sa vypočíta pomocou vzťahu:

$$k_{ef} = \frac{E_3}{h^*} \quad (\text{MNm}^{-3}) \quad (10)$$

kde:

E_3 je modul pružnosti podložia (MPa),

h^* zástupná hrúbka podkladu a CB dosky (m), ktorá sa vypočíta pomocou rovnice:

$$h^* = 0,83 h_1 \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_3}} + c \cdot h_2 \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_3}} \quad (\text{m}) \quad (11)$$

kde:

h_1 je hrúbka CB dosky (m),

h_2 hrúbka podkladu (m),

E_1 modul pružnosti cementového betónu (MPa),

E_2 modul pružnosti podkladu (podkladového systému) (MPa),

c redukčný súčiniteľ pre cementom stmelený materiál (CB) 0,83 a pre nestmelený materiál 0,90.

Výpočty únosnosti podkladového systému sú v Prílohe 4 týchto TP.

5.4 Vlastnosti cestných stavebných materiálov

Pri navrhovaní a vo výpočtoch tuhých vozoviek sa predpokladá, že všetky materiály majú vlastnosti zodpovedajúce platným technickým normám, pričom ich deformačné a pevnostné charakteristiky sa uvažujú výpočtovými (nie skutočnými, ale odvodenými) hodnotami.

Poznámka: Výpočtové hodnoty materiálov pri navrhovaní asfaltových vozoviek sa od týchto hodnôt odlišujú.

Na základe predpokladu o splnení základných kvalitatívnych parametrov stvrdnutého betónu podľa STN 73 6123 sú odvodené výpočtové charakteristiky betónu uvedené v tabuľke 6 a výpočtové hodnoty parametrov cestných stavebných materiálov sú v tabuľke 7 týchto TP.

Tabuľka 6 Výpočtové charakteristiky betónu

Charakteristika	Kvalitatívna skupina CB krytu		Poznámka
	I	II, III	
Charakteristická pevnosť v ťahu pri ohybe R _{i,k} (MPa)	4,5	4,0	Súbor 3 telies, 28 dní
Výpočtová pevnosť v ťahu pri ohybe R _{i,n} (MPa)	5,0	4,5	R _{i,n} pre 90 dní
Návrhový modul pružnosti E _{B,n} (MPa)	37 500	35 000	(*)
Návrhový modul pretvárnosti E _{B,T} (MPa)	27 500	25 000	
Poissonovo číslo μ (-)	0,20	0,20	
*: Pri výpočte napätí od teplotných namáhání sa uvažujú menšie hodnoty modulu pružnosti cementového betónu zodpovedajúce jeho dotvarovaniu pri dlhšom časovom pôsobení teplotného spádu. V tabuľke sú priemerné výpočtové hodnoty.			

Tabuľka 7 Výpočtové hodnoty parametrov materiálov pre výpočet viacvrstvého podkladového systému

Materiál		Modul pružnosti E (MPa)	Poissonovo číslo μ	Koeficient tepelnej vodivosti λ (Wm ⁻¹ K ⁻¹)
Upravené zeminy STN 73 6125				
Zemina stabilizovaná cementom	ZSC	500	0,33	1,75
Zemina stabilizovaná hydraulickým cestným spojivom	ZSHCS			1,5
Nestmelené zmesi STN 73 6126				
Štrkopiesok	ŠD C _{deklarovaná}	300	0,3	2
Štrkodrvina	ŠD	350		
Mechanicky stmelené kamenivo	MSK	700	0,25	2,1
Hydraulicky stmelené zmesi STN 73 6124-1 a STN 73 6124-2				
Cementom stmelená zrnitá zmes	CBGM C _{3/4} , C _{4/5}	2 000	0,25	2,15
Hydraulickým spojivom stmelená zmes	HBBM C _{2/3} , C _{1,5/2}			
Cementom stmelená zrnitá zmes	CBGM C _{5/6} , C _{8/10}	4 500	0,22	2,5
Medzerovitý cementový betón	MCB	7 500		1,8
Asfaltové zmesi STN EN 13108-1				
Asfaltový betón	AC 16 L	4 200	0,3	1,4
	AC 16 P			
	AC 22 L			
Poznámka: Hodnoty pre asfaltové zmesi sú pre teplotu T = 11 °C.				

6 Posúdenie návrhu konštrukcie vozovky

Správnosť návrhu konštrukcie vozovky s CB krytom a miera jej spoľahlivosti pre celé návrhové obdobie sa posudzujú pomocou kritérií. Návrh konštrukcie musí vyhovovať základným kritériám, ktorými sú:

- A. Ochrana vozovky proti nepriaznivým účinkom premrzania podložia.
- B. Pomer pevnosti a kritického napätia v ťahu pri ohybe v CB doske od jednorazového zaťaženia na voľnej pozdĺžnej hrane.
- C. Pomer pevnosti a kritického napätia v ťahu pri ohybe v CB doske od opakovaného zaťaženia na priečnej hrane.

Vzhľadom na veľký vplyv teploty na deformácie a napätia v CB doskách, treba vždy vo výpočtoch uvažovať s kombináciou vplyvu zaťaženia od dopravy a vplyvu teplotného režimu (teplotného namáhania) CB vozoviek.

Správnosť návrhu vozovky s tenkou vrstvou z asfaltových zmesí na cementovom betóne, alebo vrstve z kameniva stmeleného hydraulickým spojivom sa posudzuje pomocou základných kritérií, ale s úpravami rozmerov zaťažovacej plochy a kontaktného tlaku pri výpočte napätí od jednorazového zaťaženia a od opakovaného zaťaženia (Príloha 5 týchto TP).

6.1 Ochrana vozovky proti účinkom premrzania

Návrh konštrukcie vozovky vyhovuje, keď tepelný odpor konštrukcie R_V (m^2KW^{-1}) je rovný, alebo väčší ako potrebný tepelný odpor $R_{V,\text{potr}}$ (m^2KW^{-1}) stanovený na základe požiadavky nepripustiť väčšie premrznutie zemin v podloží, ako je dovolené. Podmienka je vyjadrená vzorcom:

$$R_V \geq R_{V,\text{potr}} \quad (\text{m}^2 \text{KW}^{-1}) \quad (12)$$

Tepelný odpor vozovky R_V sa vypočíta z rovnice:

$$R_V = \sum_i \frac{h_i}{\lambda_i} \quad (\text{m}^2 \text{KW}^{-1}) \quad (13)$$

kde:

h_i je hrúbka i -tej vrstvy konštrukcie vozovky (m),

λ_i výpočtová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti materiálu vrstvy ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$).

Potrebný tepelný odpor vozovky v prípadoch s mierne namrzavou, namrzavou a nebezpečne namrzavou zemínou v podloží je daný rovnicou:

$$R_{V,\text{potr}} = 0,102 I_{m,n}^{0,3} - \frac{h_{z,\text{dov}}}{\lambda_z} \quad (\text{m}^2\text{KW}^{-1}) \quad (14)$$

kde:

$I_{m,n}$ je návrhová hodnota indexu mrazu v mieste stavby pre periodicitu n ($^{\circ}\text{C}$, deň),

$h_{z,\text{dov}}$ dovolená hrúbka zamrznutej zeminy v podloží (m),

λ_z súčiniteľ tepelnej vodivosti zeminy 2,18; 1,93 alebo 1,68 ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), ktorého výpočtové hodnoty sú uvedené v Prílohe 6 týchto TP.

Potrebný tepelný odpor $R_{V,\text{potr}}$ pre namrzavosť a druh zeminy, typ vodného režimu a TDZ vozovky je v tabuľke v Prílohe 6 týchto TP.

6.2 Posúdenie návrhu konštrukcie z hľadiska napätí od jednorazového zaťaženia

Návrh bude vyhovovať, keď je splnená podmienka, aby maximálne napätie v ťahu pri ohybe na voľnej pozdĺžnej hrane od jednorazového zaťaženia bolo menšie ako pevnosť cementového betónu v ťahu pri ohybe:

$$\frac{R_{i,n}}{\sigma_{\text{max},j}} \geq \xi_i \quad (15)$$

kde:

$R_{i,n}$ je výpočtová pevnosť betónu v ťahu pri ohybe (MPa),

$\sigma_{\max,j}$ maximálne napätie (MPa), ktoré je súčtom napätia v ťahu pri ohybe od jednorazového zaťaženia a napätia od teplotného rozdielu ΔT_n (°C):

$$\sigma_{\max,j} = \sigma_x(y) + \sigma_{T,\max} \quad (\text{MPa}) \quad (16)$$

ξ_i súčiniteľ spoľahlivosti, ktorého veľkosť je:

1,10 pre vozovky skupiny I a II,

1,05 pre vozovky skupín III.

Napätie σ_x, σ_y (MPa) sa počíta od zaťaženia prípustnej nápravy $2P = 115$ kN pomocou metódy konečných prvkov (MKP). Pre predbežný návrh dimenzií a posúdenie návrhu v projektovej dokumentácii pre stavebný zámer alebo územné rozhodnutie sa môžu použiť aj upravené vzorce Westergaarda alebo výpočet tuhej dosky na pružnom viacvrstvovom polpriestore alebo vplyvové plochy podľa Picketta a Raya. Rovnice a vzťahy pre výpočty napätí sú uvedené v Prílohe 7 týchto TP.

6.3 Posúdenie návrhu konštrukcie z hľadiska napätí od opakovaného zaťaženia

Návrh bude vyhovovať, keď je splnená podmienka, aby maximálne napätie v ťahu pri ohybe na priečnej hrane od štandardného zaťaženia bolo menšie, ako pevnosť cementového betónu v ťahu pri ohybe redukovaná vzhľadom na vplyv opakovaného zaťaženia, vplyv teplotného spádu a tuhosť podkladu. Podmienka je vyjadrená vzťahom:

$$\sigma_{\max,o} \cdot n_s \cdot \omega \leq R_{i,n} \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \quad (\text{MPa}) \quad (17)$$

kde:

$\sigma_{\max,o}$ je najväčšie napätie v CB doske (MPa) od štandardného zaťaženia $2P = 100$ kN, s parametrami náhradnej kruhovej alebo štvorcovej zaťažovacej plochy, vypočítané pomocou metódy konečných prvkov (MKP). Pre predbežný návrh dimenzií a posúdenie návrhu v projektovej dokumentácii pre stavebný zámer alebo územné rozhodnutie sa môžu použiť aj upravené vzorce Westergaarda alebo vplyvové plochy podľa Picketta a Raya. Tieto rovnice a vzťahy pre výpočty napätí sú uvedené v Prílohe 7 týchto TP.

n_s súčiniteľ spolupôsobenia dosiek na ich stykoch:

- na priečnej a pozdĺžnej vystuženej kontrakčnej škáre	0,75
- na priečnej a pozdĺžnej nevystuženej škáre	0,90
- na priečnej dilatačnej škáre	0,95

Poznámka: Pre stred dosky a voľnú hranu = 1,0.

ω poddajnosť (tuhosť) podkladu s hodnotami:

- pre nepoddajný (tuhý, polotuhý) podklad	1,00
- pre poddajný (netuhý) podklad	0,90

$R_{i,n}$ výpočtová pevnosť betónu v ťahu pri ohybe (MPa),

m_1 súčiniteľ vyjadrujúci nárast pevnosti betónu v ťahu pri ohybe, ktorý sa uvažuje len v prípade posudzovania vozovky po 90 dňoch a 1 roku (-):

$$R_{i,90} = 1,096 R_{i,28} \quad (\text{MPa}) \quad (18)$$

$$R_{i,365} = 1,212 R_{i,28} \quad (\text{MPa}) \quad (19)$$

m_2 súčiniteľ vyjadrujúci vplyv opakovaného zaťaženia, ktorý pre:

$N_c < 1.10^5$	má hodnotu	1
$1.10^5 \leq N_c < 1.10^6$		1 - 0,056 log N
$1.10^6 \leq N_c < 1.10^7$		1 - 0,067 log N
$N_c \geq 1.10^7$		1 - 0,078 log N

kde:

N_c je počet opakovaní zaťaženia návrhovou nápravou za celé návrhové obdobie,

m_3 súčiniteľ vyjadrujúci redukciu pevnosti vplyvom teplotného spádu v CB doske a súčasného opakovaného zaťaženia, ktorý sa vo výpočte pomocou metódy MKP neuvažuje. V predkladanom návrhu podľa vzorcov Westergaarda sa vypočíta pomocou rovnice:

$$m_3 = 1 - \frac{\sigma_{T,n}}{R_{i,k} \cdot m_1^+ \cdot m_2^+} \quad (20)$$

kde:

$\sigma_{T,n}$ je napätie od rozdielu teploty, ktoré sa berie hodnotou $0,3 \sigma_{T,x,y}$ (MPa),

$R_{i,k}$ výpočtová pevnosť betónu po 28 dňoch (MPa),

m_1^+ súčiniteľ nárastu pevnosti betónu (max. hodnota 1,212),

m_2^+ súčiniteľ vyjadrujúci vplyv opakovaného zaťaženia (max. hodnota $m_2^+ = m_2$).

6.4 Posúdenie vozovky s cementobetónovým krytom v tuneloch

Návrh konštrukcie vozovky s CB krytom v tuneli sa posudzuje pomocou kritérií, ktoré sú rozdielne pre jednotlivé časti krátkych, stredných a dlhých tunelov.

Pre posúdenie vozovky v portálovej časti tunelov platia kritériá:

- A. Ochrana vozovky proti nepriaznivým účinkom premŕzania podlažia (horniny), (čl. 6.1 týchto TP),
- B. Pomer pevnosti a napätia v ťahu pri ohybe v CB doske od jednorazového zaťaženia (čl. 6.2 týchto TP),
- C. Pomer pevnosti a napätia v ťahu pri ohybe v CB doske od opakovaného zaťaženia (čl. 6.3 týchto TP).

Pre posúdenie vozovky v prechodovej zóne stredne dlhých a dlhých tunelov platia kritériá A, B a C, pričom sa uvažujú redukované teplotné rozdiely: kladný a záporný teplotný rozdiel dosiek sa berie polovičnou hodnotou (čl. 5.3 týchto TP).

Pre posúdenie návrhu konštrukcie vozovky s CB krytom v strednej časti dlhého tunela platia len kritériá B a C, pričom sa neuvažuje namáhanie dosiek od teploty - teplotné rozdiely (čl. 5.3 týchto TP) sa neuvažujú.

6.5 Posúdenie návrhu konštrukcie vozovky s cementobetónovým krytom na dopravných plochách

Pri posudzovaní návrhu konštrukcie vozovky na dopravných plochách sa uvažujú všetky základné kritériá A, B a C. Z hľadiska polohy pôsobenia jednorazového alebo opakovaného zaťaženia je potrebné prehodnotiť rôzne miesta pôsobenia zaťaženia, ako je priečna hrana, pozdĺžna hrana a roh dosky a zohľadniť najnepriaznivejšiu polohu.

PRÍLOHY

Príloha 1 Výpočtové parametre dopravného zaťaženia

Príloha 2 Určenie návrhovej únosnosti podložia

Príloha 3 Postup pri výpočte účinku rôznych typov nákladných vozidiel a prevode na účinok návrhovej nápravy (súčiniteľ B5)

Príloha 4 Výpočet únosnosti podkladového systému

Príloha 5 Úprava parametrov dopravného zaťaženia pri výpočte cementobetónového krytu prekrytého tenkou vrstvou z asfaltových zmesí

Príloha 6 Potrebný tepelný odpor tuhých vozoviek $R_{v, \text{potr}}$ (m^2KW^{-1})

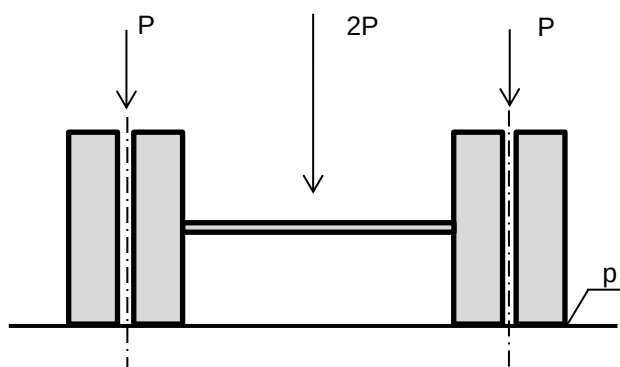
Príloha 7 Postup výpočtu napätí v cementobetónovej doske

Príloha 8 Príklady výpočtu vozovky s cementobetónovým krytom

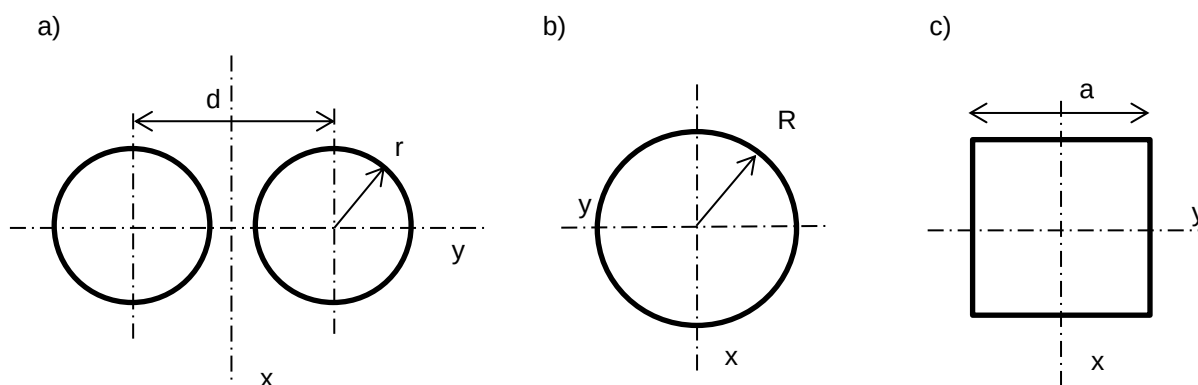
Príloha 9 Kontinuálne vystužená cementobetónová doska SPOVYCED

PRÍLOHA 1 Výpočtové parametre dopravného zaťaženia

Schéma nápravy:



Náhradné zaťažovacie plochy:



- Výpočtové parametre návrhovej nápravy s hmotnosťou 10 t**

zaťaženie nápravy (celej)	$2P = 100 \text{ kN}$
zaťaženie nápravy (kolesom, kolesami)	$P = 50 \text{ kN}$
dotkový tlak (pneumatík)	$p = 0,60 \text{ MPa}$

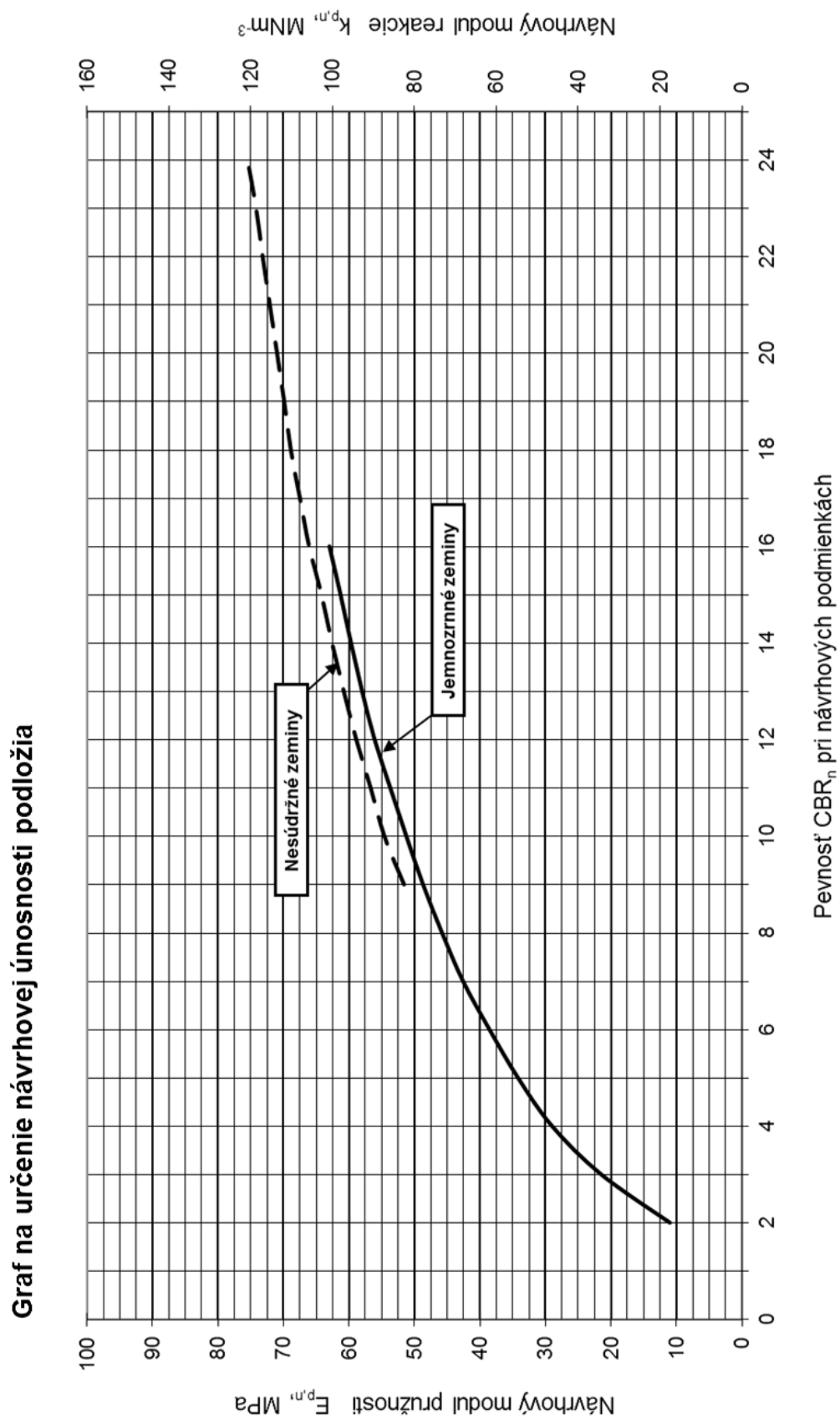
polomer kruhového odtlačku zaťažovacej plochy	$r = 115,2 \text{ mm}$
vzdialenosť kruhových odtlačkov	$d = 344 \text{ mm}$
polomer náhradnej kruhovej zaťažovacej plochy	$R = 162,9 \text{ mm}$
strana náhradného zaťažovacieho štvorca	$a = 288,7 \text{ mm}$

- Výpočtové parametre nápravy s prípustnou hmotnosťou 11,5 t**

zaťaženie nápravy (celej)	$2P = 115 \text{ kN}$
zaťaženie nápravy (kolesom, kolesami)	$P = 57,5 \text{ kN}$
dotkový tlak (pneumatík)	$p = 0,65 \text{ MPa}$

polomer kruhového odtlačku zaťažovacej plochy	$r = 118,7 \text{ mm}$
vzdialenosť kruhových odtlačkov	$d = 344 \text{ mm}$
polomer náhradnej kruhovej zaťažovacej plochy	$R = 167,8 \text{ mm}$
strana náhradného zaťažovacieho štvorca	$a = 297,4 \text{ mm}$

PRÍLOHA 2 Určenie návrhovej únosnosti podložia



PRÍLOHA 3 Postup pri výpočte účinku rôznych typov nákladných vozidiel a prevode na účinok návrhovej nápravy (súčiniteľ B5)

Pri prepočte účinku nákladných vozidiel (s hmotnosťou 3 t a viac) môžeme použiť zjednodušený empirický vzťah a počítať prevodový súčiniteľ α_1 pre každú, jednotlivú nápravu:

$$\alpha_1 = \left(\frac{P_i}{P_n} \right)^{4,0} \quad (21)$$

kde:

P_i je hmotnosť nápravy i vozidla,

P_n hmotnosť návrhovej nápravy 100 kN.

V prepočte účinku dvojnápravy sa robí korekcia:

$$\alpha_2 = k \left(\frac{P_i}{P_n} \right)^{4,0} \quad (22)$$

pričom koeficient k závisí od rázvoru osí náprav:

pre:	$r_2 < 1,2 \text{ m}$	$k = 1,4$
	$1,2 < r_2 < 1,8 \text{ m}$	$k = 1,4 + (r_2 - 1,2)$
	$r_2 > 1,0 \text{ m}$	$k = 2,0$

Pri prepočte účinku trojitej nápravy sú podmienky zložitejšie, ale ak je rázvor r_3 rovnaký, potom:

pre:	$r_3 < 1,2 \text{ m}$	$k = 2,1$
	$1,2 < r_3 < 1,8 \text{ m}$	$k = 2,1 + 1,5 (r_3 - 1,2)$
	$r_3 > 1,0 \text{ m}$	$k = 3,0$

Súčiniteľ B5 bude:

$$B5 = \sum \alpha_i \cdot \frac{p_i}{100} \quad (23)$$

kde:

α_i je prevodový súčiniteľ nákladného vozidla i,

p_i pomerné zastúpenie vozidla i-teho typu v dopravnom prúde.

Poznámka: Výpočet je približný, pretože sa neuvažuje konkrétna konštrukcia vozovky.

PRÍLOHA 4 Výpočet únosnosti podkladového systému

A Výpočet modulu reakcie trojvrstvého podkladového systému

Použitie riešenia trojvrstvého pružného polpriestoru – tabuľky parametrov podľa JONESA

Označenie vrstiev (podkladového systému) a parametre:

- horná podkladová vrstva: h_1 , E_1 , μ_1 ;
- spodná podkladová vrstva: h_2 , E_2 , μ_2 ;
- podložie: E_3 , μ_3 .

Pre parametre:

$$k_1 = E_1 / E_2 \quad k_2 = E_2 / E_3 \quad H = h_1 / h_2 \quad a_1 = a / h_2$$

sa odčíta súčiniteľ priehybu w_0 .

Modul reakcie podkladového systému sa vyráta zo vzťahu:

$$k = 1,81 \frac{E_3}{w_0} \quad (24)$$

B Výpočet modulu reakcie troj - a viacvrstvého systému

Použitie riešenia viacvrstvého pružného polpriestoru – program LAYMED

Označenie vrstiev a ich parametre (pozri schému):

- hrúbka vrstvy h_i (m);
- modul pružnosti materiálu vrstvy E_i (MPa);
- Poissonovo číslo materiálu μ_i .

Postup: výpočet priehybu y_L (m) na povrchu podkladového systému pre kruhovú zaťažovaciu plochu s polomerom $r = 0,4$ m a dotykový tlak $p = 0,1$ MPa, ktorý je y_L . Prepočet na tuhú zaťažovaciu dosku $y_T = 0,785y_L$ (m).

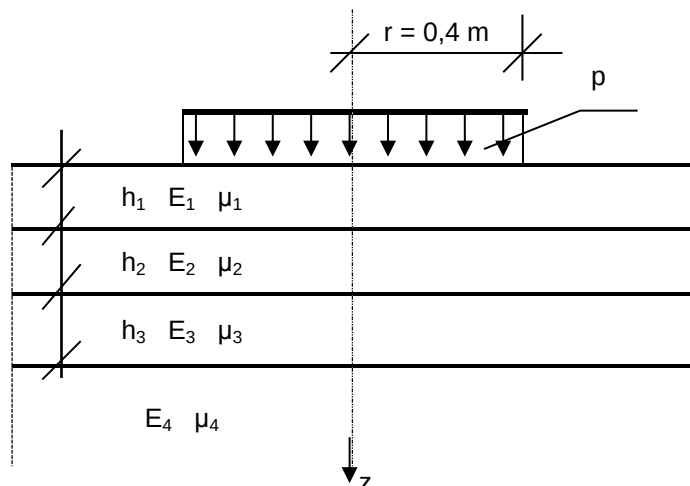
Modul reakcie podkladového systému:

$$k = 1,274 \cdot \frac{p}{y_L} \quad (\text{MN} \cdot \text{m}^{-3}) \quad (25)$$

VOZOVKA

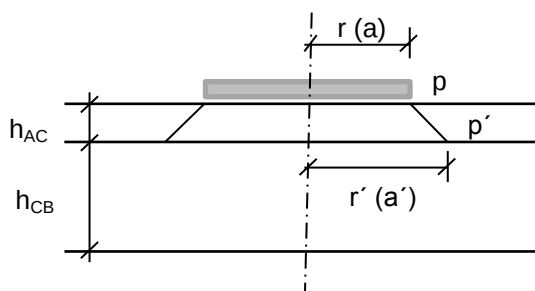
CB kryt
Podklad horný
Podklad dolný
Ochranná vrstva
Podložie

MODEL (C1)



PRÍLOHA 5 Úprava parametrov dopravného zaťaženia pri výpočte cementobetónového krytu prekrytého tenkou vrstvou z asfaltových zmesí

V prípade konštrukcie vozovky s tenkou vrstvou z asfaltových zmesí na cementovom betóne alebo vrstve z kameniva stmeleného hydraulickým spojivom sa konštrukcia posudzuje pomocou základných kritérií (kapitola 6 týchto TP), ale s úpravami rozmerov zaťažovacej plochy a dotykového tlaku pri výpočte napätí od jednorazového zaťaženia (115 kN) a od opakovaného zaťaženia (100 kN).



Obrázok P.5.1 Schéma pre výpočet polomeru náhradnej zaťažovacej plochy

Upravené vstupné údaje sú:

$$r' = r + h_{AC} \quad (26)$$

$$a' = a + 2h_{AC} \quad (27)$$

$$p' = p \frac{r^2}{(r + h_{AC})^2} \quad (28)$$

kde:

h_{AC} je hrúbka vrstvy z asfaltových zmesí (mm),

r polomer náhradnej zaťažovacej plochy (mm),

r' upravený polomer zaťažovacej plochy (mm),

a strana náhradného zaťažovacieho štvorca (mm),

a' upravená strana náhradného zaťažovacieho štvorca (mm),

p dotkový tlak (MPa),

p' upravený dotkový tlak (MPa).

PRÍLOHA 6 Potrebný tepelný odpor tuhých vozoviek $R_{v, \text{potr}}$ ($\text{m}^2 \text{KW}^{-1}$)Potrebný tepelný odpor tuhých vozoviek $R_{v, \text{potr}}$ ($\text{m}^2 \text{KW}^{-1}$)

Návrhový index mrazu $I_{m,n}$	Vodný režim	Namrzavosť a druh zeminy									
		Namrzavá a mierne namrzavá		Nebezpečne namrzavá							
		piesčitá zemina $\lambda_z = 2,18 \text{ W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$		hlinitá zemina $\lambda_z = 1,93 \text{ W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$		ílovitá zemina $\lambda_z = 1,68 \text{ W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$					
		Trieda dopravného zaťaženia vozovky									
		I, II	III, IV	V, VI	I, II	III, IV	V, VI	I, II	III, IV	V, VI	
200	difúzny	0,109	0,086	0,040	0,084	0,058	0,006	0,022	-	-	
	pendulárny	0,132	0,109	0,063	0,136	0,110	0,058	0,082	0,052	-	
	kapilárny	0,178	0,155	0,109	0,240	0,214	0,136	0,201	0,171	0,082	
300	difúzny	0,173	0,150	0,104	0,149	0,123	0,071	0,087	0,057	-	
	pendulárny	0,106	0,173	0,127	0,200	0,175	0,123	0,146	0,117	0,057	
	kapilárny	0,242	0,219	0,173	0,304	0,278	0,200	0,266	0,236	0,146	
400	difúzny	0,224	0,201	0,155	0,199	0,173	0,122	0,138	0,108	0,048	
	pendulárny	0,247	0,224	0,178	0,251	0,225	0,173	0,197	0,167	0,108	
	kapilárny	0,293	0,270	0,224	0,355	0,329	0,251	0,316	0,286	0,197	
500	difúzny	0,266	0,244	0,198	0,242	0,216	0,164	0,180	0,150	0,091	
	pendulárny	0,289	0,266	0,221	0,293	0,268	0,216	0,240	0,210	0,150	
	kapilárny	0,335	0,312	0,266	0,397	0,371	0,284	0,359	0,329	0,240	
600	difúzny	0,303	0,280	0,235	0,279	0,253	0,201	0,217	0,187	0,128	
	pendulárny	0,326	0,303	0,257	0,330	0,305	0,253	0,277	0,247	0,187	
	kapilárny	0,372	0,349	0,303	0,434	0,408	0,331	0,396	0,366	0,277	
700	difúzny	0,336	0,313	0,267	0,312	0,286	0,234	0,250	0,220	0,161	
	pendulárny	0,359	0,336	0,290	0,363	0,337	0,286	0,309	0,280	0,220	
	kapilárny	0,405	0,382	0,336	0,497	0,441	0,363	0,428	0,399	0,309	

PRÍLOHA 7 Postup výpočtu napätí v cementobetónovej doske

A. Výpočet napätí pomocou upravených vzorcov Westergaarda

- od dopravného zaťaženia:

Napätie v ťahu za ohybu $\sigma_{x(y)}$ (MPa) na spodku CB dosky od dopravného zaťaženia vyjadreného účinkom návrhovej nápravy (100 kN) respektíve prípustnej nápravy (115 kN), možno vypočítať pre rôzne polohy pôsobenia pomocou nasledujúcich vzorcov:

- v geometrickom strede CB dosky

$$\sigma_s = \frac{0,275 \cdot P}{h_B^2} (1 + \mu) \left[\log \left(\frac{E \cdot h_B^3}{k \cdot b^4} \right) - 0,436 \right] \text{ (MPa)} \quad (29)$$

- na hrane CB dosky

$$\sigma_h^+ = \frac{0,529 \cdot P}{h_B^2} (1 + 0,54\mu) \left[\log \left(\frac{E \cdot h_B^3}{k \cdot b^4} \right) + \log \left(\frac{b}{1 - \mu^2} \right) - 2,484 \right] \text{ (MPa)} \quad (30)$$

- na rohu CB dosky

$$\sigma_r = \frac{3 \cdot P}{h_B^2} \left[1 - \left(\frac{12(1 - \mu^2)k}{E \cdot h_B^3} \right)^{0,3} \cdot (R \cdot \sqrt{2})^{1,2} \right] \text{ (MPa)} \quad (31)$$

kde:

P má hodnotu pre 100 kN nápravu = 50 000 N a pre 115 kN = 57 500 N,

E je návrhový modul pružnosti CB, MPa (N.mm⁻²)

h_B hrúbka CB dosky (mm),

k modul reakcie podkladového systému (N.mm⁻³),

R polomer jednej náhradnej kruhovej zaťažovacej plochy (mm),

b efektívny polomer zaťaženia (mm).

$$\text{ak } R > 1,724 h_B \rightarrow b = R \text{ (mm)}$$

$$\text{ak } R < 1,724 h_B \rightarrow b = \sqrt{16R^2 + h_B^2} - 0,675 h_B \text{ (mm)}$$

- od teplotného rozdielu:

Napätie v ťahu za ohybu σ_T (MPa) na spodku CB dosky od teplotného rozdielu + ΔT sa vypočíta podľa vzorca:

- v geometrickom strede CB dosky:

$$\sigma_{T,s} = \frac{E_{B,T} \cdot \alpha \cdot \Delta T}{2 \cdot (1 - \mu^2)} (C_x + \mu \cdot C_y) \text{ (MPa)} \quad (32)$$

- na hrane CB dosky:

$$\sigma_{T,x(y)} = \frac{E_{B,T} \cdot \alpha \cdot \Delta T}{2} C_x \text{ (MPa)} \quad (33)$$

kde:

$E_{B,T}$ je modul pretvárnosti betónu (MPa),

α súčiniteľ teplotnej rozťažnosti cementového betónu $=1,2 \cdot 10^{-5}$ (-),

ΔT kladný teplotný rozdiel horného a spodného povrchu CB dosky ($^{\circ}\text{C}$),

C_x, C_y koeficient (-) závislý od rozmerov a polomeru relatívnej tuhosti CB dosky I_T , ktorý sa vypočíta pomocou rovnice:

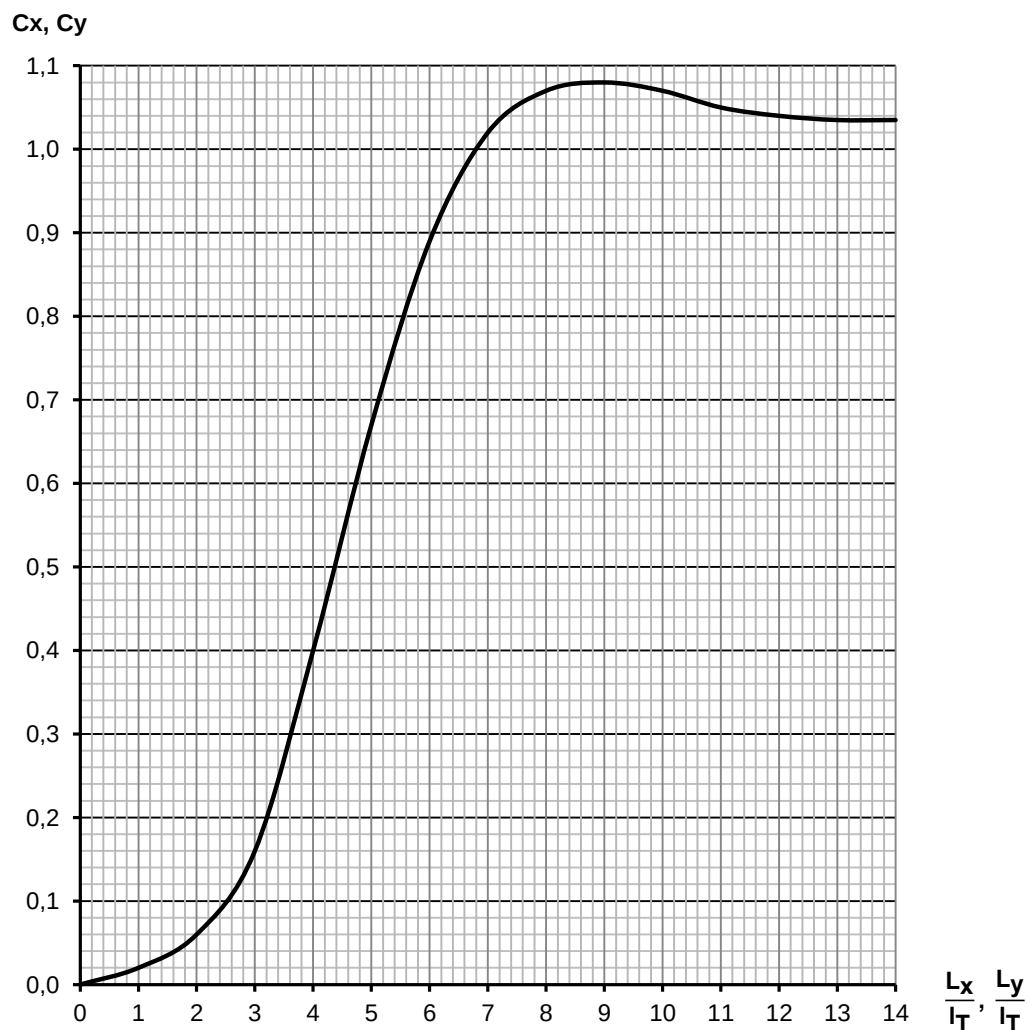
$$I_T = \sqrt[4]{\frac{E_{B,T} h_B^3}{12(1-\mu^2)k}} \quad (\text{m}) \quad (34)$$

kde:

h_B je hrúbka CB dosky (m),

k modul reakcie podkladového systému ($\text{MN} \cdot \text{m}^{-3}$).

Súčiniteľ C_x (C_y) sa určuje pomocou grafu pre pomer L_x/I_T (L_y/I_T), pričom L_x označuje šírku dosky (m) a L_y dĺžku dosky (m), ktorý je na obrázku P.7.1.



Obrázok P.7.1 Graf na stanovenie súčiniteľa C_x (C_y)

B. Výpočet napätí pomocou vplyvových plôch Picketta a Raya

Napätie v ťahu za ohybu $\sigma_{x(y)}$ (MPa) na spodku CB dosky od dopravného zaťaženia vyjadreného účinkom návrhovej nápravy (100 kN) respektíve prípustnej nápravy (115 kN), možno vypočítať pomocou vzťahu $\sigma = M / W$ z hodnôt ohybových momentov podľa vplyvových plôch Picketta a Raya.

Ohybový moment vyvedený pri zaťažení dosky na hrane sa vypočíta zo vzorca:

$$M = \frac{p \cdot l^2 \cdot N_{VP}}{10000} \quad (\text{MN/m}) \quad (35)$$

kde:

p je dotykový tlak, 0,6 MPa (100 kN) alebo 0,65 MPa (115 kN),

l polomer relatívnej tuhosti (m) podľa vzťahu:

$$l = \sqrt[4]{\frac{E \cdot h^3}{12(1 - \mu^2)k}} \quad (\text{m}) \quad (36)$$

N_{VP} počet plôšok odčítaný z vplyvovej plochy momentov.

Napätie v ťahu pri ohybe na spodku CB dosky sa vypočíta pomocou rovnice:

$$\sigma = M / W \quad (\text{MPa}) \quad (37)$$

kde prierezový modul:

$$W = \frac{1}{6} b h_B^2 \quad (\text{m}^3) \quad (38)$$

pričom šírka $b = 1,0$ m.

C. Výpočet napätí pomocou riešenia pružného viacvrstvého systému

Napätie od dopravného zaťaženia

Pre výpočet sa použije model viacvrstvého pružného polpriestoru tvoreného podložími vozovky, vrstvami podkladového systému a vrstvou krytu z cementového betónu, napríklad programom LAYMED. Dopravné zaťaženie je definované náhradnou zaťažovacou plochou pre návrhovú, respektíve prípustnú nápravu.

Napätie v ťahu pri ohybe na spodku CB dosky od dopravného zaťaženia v strede dosky je rovné radiálnemu napätiu $\sigma_{r,L}$ pre $z = h$.

Napätie v ťahu pri ohybe na spodku CB dosky od dopravného zaťaženia na hrane dosky vypočítame tak, že napätie v geometrickom strede dosky $\sigma_{r,0}$ pre $z = h$ násobíme súčiniteľom, ktorý sa môže zistiť z pomeru napätia v strede dosky a na jej okraji vypočítaného vzorcami podľa Westergaarda, alebo inými metódami. Môžeme uvažovať priemernú hodnotu 1,45.

$$\sigma_{r,h} = 1,45 \cdot \sigma_{r,0} \quad (\text{MPa}) \quad (39)$$

D. Výpočet napätí pomocou metódy konečných prvkov

Pre výpočet sa použije model vytvorený v programe pracujúcom na princípe metódy konečných prvkov, napríklad program SCIA. Metóda rozdeľuje konštrukciu na konečné prvky.

Dopravné zaťaženie je definované náhradnou zaťažovacou plochou pre návrhovú, respektíve prípustnú nápravu. Podstatným prvkom matematického modelu CB dosky je aj možnosť modelovania priečnych aj pozdĺžnych škár a tiež modelovanie podložia.

Napätie v ťahu pri ohybe na spodku CB dosky od účinku dopravného zaťaženia a teploty vypočítame tak, že namodelujeme teplotnú deformáciu CB dosky a umiestnime zaťaženie do požadovanej polohy – na priečnu a pozdĺžnu hranu.

Vstupné údaje pre výpočet:

- moduly pružnosti vrstiev a podložia E (MPa),
- Poissonovo číslo μ (-),
- hrúbka jednotlivých dosiek h (m),
- objemová tiaž zeminy γ (kN/m³),
- súčiniteľ štruktúrnej pevnosti zeminy m (-),
- strana štvorcovej zaťažovacej plochy a (m),
- veľkosť dotykového tlaku p [MPa].

Výpočet konštrukcie podľa MKP NEXIS-SOILIN obsahuje aj výpočet na únavu cementového betónu. Dovoľené namáhanie betónu je redukované len podľa počtu prejazdov návrhových náprav. Neuvažuje sa zníženie pevnosti z hľadiska teplotného namáhania (koeficient m_3), ani súčiniteľ spolupôsobenia dosky na škárach (koeficient n_s), resp. poddajnosť podkladu (koeficient ω). Vlastnosti podložia sú hodnotené výpočtom podľa podprogramu SOILIN, pričom sa uvažuje modul E a Poissonovo číslo μ pre každú podkladovú vrstvu a samotné podložie. Obvykle sa používajú únavové grafy PCA.

PRÍLOHA 8 Príklady výpočtu vozovky s cementobetónovým krytom

PRÍKLAD č.1

Zadanie:

Navrhnete a posúďte konštrukciu vozovky s CB krytom na diaľnici D1. Návrhové obdobie pre vozovku je 30 rokov. Výhľadová intenzita pre návrhové obdobie bola stanovená samostatne na jednotlivých úsekoch diaľnice pre rok 2018 a pre rok 2048.

Vstupné údaje:

- dopravné zaťaženie:

Doprava na danom úseku diaľnice bola stanovená zo základných prieskumov a prognóz, ktoré urobilo MDVRR SR v roku 2014. Celkový počet vozidiel za 24 hodín (v oboch smeroch) je stanovený pre rok 2048 na 50 981 voz/24h a počet nákladných vozidiel NV = 13 170 voz/24h, ktorý vychádzal zo sčítania dopravy z roku 2010. Trieda dopravného zaťaženia je I.

- klimatické podmienky:

Priemerná ročná teplota vzduchu je 8,0 °C a návrhový index mrazu pre periodicitu $n = 0,1$ je $I_{m,n} = 600$ °C,deň.

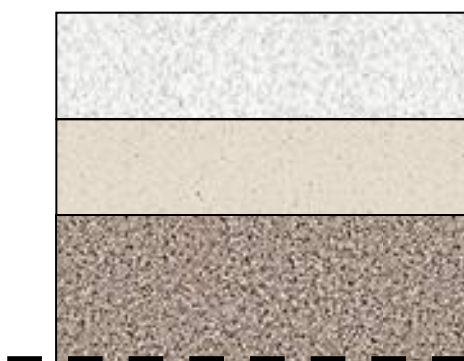
- únosnosť podložia:

Na základe laboratórnej skúšky pevnosti zeminy CBR pri návrhových podmienkach možno uvažovať modul pružnosti $E_p = 90$ MPa a predpokladaný vodný režim na väčšine územia klasifikovať ako difúzny.

Návrh konštrukcie vozovky:

Skladba konštrukcie vozovky:

- cementobetónový kryt	CB I	260 mm
- cementom stmelená zrnitá zmes	CBGM C _{5/6}	220 mm
- štrkodrvina fr. 0-32 ŠD min. 31,5 G _p	ŠD	320 mm
	spolu	800 mm



CB I 260 mm; STN 73 6123

CBGM C_{5/6}; 220 mm; STN 73 6124-1

ŠD; min. 320 mm; STN 73 6126

$E_p = 90$ MPa

Geometrické rozmery:

- šírka dosiek = 4,25 m
- dĺžka dosiek = 5,0 m

Návrh výstužných prvkov:

- priečne škáry - priemer klzného trňa 30 mm v osovej vzdialenosti 250 mm
- pozdĺžna hrana – priemer kotvy 16 mm v počte 5 ks na dĺžku dosky

Postup výpočtu:**Výpočet dopravného zaťaženia:**

Koeficienty rastu dopravy, ktoré vychádzali z [T2] boli stanovené pre rok 2018 hodnotou 1,263 a pre rok 2048 hodnotou 2,14.

Celkový počet návrhových náprav za návrhové obdobie pre dimenzačné miesto je nasledovné:

- priemerný počet nákladných vozidiel za 24 hodín v oboch smeroch diaľnice:

$$NV_p = 0,5 (\delta_z + \delta_k) \cdot NV \quad (1)$$

$$NV_p = 0,5 (7772 + 13\,170) = 10\,471 \text{ NA/24 h v oboch smeroch}$$

- redukovaný počet nákladných vozidiel v jednom smere, ktorý sa vzťahuje na dimenzovaný pruh cementobetónových dosiek:

$$NV_{red} = B1 \cdot B2 \cdot B3 \cdot B4 \cdot NV_p \quad (2)$$

$$NV_{red} = 0,5 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 10\,471 = 4\,006 \text{ NA/24 h v jednom smere pre priečnu hranu}$$

$$NV_{red} = 0,5 \cdot 0,9 \cdot 0,10 \cdot 1,0 \cdot 10\,471 = 472 \text{ NA/24 h v jednom smere pre pozdĺžnu hranu}$$

kde:

B1 je súčiniteľ prevodu dopravného zaťaženia na jeden smer = 0,5

B2 súčiniteľ prevodu vyjadrujúci pravdepodobnosť prejazdov dimenzovaným pruhom CB dosiek

- v prípade viac pruhov jedným smerom – diaľnice = 0,9

B3 súčiniteľ vyjadrujúci pravdepodobnosť prejazdov nákladných vozidiel „dimenzačným“ miestom na CB doske

- pre priečnu hranu - ak je šírka CB dosky viac ako 3,5 m = 0,85
- pre pozdĺžnu hranu - ak je šírka CB dosky viac ako 3,5 m = 0,10

B4 súčiniteľ vyjadrujúci podmienky zaťažovania
- pre štandardné podmienky = 1,0

- celkový počet nákladných vozidiel, ktorý sa berie pre dimenzované miesto CB dosiek za celé návrhové obdobie:

$$NV_c = NV_{red} \cdot 365 \cdot n_o \quad (3)$$

$$NV_c = 4\,006 \cdot 365 \cdot 30 = 43,87 \cdot 10^6 \text{ NA / návrhové obdobie pre priečnu hranu}$$

$$NV_c = 472 \cdot 365 \cdot 30 = 5,17 \cdot 10^6 \text{ NA / návrhové obdobie pre pozdĺžnu hranu}$$

- celkový počet návrhových náprav (s parametrom $2P = 100 \text{ kN}$) s ekvivalentným účinkom prejazdu nákladných vozidiel rôznych typov

$$N_c = B5 \cdot NV_c \quad (4)$$

$$N_c = 1,273 \cdot 43,87 \cdot 10^6 = 55,85 \cdot 10^6 \text{ návrh. náprav/návrhové obdobie pre priečnu hranu}$$

$$N_c = 1,273 \cdot 5,17 \cdot 10^6 = 7,10 \cdot 10^6 \text{ návrh. náprav/návrhové obdobie pre pozdĺžnu hranu}$$

kde:

B5 je súčiniteľ prevodu účinkov rôznych typov nákladných vozidiel v dopravnom prúde je rovné 1,273.

N_c - pre priečnu hranu = $55,85 \cdot 10^6$ návrhových náprav/ návrhové obdobie

N_c - pre pozdĺžnu hranu = $7,10 \cdot 10^6$ návrhových náprav/ návrhové obdobie

Klimatické podmienky:

V danej lokalite je možné uvažovať podľa STN 73 6114 priemernú ročnú teplotu vzduchu $T_{m,r} = 8,0 \text{ °C}$.

Návrhové hodnoty teplotných rozdielov horného a spodného povrchu CB dosiek vo vzťahu k priemernej ročnej teplote vzduchu s uvážením hrúbky dosky sú nasledovné:

- pre kladný teplotný rozdiel:

$$+ \Delta T_n = 12,440 - 0,6 T_{m,r} + 0,028 h_B \quad (6)$$

$$+ \Delta T_n = 12,440 - 0,6 \cdot 8,0 + 0,028 \cdot 260 = 14,92 \text{ °C}$$

- pre záporný teplotný rozdiel:

$$\begin{aligned} - \Delta T_n &= 6,214 - 0,3 T_{m,r} + 0,0113 h_B \\ - \Delta T_n &= 6,214 - 0,3 \cdot 8,0 + 0,0113 \cdot 260 = 6,75 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned} \quad (7)$$

kde:

T_{mr} je priemerná ročná teplota vzduchu = 8,0 °C,
 h_B hrúbka cementobetónovej dosky = 260 mm.

Výpočet únosnosti podkladového systému:

Parametrom únosnosti podložia vo viacvrstvovom pružnom polpriestore je modul pružnosti E (MPa). Požadovaná únosnosť podložia je $E_p = 90$ MPa.

Návrhový modul reakcie podkladového systému k (MN.m^{-3}) je vypočítaný použitím riešenia viacvrstvého pružného polpriestoru – program LAYMED. Priehyb na povrchu podkladového systému pre kruhovú zaťažovaciu plochu s polomerom $r = 0,4$ m a kontaktný tlak $p = 0,1$ MPa je 0,000327 m.

Modul reakcie podkladového systému:

$$\begin{aligned} k &= 1,274 \cdot \frac{p}{y_L} \\ k &= 1,274 \cdot 0,1 / 0,000327 = 389 \text{ MN.m}^{-3} \end{aligned} \quad (40)$$

Výpočet napätí v CB doske:

Pre posúdenie návrhu konštrukcie vozovky je potrebné poznať napätia (v ťahu pri ohybe na spodku CB dosky), ktoré vyvodí zaťaženie návrhovou nápravou $2P = 100$ kN a prípustnou nápravou s účinkom $2P = 115$ kN. Výpočet napätí možno urobiť pomocou upravených vzorcov Westergaarda, pomocou vplyvových plôch Picketta a Ray alebo riešením viacvrstevnatého systému pomocou programu LAYMED (Príloha 7). Okrem napätí od zaťaženia treba poznať aj napätia od teplotného rozdielu na hornom a spodnom povrchu CB dosiek (Príloha 7 týchto TP).

Posúdenie návrhu konštrukcie vozovky:

1. Ochrana vozovky proti účinkom premrzania:

$$R_V \geq R_{V,potr} \quad (12)$$

- tepelný odpor vozovky R_V sa vyráta z rovnice:

$$R_V = \sum \frac{h_i}{\lambda_i} = \frac{0,260}{2,55} + \frac{0,220}{2,15} + \frac{0,320}{2,00} = 0,364 \text{ m}^2\text{KW}^{-1} \quad (13)$$

- potrebný tepelný odpor vozovky pre hlinitú zeminu, difúzny vodný režim a návrhový index mrazu $I_{m,n} = 600$ °C, deň odčítame z tabuľky v Prílohe 6 týchto TP.
-

$$R_{V,potr} = 0,303 \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$$

$$0,364 > 0,303 \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$$

Podmienka je splnená a konštrukcia vozovky vyhovuje z hľadiska ochrany proti účinkom premrzania.

2. Posúdenie návrhu konštrukcie z hľadiska napätí od jednorazového zaťaženia:

$$\frac{R_{i,n}}{\sigma_{\max,j}} \geq \xi_i \quad (15)$$

kde:

$\sigma_{\max,j}$ je maximálne výsledné napätie v CB doske ktoré je súčtom napätia od jednorazového zaťaženia pre parametre nápravy 2P = 115 kN a napätia od teplotného rozdielu ΔT_n .

$$\sigma_{\max,j} = \sigma_{x,y} + \sigma_{T,\max} \quad (16)$$

Miesto pôsobenia	Napätie vypočítané pomocou...[MPa]		
	Westergaarda		programu LAYMED
	zaťaženie	teplota	zaťaženie
$\sigma_{\max,po}$	1,264	2,659	1,181

$R_{i,n}$ výpočtová pevnosť betónu v ťahu pri ohybe, $R_{i,n} = 5,0$ MPa,
 ξ_i súčiniteľ spoľahlivosti, pre vozovky skupiny I je $\xi_i = 1,10$.

S využitím výsledku výpočtu napätia podľa Westergaarda:

$$\frac{5,0}{3,923} = 1,27 > 1,10$$

S využitím výsledku výpočtu napätia podľa Laymedu:

$$\frac{5,0}{3,840} = 1,30 > 1,10$$

Podmienka je splnená a konštrukcia vozovky vyhovuje z hľadiska napätí od jednorazového zaťaženia.

3. Posúdenie návrhu konštrukcie z hľadiska napätí od opakovaného zaťaženia:

$$\sigma_{\max,o} \cdot n_s \cdot \omega \leq R_{i,n} \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \quad (17)$$

kde:

$\sigma_{\max,o}$ je maximálne napätie v CB doske od štandardného zaťaženia pre parametre nápravy 2P = 100 kN.

Miesto	Napätie vypočítané pomocou...[MPa]	
	Westergaarda	programu LAYMED
$\sigma_{\max,pr}$	1,110	1,041

n_s súčiniteľ spolupôsobenia dosiek na ich stykoch
 - na priečnej vystuženej škáre je $n_s = 0,75$

ω poddajnosť (tuhosť) podkladu s hodnotami:
 - pre nepoddajný (tuhý, polotuhý) podklad 1,00

m_1 súčiniteľ vyjadrujúci nárast pevnosti betónu v ťahu pri ohybe, ktorý sa uvažuje len v prípade posudzovania vozovky po 90 dňoch a 1 roku

m_2 súčiniteľ vyjadrujúci vplyv opakovaného zaťaženia podľa vzťahov:
 pre $N \geq 1 \cdot 10^7 \rightarrow 1 - 0,078 \log N$
 - pre priečnu hranu $m_2 = 0,396$

m_3 súčiniteľ vyjadrujúci redukciu pevnosti vplyvom teplotného spádu v CB doske a súčasného opakovaného zaťaženia

$$m_3 = 1 - \frac{\sigma_{T,n}}{R_{i,k} \cdot m_1^+ \cdot m_2^+} \quad (20)$$

$\sigma_{T,n}$ je napätie od rozdielu teploty, ktoré sa berie hodnotou $0,3 \sigma_{T,x} (\sigma_{T,y})$

$$\sigma_{T,n} = 0,3 \cdot 2,659 = 0,798 \text{ MPa} \quad (41)$$

$R_{i,k}$ charakteristická pevnosť betónu po 28 dňoch, $R_{i,k} = 4,5 \text{ MPa}$,
 m_2^+ súčiniteľ vyjadrujúci vplyv opakovaného zaťaženia, $m_2^+ = m_2$

potom pre priečnu hranu $m_3 = 0,552$

Výsledky posúdenia sú :

- podľa Westergaarda: $1,110 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \leq 5,0 \cdot 1,0 \cdot 0,396 \cdot 0,552$
 $0,832 < 1,093$
- podľa programu LAYMED: $1,041 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \leq 5,0 \cdot 1,0 \cdot 0,396 \cdot 0,552$
 $0,781 < 1,093$

Podmienka je splnená a konštrukcia vozovky vyhovuje z hľadiska napätí od opakovaného zaťaženia.

Záver:

Výpočty a posúdenie návrhu konštrukcie vozovky s cementobetónovým krytom preukázali, že návrhovému dopravnému zaťaženiu pre návrhové obdobie s predpokladanými vlastnosťami podkladového systému daná konštrukcia vozovky vyhovuje.

PRÍKLAD č.2**Zadanie:**

Navrhnete a posúďte konštrukciu vozovky s CB krytom na diaľnici D1.

Vstupné údaje:**- klimatické podmienky:**

Priemerná ročná teplota vzduchu je 8,0 °C.

- únosnosť podložia:

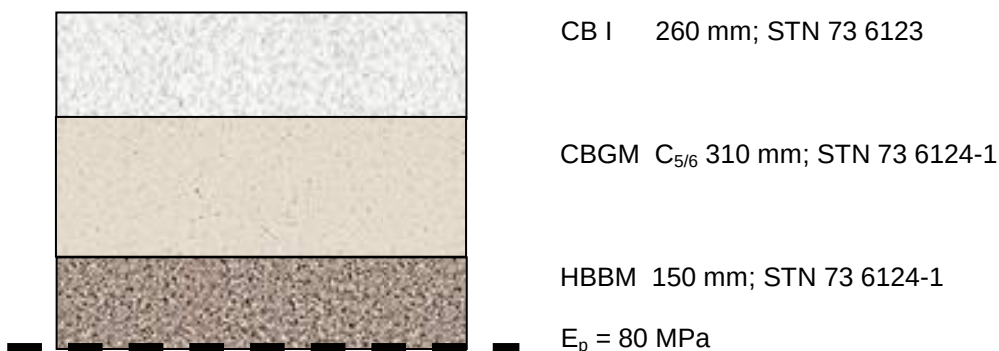
Na základe laboratórnej skúšky pevnosti zeminy CBR pri návrhových podmienkach možno uvažovať modul pružnosti $E_p = 80$ MPa a predpokladaný vodný režim na väčšine územia klasifikovať ako difúzny.

Návrh konštrukcie vozovky:

Skladba konštrukcie vozovky:

- cementobetónový kryt	CB I	240 mm
- cementom stmelená zrnitá zmes	CBGM C _{5/6}	310 mm
- zmes stmelená hydraulickým cestným spojivom	HBBM	150 mm

	spolu	700 mm



Geometrické rozmery:

- šírka dosiek = 4,0 m,
- dĺžka dosiek = 5,0 m.

Návrh výstužných prvkov:

- priečne škáry - priemer klzného trňa 30 mm v osovej vzdialenosti 250 mm,
- pozdĺžna hrana – priemer kotvy 16 mm v počte 5 ks na dĺžku dosky.

Výpočet napätí a priehybov v CB doske pomocou metódy konečných prvkov – SCIA NEXIS-SOILIN:

Teoretické deformácie dosky sú počítané pomocou metódy konečných prvkov programom SCIA NEXIS 32. V prípade tohto programu je pre modelovanie CB dosky použitý Mindlinov model, ktorý na rozdiel od Kirchhoffovho modelu zahŕňa aj deformácie spôsobené šmykovými silami. Podklad pod CB doskou je modelovaný podľa PASTERNAKA dvoma koeficientmi C1 a C2. Výpočet týchto koeficientov vykonáva SOILIN na základe materiálových charakteristík podkladových vrstiev a podkladovej zeminy.

Dôležitým prvkom matematického modelu CB dosky so škárami je modelovanie priečných i pozdĺžnych škár. Spočíva vo vytvorení kĺbovej škáry medzi doskami - na požadovanú hodnotu spolupôsobenia medzi doskami a modelovanie podkladových vrstiev a podložia.

Vstupné údaje pre výpočet:

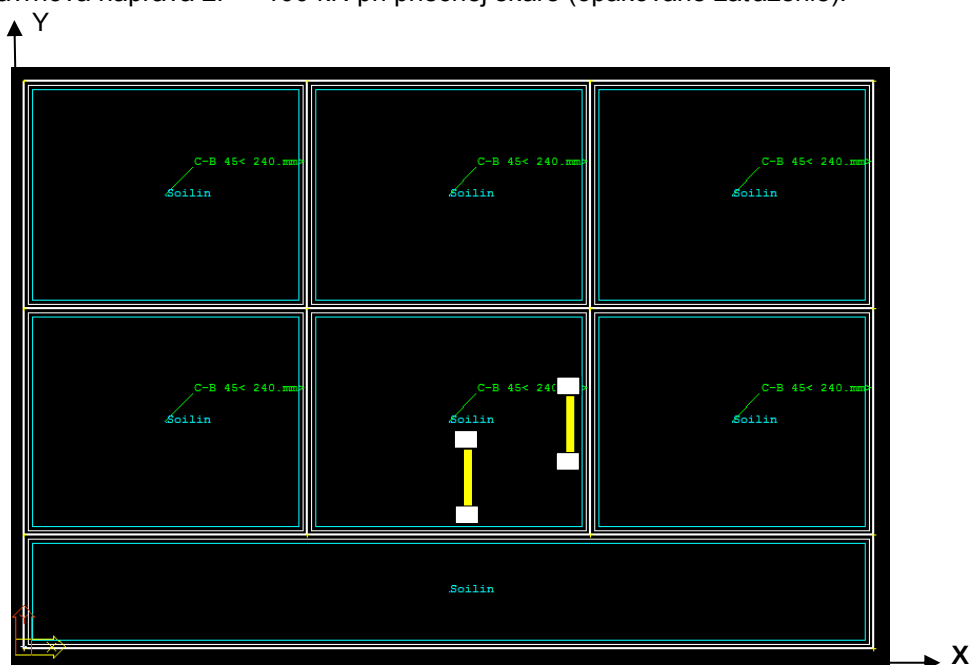
- rozmery dosiek a šírka krajnice,
- hrúbka CB dosiek a podkladových vrstiev vrátane kategórie cementového betónu a materiálových charakteristík podkladových vrstiev a podložia (E , μ),
- priemerná denná teplota v danom regióne,
- zaťaženie: buď návrhová náprava pre vozovky diaľnic a ciest, alebo reálne zaťaženie na špeciálnych plochách (odstavné plochy, kontajnerové prekladiská, parkoviská nákladných áut, autobusová stáčia a pod.),
- vystuženie pozdĺžnych a priečných škár (kotvy, klzné trne),
- návrhový počet prejazdov.

Výstupy:

- priehyby (deformácia) na spodku CB dosky (priečna a pozdĺžna hrana, prípadne roh dosky),
- napätie na spodku CB dosky (priečna a pozdĺžna hrana, prípadne roh dosky).

Umiestnenie zaťaženie:

- návrhová náprava $2P = 115$ kN pri voľnej pozdĺžnej hrane (jednorazové zaťaženie),
- návrhová náprava $2P = 100$ kN pri priečnej škáre (opakované zaťaženie).



Vypočítané maximálne hodnoty priehybov a napätia na spodku CB dosky od zaťaženia umiestneného na doske zdeformovanej záporným teplotným spádom a vlastnou váhou. Pri výpočte deformácií pre zaťaženie na pozdĺžnej hrane (jednorazové zaťaženie) je krivosť dosky vypočítaná pre maximálnu hodnotu rozdielov teplôt na vrchu a spodku dosky v danom regióne. Pri výpočte deformácií na priečnej škáre (opakované zaťaženie) je hodnota zakrivenia dosky vypočítaná pre maximálnu hodnotu rozdielu teplôt na vrchu a spodku dosky redukovaná súčiniteľom 0,3.

Nejde o klasické riešenie podľa Westergaarda – t.j. súčet napätia od zaťaženia a napätia od teplotného spádu s vlastnou váhou.

Umiestnenie zaťaženia	Napätie a deformácie	Maximálna hodnota deformácie
priečna škára	σ_x (MPa)	-0,646
	σ_y (MPa)	-1,420
	y (mm)	-0,398
pozdĺžna škára	σ_x (MPa)	-2,180
	σ_y (MPa)	-0,312
	y (mm)	-0,420

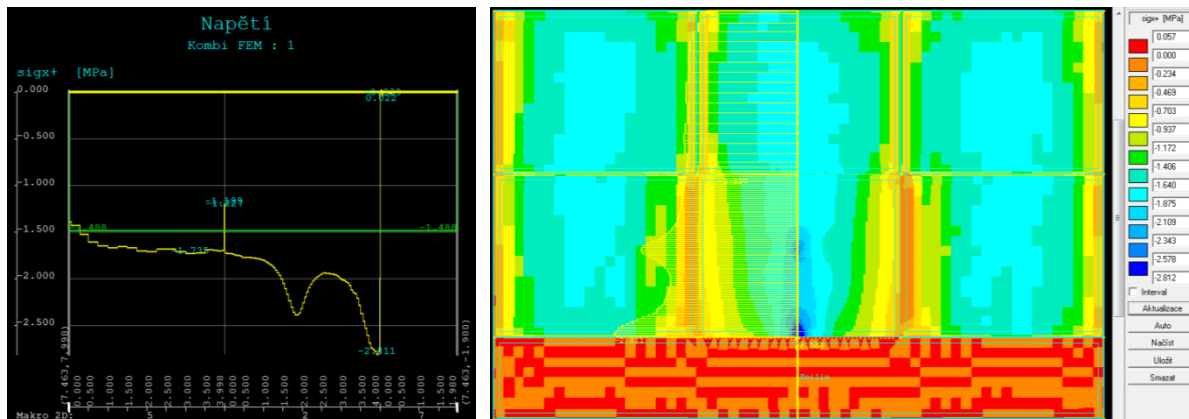
Posúdenie konštrukcie z hľadiska napätí od opakovaného zaťaženia

- Výpočtová pevnosť cementového betónu v ťahu pri ohybe sa uvažuje pre kvalitatívnu skupinu I po 90-tich dňoch 5 MPa.
- Pre počet prejazdov 5 miliónov bol únavový súčiniteľ odvodený z grafu AASHTO/PCA rovný 0,47.
- Korekcia výpočtovej pevnosti:
 $R = 5 \text{ MPa} \times 0,47 = 2,35 \text{ MPa}$
- Maximálne napätie od opakovaného zaťaženia podľa metódy NEXIS je:
 $\sigma_{\max} = 1,420 \text{ MPa}$
- Kritérium na posúdenie životnosti je $\sigma_{\max} < R$:
 $1,420 \text{ MPa} < 2,350 \text{ MPa}$; návrh konštrukcie vyhovuje.

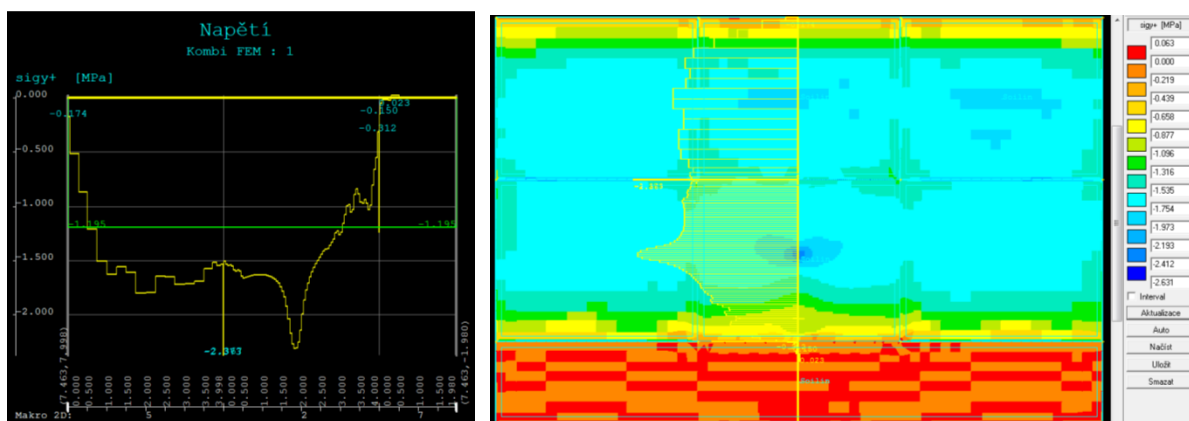
Grafické zobrazenie priebehov deformácií vo forme izopásiem a rezom, vedenom maximálnou hodnotou deformácie

Zaťaženie umiestnené na pozdĺžnej hrane

Napätie σ_x



Napätie σ_y



Priehyb y

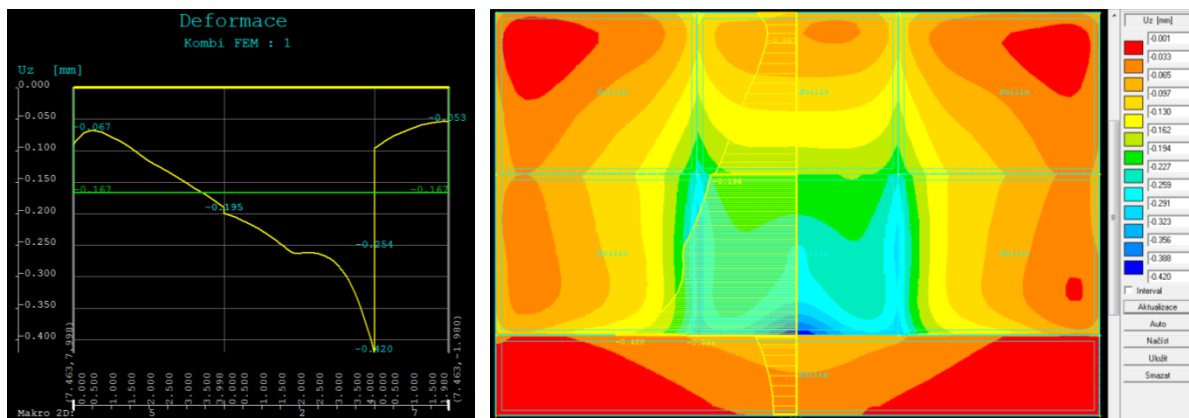


Figure 10 displays the results of the finite element analysis (FEA) for the tensile test of the 2024-T3 aluminum specimen. The left plot shows the stress distribution (sigx) in MPa along the length of the specimen, with a color-coded stress field overlaid. The right plot shows the stress distribution (sigy) in MPa along the width of the specimen, also with a color-coded stress field overlaid. Both plots show a high stress concentration at the notch.

The left screenshot displays a line graph titled "Deformace" (Deformation) and "Kombi FEM : 4". The y-axis is labeled "Uz [mm]" and ranges from 0.000 to -0.350. The x-axis is labeled "Makro ID" and ranges from 1 to 14. A yellow curve represents the deformation profile, with a green horizontal line at approximately -0.182 mm. Key data points on the curve are labeled: -0.073, -0.182, -0.200, -0.218, -0.382, -0.396, and -0.049.

The right screenshot shows a 2D stress contour plot of a mechanical part. The plot uses a color scale to represent stress values, ranging from 0.000 (yellow) to 0.398 (dark blue). The plot is divided into several regions, with labels such as 0.0114, 0.0111, 0.0114, 0.0123, 0.154, 0.184, 0.215, 0.245, 0.276, 0.307, 0.337, 0.368, and 0.398. A legend on the right side of the plot indicates the color scale and provides a list of intervals: 0.000, 0.031, 0.062, 0.092, 0.123, 0.154, 0.184, 0.215, 0.245, 0.276, 0.307, 0.337, 0.368, and 0.398. The legend also includes a section for "Interval" and "Aktualizace" (Actualization) with options: Auto, Načíst (Load), Uložit (Save), and Smazat (Delete).

PRÍLOHA 9 Kontinuálne vystužená cementobetónová doska SPOVYCED

Tuhá konštrukcia vozovky s kontinuálne vystuženou CB doskou je charakteristická tým, že obsahuje pozdĺžnu výstuž a nemá kontrakčné a dilatačné škáry okrem tých, ktoré vznikli na konci pracovného cyklu, pri mostných záveroch alebo pri prechode na iný typ vozovky.

Základom SPOVYCEDu je, že sa vznik priečnych trhlín neusmerňuje rezaním škár, ako je to pri CB doske z prostého betónu, ale reguluje sa pozdĺžnou výstužou vo vzájomnej vzdialenosti (0,8 m až 3,0 m), ktoré zabezpečia minimálnu šírku trhliny ($\leq 0,3$ mm).

Dimenzačným miestom pri posúdení z hľadiska únavy je priečna mikrotrhlina. Deformácia dosky v mieste priečnej mikrotrhliny sú ako v strede dosky nevystuženého krytu. Odporučeným dimenzačným modelom sa stáva stred nevystuženej dosky. Požadovaná hrúbka kontinuálne vystuženej dosky sa rovná vypočítanej hrúbke nevystuženej dosky zníženej o 10 %.

Vstupné údaje pre návrh:

- hrúbka dosky
 - odporúčaná hrúbka dosky vychádza z empirických poznatkov a z teoretických výpočtov. Napr. vo Francúzsku sa odporúča hrúbka dosky 170 mm - 200 mm na podkladovej vrstve drenážneho betónu alebo na medzivrstve z asfaltového betónu 180 mm - 250 mm v závislosti na kvalite podložia a triedy dopravného zaťaženia.
- priemer a množstvo pozdĺžnej výstuže (stupeň vystuženia),
 - výpočet podľa Vettera:

$$p_a = (1,3 - 0,2f) \frac{\sigma_{bt}}{0,75\sigma_{ae} - n\sigma_{bt}} \times 100 \quad (\%) \quad (42)$$

kde:

p_a je percento vystuženia na 1 m šírky dosky (%),

f koeficient trenia dosky po podloží (-),

σ_{bt} pevnosť betónu v ťahu (MPa),

σ_{ae} medza pružnosti ocele (MPa),

n koeficient.

$$n = \left(\frac{E_{ocel}}{E_{beton}} \right) \quad (43)$$

- výpočet podľa francúzskej normy:

$$p_a = 0,67(f_{ct} / 3,3) \quad (44)$$

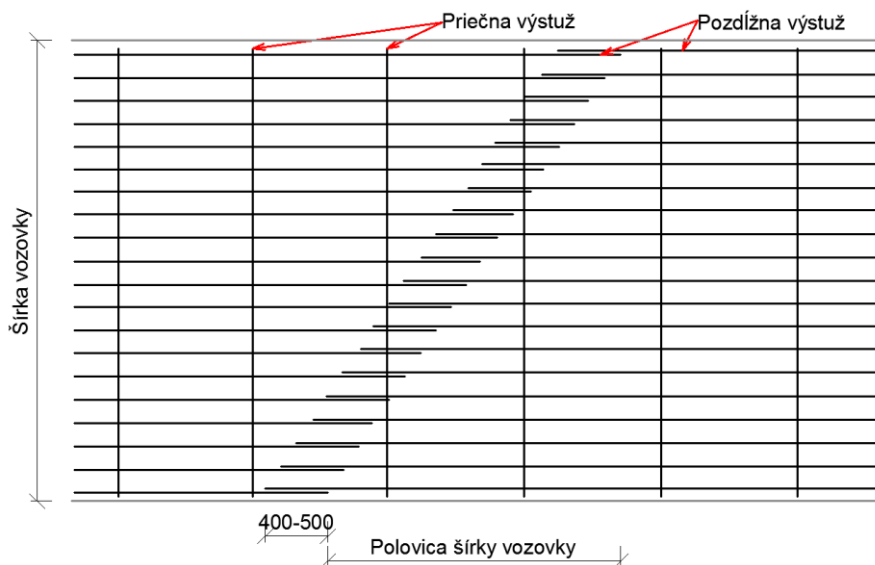
kde:

p_a je percento vystuženia na 1 m šírky dosky (%),

f_{ct} pevnosť betónu v ťahu (MPa).

Odporúčané procento vyztuženia se berie 0,6 % - 0,8 %.

- **hĺbka uloženia pozdĺžnej výstuže**
 - výstuž sa umiestňuje medzi 1/3 a 1/2 hrúbky dosky, pričom treba dodržať minimálne krytie 60 mm.

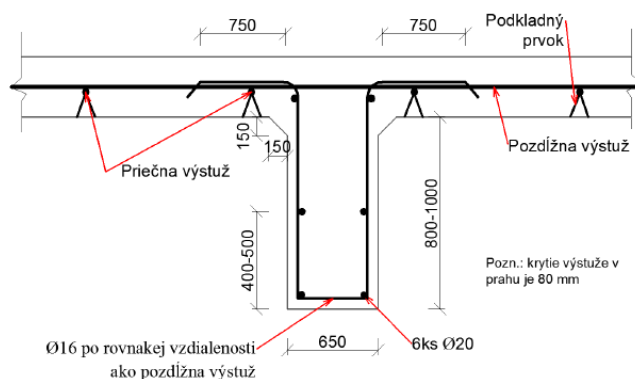
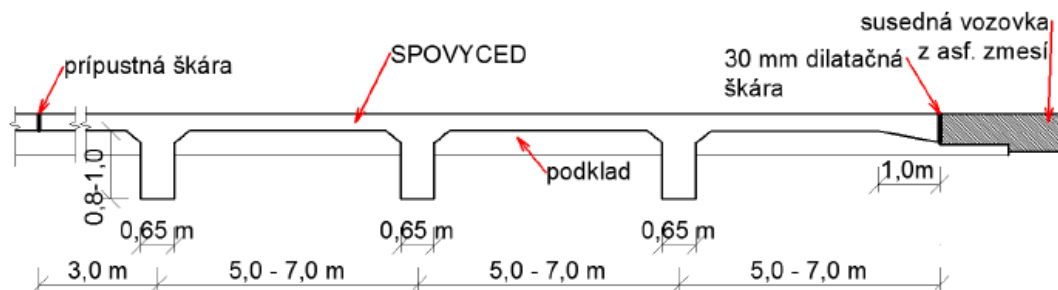


Obrázok P.9.1 Návrh pozdĺžnej výstuže

- **ukončenie, dilatácia**

Voľné konce SPOVYCED dilatujú v dôsledku teplotných zmien. Pohyb koncov SPOVYCED možno riešiť tromi systémami:

- dilatačné škáry (klasické alebo typ mostných uzáverov),
- škáry s oceľovými širokopásnicovými nosníkmi, zakotvenými do silne vystuženej podkladovej dosky,
- kotevné prahy.



Obrázok P.9.2 Schémy kotevných prahov

Príklad návrhu konštrukcie vozovky:

Zadanie konštrukcie vozovky:

Vrstva	Hrúbka h (mm)	Modul pružnosti E (MPa)	Poissonovo číslo μ
CB doska	220	37 500	0,20
AC - asfaltová medzivrstva	40	4 200	0,30
CBGM C _{8/10}	160	4 500	0,22
ŠD	160	350	0,30
podložie	-	60	0,40

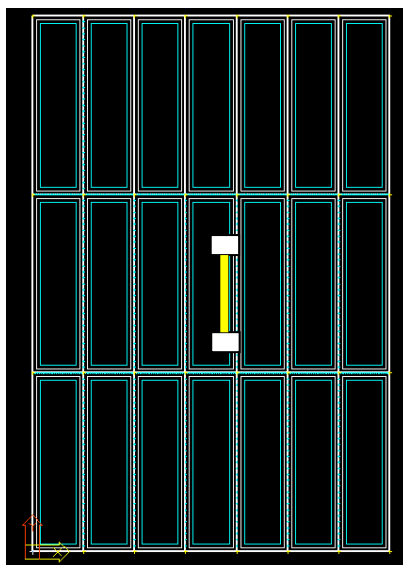
Umiestnenie zaťaženia:

- návrhová náprava 2P = 100 kN v blízkosti priečnej mikrotrhliny.

Priemerná ročná teplota vzduchu: 8 °C.

Výpočet napätí a deformácií bol urobený pomocou metódy konečných prvkov a to programom SCIA NEXIS-SOILIN.

Pôdorysný model zahŕňa 21 dosiek usporiadaných do troch pruhov širokých 3,5 m. Mikrotrhlina v jednotlivých jazdných pruhoch sú modelované kĺbmi vo vzdialenostiach 1,0 m. Kĺby majú vysoké hodnoty prenosu deformácií - tým sú modelované vplyvy pozdĺžnej výstuže na správanie sa cementobetónovej dosky v miestach mikrotrhlín.



Obrázok P.9.3 Schéma modelu výpočtu - návrhovej nápravy umiestnená v blízkosti priečnej mikrotrhliny

Vypočítané maximálne hodnoty priehybov a napätí na spodku CB dosky od zaťaženia umiestneného na doske zdeformovanej záporným teplotným spádom a hmotnosťou sú v tabuľke 9.1. Vo výpočte deformácií je hodnota zakrivenia dosky vypočítaná pre maximálnu hodnotu rozdielu teplôt na povrchu a spodku CB dosky redukovaná súčiniteľom 0,3.

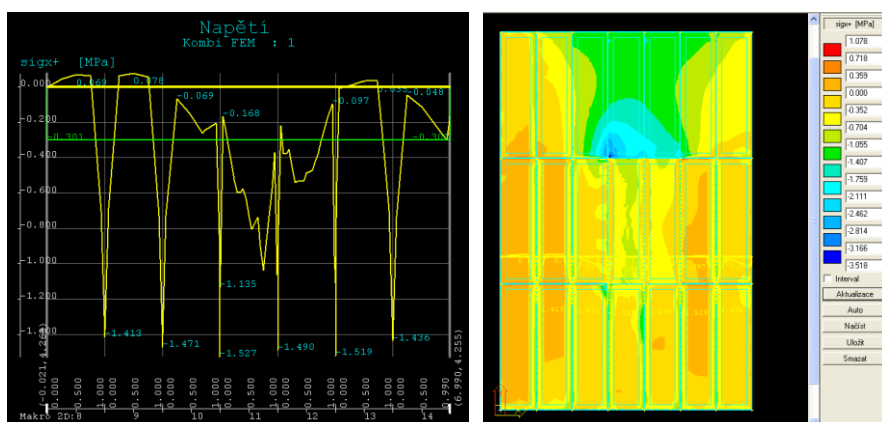
Tabuľka 9.1 Napätia a deformácie v CB doske

Umiestnenie zaťaženia	Napätie a deformácie	Maximálna hodnota deformácie
priečna mikrotrhlina	σ_x (MPa)	-1,527
	σ_y (MPa)	-2,293
	y (mm)	-0,031

Posúdenie konštrukcie z hľadiska napätí od opakovaného zaťaženia

- Výpočtová pevnosť cementového betónu v ťahu pri ohybe pre kvalitatívnu skupinu I po 90-tich dňoch je 5 MPa.
- Pre počet prejazdov návrhových náprav 5 miliónov bol odvodený únavový súčiniteľ z grafu AASHTO/PCA rovný 0,47.
- Korekcia výpočtovej pevnosti je:
 $R = 5 \text{ MPa} \times 0,47 = 2,35 \text{ MPa}$
- Maximálne napätie stanovené metódou NEXIS je:
 $\sigma_{\max} = 2,293 \text{ MPa}$.
- Pre posúdenie návrhu dosky na životnosť platí kritérium $\sigma_{\max} < R$:
 $2,293 \text{ MPa} < 2,350 \text{ MPa}$; návrh konštrukcie vyhovuje.

Napätie σ_x



The figure consists of two plots. The left plot, titled 'Deformation Kombi FEM : 1', shows the deformation curve (Uz [mm]) versus position (x [mm]). The curve starts at 0 mm at x=0, rises to a peak of approximately 1.593 mm at x=100 mm, and then decreases to 0 mm at x=1400 mm. The right plot shows the stress distribution (sigma_xx [MPa]) along the beam length. The stress is highest at the left end (x=0) and decreases towards the right end (x=1400 mm). The stress distribution is color-coded, with red indicating high stress and blue indicating low stress.

Obrázok P.9.4 Umiestnenie návrhovej nápravy vo výpočte v blízkosti priečnej mikrotrhliny