



# TP 170

Technické podmínky

Ministerstvo dopravy

## **NAVRHOVÁNÍ VOZOVEK POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ**

únor 2024





Schváleno Ministerstvem dopravy, Odborem pozemních komunikací pod č. j.: MD-6956/2024-940/2 ze dne 28. 2. 2024 s **účinností od 1. 3. 2024** se současným zrušením TP 170 schválených Ministerstvem dopravy, Odborem pozemních komunikací pod č. j.: 517/04-120-RS/1 ze dne 23. 11. 2004 s účinností od 1. 12. 2004 a TP 170, dodatek č.1 schválené Ministerstvem dopravy, Odborem silniční infrastruktury pod č. j. 682/10-910-IPK/1 ze dne 12. 8. 2010 s účinností od 1. 9. 2010.

**Pro stavby, pro které byly zahájeny práce na projektové dokumentaci pro provádění stavby (PDPS) a/nebo mají vydané stavební povolení (či společné povolení) před účinností tohoto předpisu, se postupuje dle TP 170 účinných od 1.9. 2010 včetně dodatku č. 1.**

Tento dokument se shoduje se schválenou verzí.

**Distribuce pouze v elektronické podobě na webu pjpk.cz.**

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>4</b>
1.1	Předmět technických podmínek .....	4
1.2	Změny oproti předchozí verzi .....	4
1.3	Související právní předpisy.....	4
1.4	Související technické normy.....	5
1.5	Související technické předpisy Ministerstva dopravy .....	6
1.6	Související zahraniční předpisy .....	6
1.7	Termíny a definice.....	7
1.8	Zkratky.....	9
<b>2</b>	<b>PRINCIP A ZPŮSOBY NÁVRHU .....</b>	<b>12</b>
2.1	Všeobecně.....	12
2.2	Návrh výběrem z katalogu vozovek .....	12
2.3	Návrh a posouzení výpočtem.....	12
<b>3</b>	<b>PODKLADY PRO NÁVRH VOZOVKY .....</b>	<b>14</b>
3.1	Návrhová úroveň porušení .....	14
3.2	Dopravní zatížení.....	15
3.2.1	Postup .....	16
3.2.2	Třídy dopravního zatížení .....	18
3.3	Návrhové parametry podloží vozovky .....	19
3.3.1	Všeobecně.....	19
3.3.2	Postup pro stanovení návrhových parametrů podloží vozovky .....	20
3.3.3	Úprava nebo výměna zemin v podloží.....	21
3.4	Klimatické podmínky .....	23
3.4.1	Vliv teplotních změn .....	23
3.4.2	Vliv působení mrazu a vody .....	23
<b>4</b>	<b>NÁVRH VÝBĚREM Z KATALOGU VOZOVEK .....</b>	<b>23</b>
4.1	Použití.....	23
4.2	Katalogové listy .....	24
<b>5</b>	<b>NÁVRH A POSOUZENÍ VÝPOČTEM .....</b>	<b>25</b>
5.1	Konstrukční požadavky .....	25
5.1.1	Zemní plán .....	25
5.1.2	Konstrukční vrstvy vozovky.....	25
5.1.3	Podkladní vrstvy.....	26
5.1.4	Kryty vozovek.....	29
5.2	Návrhové parametry konstrukčních vrstev.....	32
5.3	Postup posouzení vozovky výpočtem .....	35
5.4	Etapová výstavba .....	36
5.4.1	Všeobecně.....	36
5.4.2	Postup .....	37
5.5	Zvláštní případy.....	37

5.5.1	Vozovky s velmi nízkým dopravním zatížením.....	37
5.5.2	Extrémně namáhané konstrukce .....	38
5.5.3	Opravy vozovek.....	38
5.6	Posouzení odolnosti proti promrzání podloží .....	38
5.6.1	Obecné zásady .....	38
5.6.2	Vodní režim podloží .....	39
5.6.3	Charakteristická hodnota indexu mrazu $Im_k$ .....	40
5.6.4	Návrhová hodnota indexu mrazu $Im_d$ .....	41
5.6.5	Minimální tloušťky vozovky .....	42
<b>6</b>	<b>ZAMĚNITELNOST NĚKTERÝCH VRSTEV .....</b>	<b>45</b>
6.1	Zaměnitelnost pro usnadnění využívání místních materiálů a recyklátů .....	45
6.2	Zaměnitelnost pro alternativní řešení některých katalogových vozovek .....	46
<b>7</b>	<b>PŘÍKLADY .....</b>	<b>47</b>
7.1	Návrh výběrem z katalogu vozovek .....	47
7.1.1	Příklad 1 .....	47
7.1.2	Příklad 2 .....	48
7.2	Návrh a posouzení vozovky výpočtem.....	49
7.2.1	Příklad 3 .....	49
7.2.2	Příklad 4 .....	50
7.2.3	Příklad 5 .....	51
<b>PŘÍLOHA 1 – Katalogové listy .....</b>		<b>55</b>
<b>PŘÍLOHA 2 – Analytický model posuzování vozovek .....</b>		<b>68</b>

# 1 Úvod

## 1.1 Předmět technických podmínek

Technické podmínky (dále jen TP) platí pro navrhování konstrukcí vozovek pozemních komunikací a jiných dopravních ploch (dále jen vozovek). Lze je použít i pro posouzení již provozovaných vozovek a v návaznosti na TP 87 pro posouzení vozovek po jejich opravě.

TP navazují na ČSN 73 6120 až ČSN 73 6131 Stavba vozovek, ČSN 73 6133, na související normy a Technické podmínky, Technické kvalitativní podmínky a další technické předpisy Ministerstva dopravy pro stavby pozemních komunikací.

Pokud jsou v textu TP 170 uvedeny názvy a odkazy na legislativní dokumenty, ČSN, technické předpisy Ministerstva dopravy, případně jiné dokumenty, je uvedeno jejich základní označení s tím, že pro ně obecně platí dovětek „v platném znění“.

Poznámka: Pro uživatele těchto TP je připraven SW nástroj v podobě webové aplikace pro ověření návrhu vozovky výpočtem (dále jen „ELaS“). ELaS je volně dostupný na webu [pjpk.rsd.cz](http://pjpk.rsd.cz).

## 1.2 Změny oproti předchozí verzi

Celý předpis je zpracován do jednoho dokumentu. Pro lepší přehlednost jsou praktické postupy návrhu a posouzení vozovky odděleny od teoretické části, která je obsažena v příloze. Součástí předpisu zůstává aktualizovaný katalog vozovek. Dosavadní principy návrhové metody postavené na analytickém vyhodnocení opakovaného namáhání konstrukce vozovky a jejího podloží zůstávají zachovány.

Odvození dopravního zatížení je zpracováno tak, aby převodní koeficienty pro různé typy vozidel odpovídaly současné skladbě dopravního proudu a zcela transparentně představovaly přepočtení projíždějících vozidel na návrhovou nápravu. Třídy dopravního zatížení se vyjadřují přímo celkovým počtem návrhových náprav za celé návrhové období. Dosavadní výstup ze sčítání dopravy vyjádřený denní intenzitou přejezdů těžkých nákladních vozidel (TNV) zůstává zachován. Aby to bylo možné, podoba TNV dostala svoji jasnou definici.

Pro stanovení návrhových parametrů podloží je použit jednoduchý tabulkový model navazující na Dodatek TP 170:2010.

Dále dochází k upřesnění návrhových parametrů konstrukčních vrstev jako je modul pružnosti, součinitel příčného přetvoření, rozmezí povolených tlouštěk a popřípadě únavové charakteristiky. Jsou doplněny i parametry nově používaných asfaltových vrstev jako jsou např. asfaltové směsi pro obrusné vrstvy se sníženou hlučností nebo vrstvy typu SAL atd.

## 1.3 Související právní předpisy

Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích

Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích

Vyhláška č. 209/2018 Sb., o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel

## **1.4 Související technické normy**

ČSN 73 6100-1, -2, -3, -4 Názvosloví pozemních komunikací

ČSN 72 1006 Kontrola zhutnění zemin a sypanin

ČSN 72 1191 Zkoušení míry namrzavosti zemin

ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic

ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací

ČSN 73 6114 Vozovky pozemních komunikací. Základní ustanovení pro navrhování

ČSN 73 6120 Stavba vozovek – Ostatní asfaltové vrstvy – Provádění a kontrola shody

ČSN 73 6121 Stavba vozovek – Hutněné asfaltové vrstvy – Provádění a kontrola shody

ČSN 73 6122 Stavba vozovek – Vrstvy z litého asfaltu – Provádění a kontrola shody

ČSN 73 6123-1 Stavba vozovek – Cementobetonové kryty – Část 1: Provádění a kontrola shody

ČSN 73 6124-1 Stavba vozovek – Vrstvy ze směsí stmelených hydraulickými pojivy – Část 1: Provádění a kontrola shody

ČSN 73 6124-2 Stavba vozovek – Vrstvy ze směsí stmelených hydraulickými pojivy – Část 2: Mezerovitý beton

ČSN 73 6124-3 Stavba vozovek – Vrstvy ze směsí stmelených hydraulickými pojivy – Část 3: Vrstva z válcovaného betonu

ČSN 73 6126-1 Stavba vozovek – Nestmelené vrstvy – Část 1: Provádění a kontrola shody

ČSN 73 6126-2 Stavba vozovek – Nestmelené vrstvy – Část 2: Vrstva z vibrovaného štěrku

ČSN 73 6127-1 Stavba vozovek – Prolévané vrstvy – Část 1: Vrstva ze štěrku částečně vyplněného cementovou maltou

ČSN 73 6127-2 Stavba vozovek – Prolévané vrstvy – Část 2: Penetrační makadam

ČSN 73 6127-3 Stavba vozovek – Prolévané vrstvy – Část 3: Asfaltocementový beton

ČSN 73 6129 Stavba vozovek – Postřiky a nátěry

ČSN 73 6130 Stavba vozovek – Kalové vrstvy

ČSN 73 6131 Stavba vozovek – Kryty z dlažeb a dílců

ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací

ČSN 73 6141 Požadavky na použití R-materiálu do asfaltových směsí

ČSN 73 6147 Recyklace konstrukčních vrstev vozovek za studena

ČSN 73 6148 Recyklace asfaltových vrstev na místě za horka

ČSN EN 13286-2 Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy – Část 2: Zkušební metody pro stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a vlhkosti – Proctorova zkouška

ČSN EN 13286-47 Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy – Část 47: Zkušební metoda pro stanovení kalifornského poměru únosnosti, okamžitého indexu únosnosti a lineárního bobtnání

## **1.5 Související technické předpisy Ministerstva dopravy**

TP 62 Katalog poruch vozovek s cementobetonovým krytem

TP 76A Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace, Zásady geotechnického průzkumu

TP 76B Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace, Provádění geotechnického průzkumu

TP 82 Katalog poruch netuhých vozovek

TP 83 Odvodnění pozemních komunikací

TP 87 Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek

TP 92 Navrhování údržby a oprav vozovek s cementobetonovým krytem

TP 94 Úprava zemin

TP 115 Opravy trhlin na vozovkách s asfaltovým krytem

TP 147 Užití asfaltových membrán a geosyntetik v konstrukci vozovky

TP 189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích

TP 210 Užití recyklovaných stavebních demoličních materiálů do PK

TP 225 Prognóza intenzit automobilové dopravy

TKP Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, kapitola 1 až 31

Vzorové listy staveb pozemních komunikací

Metodický pokyn MD ČR: Systém jakosti v oboru pozemních komunikací

## **1.6 Související zahraniční předpisy**

Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen (RStO 12), 2012

Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung des Oberbaus von Verkehrsflächen mit Asphaltdeckschicht RDO Asphalt 2009

Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS) 03.08.63 „Oberbaubemessung“, 2008

NF P98-086 „Vérification du dimensionnement structurel des chaussées routières – Application aux chaussées neuves“, 2019

Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide: A Manual of Practice, AASHTO, 2020



## 1.7 Termíny a definice

Názvosloví týkající se stavebních konstrukcí a vozovek pozemních komunikací je uvedeno v ČSN 73 6100-4 a dalších citovaných a souvisejících normách a předpisech. Zde jsou uvedeny některé nejdůležitější definice:

**Konstrukční vrstva** – je vrstva vozovky, vyrobená z jednoho druhu stavební směsi nebo z různých materiálů jedním uceleným technologickým postupem; konstrukční vrstva může být položena v jednom nebo více pracovních krocích; konstrukční vrstvy jsou stmelené pojivem (např. asphalt, cement) nebo nestmelené (bez použití pojiva)

**Netuhá vozovka** – je vozovka s asfaltovým, dlážděným nebo nestmeleným krytem, která se pod zatížením od projíždějících vozidel chová převážně pružně, ale při dlouhodobém namáhání vlivem teplotních změn má schopnost se plasticky přetvářet, a proto nevyžaduje žádnou dilataci; znakem vrstev netuhé vozovky je relativně nízký modul pružnosti vrstev vozovky

**Tuhá vozovka** – je vozovka s cementobetonovým krytem, který se chová dokonale pružně a jehož modul pružnosti výrazně převyšuje moduly pružnosti ostatních vrstev; znakem krytu tuhé vozovky je vysoký modul pružnosti a vysoká pevnost v tlaku; z důvodu roztahování a smršťování vlivem teplotních změn a relativně nízké pevnosti v tahu, která je pro beton charakteristická, musí mít tuhá vozovka smršťovací dilatační spáry

**Asfaltová vozovka** – je vozovka s krytem z asfaltových směsí

**Cementobetonová vozovka** – je vozovka s cementobetonovým krytem

**Dlážděná vozovka** – je vozovka s krytem z dlažby nebo dílců (silniční nebo vegetační)

**Kryt vozovky** – je horní část vozovky, určená k přímému pojiždění vozidly; podle počtu vrstev se rozlišuje kryt jednovrstvý a dvojevrstvý; jednovrstvý kryt se skládá z ohrusné vrstvy, dvojevrstvý kryt se skládá z ohrusné vrstvy a ložní vrstvy; podle druhu krytu se vozovky dělí na asfaltové, cementobetonové, dlážděné, z prolévaných vrstev a vozovky s nestmeleným krytem

**Ohrusná vrstva** – je vrchní vrstva krytu asfaltové vozovky

**Ložní vrstva** – je spodní vrstva krytu asfaltové vozovky

**Podkladní vrstva** – je část konstrukce vozovky mezi krytem a zemní plání, určená k roznášení tlaků od kol projíždějících vozidel z krytu do podloží; většinou se skládá z více vrstev v závislosti na typu vozovky

**Asfaltová podkladní vrstva** – je vrstva stmelená asfaltem pod ložní vrstvou, u asfaltových vozovek s nízkým dopravním zatížením, kde se ložní vrstva vypouští, leží přímo pod ohrusnou vrstvou

**Horní podkladní vrstva** – je vrstva, ležící na spodní podkladní vrstvě; u vozovek s nízkým dopravním zatížením se obvykle horní podkladní vrstva a spodní podkladní vrstva materiálově nerozlišuje

**Spodní podkladní vrstva** – je obvykle nestmelená vrstva, ležící přímo na zemní pláni nebo ve zvláštních případech na ochranné vrstvě

**Ochranná vrstva** – je spodní podkladní vrstva vozovky, která se zřizuje ve speciálních případech pro posílení některých ochranných funkcí jako např. zvýšení tloušťky vozovky pro zajištění lepší ochrany podloží před promrzáním

**Aktivní zóna vozovky; podloží vozovky** – je horní vrstva zemního tělesa násypu nebo zářezu, do níž zasahuje vliv zatížení vozovkou přenášející provoz vozidel, zpravidla se uvažuje o mocnosti 500 mm

**Zemní pláš; pláš zemního tělesa** – plocha tvořící horní povrch aktivní zóny na styku s vozovkou

**Spolehlivost vozovky** – je schopnost vozovky umožnit bezpečný, plynulý, hospodárny a komfortní provoz silničních vozidel; charakteristikou spolehlivosti vozovky jsou neproměnné a proměnné parametry, udržitelnost a opravitelnost vozovky

**Provozní způsobilost** – je vlastnost povrchu vozovky; hodnotí se klasifikací aktuálních parametrů protismykových vlastností, textury, podélné a příčné nerovnosti, případně jiné metody charakterizující počáteční ztrátu asfaltového tmelu (hlučnost nebo 3D vyhodnocení laserového skenování); nepřímo provozní způsobilost charakterizuje druh a množství nebo plocha poruch vozovky

**Dopravní zatížení** – je zatížení způsobené přejezdy vozidel; celkové dopravní zatížení se obvykle vyjadřuje počtem přejezdů návrhové nápravy v nejméně zatíženém jízdním pruhu za návrhové období; přesněji lze účinek dopravního zatížení stanovit součtem účinků jednotlivých zatěžovacích sestav při zohlednění četnosti jejich výskytu

**Návrhové dopravní zatížení** – je předpokládaný počet přejezdů návrhové nápravy v nejméně zatíženém jízdním pruhu za návrhové období

**Těžké nákladní vozidlo (TNV)** – vozidlo, vyvolující stejné účinky jako přejezd jedné návrhové nápravy s parametry podle 3.2; intenzita provozu těžkých nákladních vozidel tak představuje počet návrhových náprav za předpokladu, že všechna projíždějící vozidla jsou maximálně vytížena a není přitom překročena jejich největší povolená hmotnost

**Návrhová náprava** – je náprava s definovanými charakteristikami (výslednice sil, popř. intenzita zatížení, popsána tvarem, velikostí a umístěním zatěžovací plochy vůči dimenzačnímu průřezu), na kterou se obvykle přepočítává účinek přejezdů vozidel a která se jako účinek dopravního zatížení uvažuje ve výpočtu

**Únosnost vozovky** – je schopnost konstrukce vozovky a podloží přenášet dopravní zatížení; udává se počtem přejezdů návrhové nápravy po dobu návrhové (požadované) životnosti nebo zbytkovou (ještě očekávanou) dobou životnosti při daném dopravním zatížení

**Únosnost podloží vozovky** – je schopnost podloží vozovky přenášet zatížení od vozovky; udává se počtem přejezdů návrhové nápravy po dobu uvažované životnosti; základní charakteristikou podloží vozovky je návrhový modul pružnosti podloží; pro návrh vozovky jsou zapotřebí i další charakteristiky podloží uvedené v návrhové metodě

**Návrhový modul pružnosti** – je modul, který reprezentuje chování konstrukční vrstvy vozovky nebo podloží pod vozovkou při zatížení přejezdem vozidla za průměrných podmínek během doby životnosti konstrukce vozovky

**Návrhové období** – je doba, během níž nemá být vozovka zesilována nebo rekonstruována (za zesílení se nepovažuje obnova obrusné vrstvy, případně i ložní vrstvy vozovky); při návrhu nově budovaných vozovek trvalého charakteru je stanoveno návrhové období 25 let

**Etapová výstavba** – je postup, při kterém se vozovka v předem stanoveném časovém okamžiku obvykle v souvislosti s očekávaným výrazným nárůstem dopravního zatížení dodatečně zesiluje; etapovou výstavbu nelze zaměňovat s návrhem údržby nebo opravy již existující vozovky

**Trvanlivost obrusné vrstvy** – je její schopnost odolávat vlivům provozu a klimatickým vlivům; vyjadřuje se pojmem předpokládané doby životnosti obrusné vrstvy jako doby do provedení její údržby nebo opravy při uvažovaném dopravním zatížení

**Životnost vozovky** – je doba, po kterou je vozovka schopna zajistit požadovanou únosnost; vyjadřuje se zbytkovou nebo návrhovou dobou životnosti

**Poměrné porušení** – je podíl návrhového dopravního zatížení a mezního (vypočteného) dopravního zatížení

**Návrhová úroveň porušení** – je předpokládaný vývoj porušování vozovky v závislosti na dopravním významu pozemní komunikace, který je stanoven přípustnou klasifikací parametrů provozní způsobilosti nebo druhem a rozsahem poruch

**Index mrazu** – je maximální hodnota součtu všech absolutních hodnot záporných středních denních teplot vzduchu v průběhu sledovaného období

**Reflexní trhlina** – trhlina v asfaltovém krytu, způsobená prokopírováním trhliny nebo spáry z podkladu; může být příčná i podélná

**Návrh vozovky** – je stanovený postup, který vede k technicky správnému a ekonomickému stanovení typu a tloušťky všech konstrukčních vrstev vozovky; součástí návrhu vozovky je též posouzení jejího podloží

## 1.8 Zkratky

V textu TP jsou použity tyto značky, označování a zkratky:

$B$	charakteristika únavy
$CBR_{sat}$	Kalifornský poměr únosnosti, zrání zkušebního vzorku probíhá sycením ve vodě po dobu 96 h
$C_1$	součinitel vyjadřující podíl intenzity návrhových náprav v nejvíce zatíženém jízdním pruhu
$C_2$	součinitel vyjadřující koncentraci stop vozidel v jízdní stopě
$C_3$	součinitel vytížení vozidel
$C_4$	součinitel vyjadřující vliv rychlosti pohybu vozidel
$C_T$	součinitel zohledňující borcení CB desky
$D_0, D_1, D_2$	návrhová úroveň porušení vozovky
$D$	poměrné porušení

$E$	modul pružnosti obecně, MPa
$E_d$	návrhový modul pružnosti podloží, MPa
$E_{\text{def},2}$	modul přetvárnosti podloží a nestmelených vrstev vozovky podle ČSN 72 1006, MPa
$Im_k$	charakteristická hodnota indexu mrazu
$Im_d$	návrhová hodnota indexu mrazu
$L$	pružná charakteristika CB desky, m
$M$	ohybový moment (pro CB), MN
$LN, SN, TN$	intenzita lehkých, středních, těžkých nákladních vozidel
$NSN, A, AK$	intenzita návěsových souprav nákladních vozidel, autobusů, autobusů kloubových
$N_{cd}$	návrhové dopravní zatížení; předpokládaný počet přejezdů návrhové nápravy v nejvíce zatíženém jízdním pruhu za celé návrhové období
$N_{ij,lim}$	mezí počet opakování zatížení $i$ -tou zatěžovací sestavou v $j$ -tých podmínkách stanovený výpočtem
$N_{ij}$	celkový počet opakování zatížení $i$ -tou zatěžovací sestavou v $j$ -tých podmínkách
P III, P II, P I	typ podloží podle článku 3.3.2
$Q_k$	hmotnost jednotlivých náprav, kN
RCC	Válcovaný beton (Roller Compacted Concrete)
$T$	teplota, °C
$TF_i$	přepočtový koeficient na návrhovou nápravu (Truck Factor) pro $i$ -tý typ vozidla
TNV	těžké nákladní vozidlo
$TNV_0$	průměrná denní intenzita provozu těžkých nákladních vozidel (TNV) v roce sčítání dopravy, přepočtených podle vztahu (1)
$TNV_k$	průměrná denní intenzita provozu těžkých nákladních vozidel v (dílčím) návrhovém období podle vztahu (2); oproti $TNV_0$ zahrnuje vliv nárůstu intenzity provozu
TDZ	třída dopravního zatížení
$a, b$	charakteristiky únavy
$a_k$	poloměr dotykových (zatěžovacích) ploch návrhové nápravy, m
$f_t$	pevnost betonu v tahu, MPa
$g$	charakteristika spolupůsobení vrstev
$l$	poloměr relativní tuhosti CB desky, m
$m$	meziroční nárůst intenzity provozu těžkých nákladních vozidel, %
$q_k$	průměrný dotykový tlak návrhové nápravy, MPa
$w$	průhyb vrstevnatého poloprostoru, mm
$t_d$	délka návrhového období, roky
$\Delta T$	teplotní rozdíl v betonové desce, K
$\alpha$	součinitel délkové teplotní roztažnosti betonu, K <sup>-1</sup>
$\gamma$	dílčí součinitel spolehlivosti (viz P.2.4.1)

$\delta_z, \delta_k$	součinitelé nárůstu intenzity provozu TNV pro roky počátku a konce (dílčího) návrhového období
$\varepsilon_{ij}$	vypočtené maximální poměrné protažení na spodním líci asfaltových vrstev a maximální stlačení povrchu podloží vozovky pod zatížením $i$ v podmínkách $j$ dosazované v absolutní hodnotě, mikrostrain
$\varepsilon_6$	pro asfaltové směsi průměrná velikost přetvoření odvozená z únavové přímky při $10^6$ zatěžovacích cyklech v jednotce $10^{-6}$ ( $\mu\text{m/m}$ ), mikrostrain; pro podloží velikost přípustného poměrného stlačení podloží vozovky pro $10^6$ zatěžovacích cyklů
$\eta$	součinitel nárůstu pevnosti betonu s časem
$\mu$	součinitel příčného přetvoření (Poissonovo číslo)
$\sigma$	maximální napětí v tahu v cementobetonové vrstvě, MPa
$\psi$	součinitel kombinace zatížení (pro CB kryty)

## 2 Princip a způsoby návrhu

### 2.1 Všeobecně

Technicky správný a ekonomický návrh konstrukce vozovky je základní podmínkou pro její spolehlivé fungování. Znakem poddimenzované vozovky je její předčasné porušování, na druhé straně předimenzování vozovky vede k ne hospodárnosti a plýtvání. Správně navržená vozovka tedy musí zůstat za předpokladu provádění řádné údržby funkční po celou dobu své plánované životnosti, a to při optimálním vynaložení finančních prostředků na její výstavbu i údržbu.

Výstupem návrhu vozovky je určení typu a tloušťky jednotlivých konstrukčních vrstev včetně posouzení podloží. K návrhu vozovky podle těchto TP lze dojít jejím výběrem z katalogu vozovek nebo výpočtem.

Konstrukce vozovek dálnic, silnic pro motorová vozidla (zejména v případě dopravního zatížení třídy „S“, případně I) a také dopravních ploch, zatížených extrémním kolovým zatížením, je třeba vždy posoudit výpočtem.

TP vychází z předpokladů, že vozovku navrhují kvalifikované a zkušené osoby, stavební práce provádějí organizace s příslušnou odborností podle platných technických norem a předpisů, je zajištěn náležitý dohled, vozovka se bude užívat způsobem uvažovaným při navrhování a náležitě udržovat.

### 2.2 Návrh výběrem z katalogu vozovek

Katalog obsahuje skladby vozovek s různými druhy krytů a podkladních vrstev posouzené výpočtem pro různé návrhové úrovně porušení, třídy dopravního zatížení a typy podloží. Výhodou katalogu je snadný, rychlý a přiměřeně přesný výběr vhodné vozovky. Katalog je vhodné použít při volbě běžných typů vozovek a zadání návrhového dopravního zatížení v rozsahu zvolené třídy.

#### Poznámka 1

Při záměně materiálu některé konstrukční vrstvy se musí provést posouzení výpočtem podle článku 2.3. Toto neplatí, pokud se jedná o záměnu podle kapitoly 6, tabulka 15 a tabulka 16.

Katalog vozovek také umožňuje porovnávat vozovky mezi sebou a sledovat, jak vstupní parametry ovlivňují tloušťky konstrukčních vrstev. To může být užitečné při volbě typů a tloušťek konstrukčních vrstev při návrhu a posouzení výpočtem.

### 2.3 Návrh a posouzení výpočtem

Posouzení vozovky výpočtem se provádí pro úpravu tloušťek konstrukčních vrstev tak, aby vozovka vyhověla návrhovému dopravnímu zatížení. Dále v případech, kdy se použijí jiné materiály konstrukčních vrstev, popřípadě jiné návrhové parametry materiálů konstrukčních vrstev a podloží než ty, které jsou uvedeny v katalogu. Posouzení konstrukce vozovky výpočtem je založeno na vyhodnocení namáhání od návrhového dopravního zatížení, a to:

- asfaltových vrstev vozovky a jejího podloží v případě asfaltových vozovek,
- cementobetonového krytu v případě cementobetonových vozovek, kde se uvažuje i zatížení od napětí způsobeného teplotními změnami
- pouze podloží vozovky v případě dlážděných (popř. podobných) vozovek

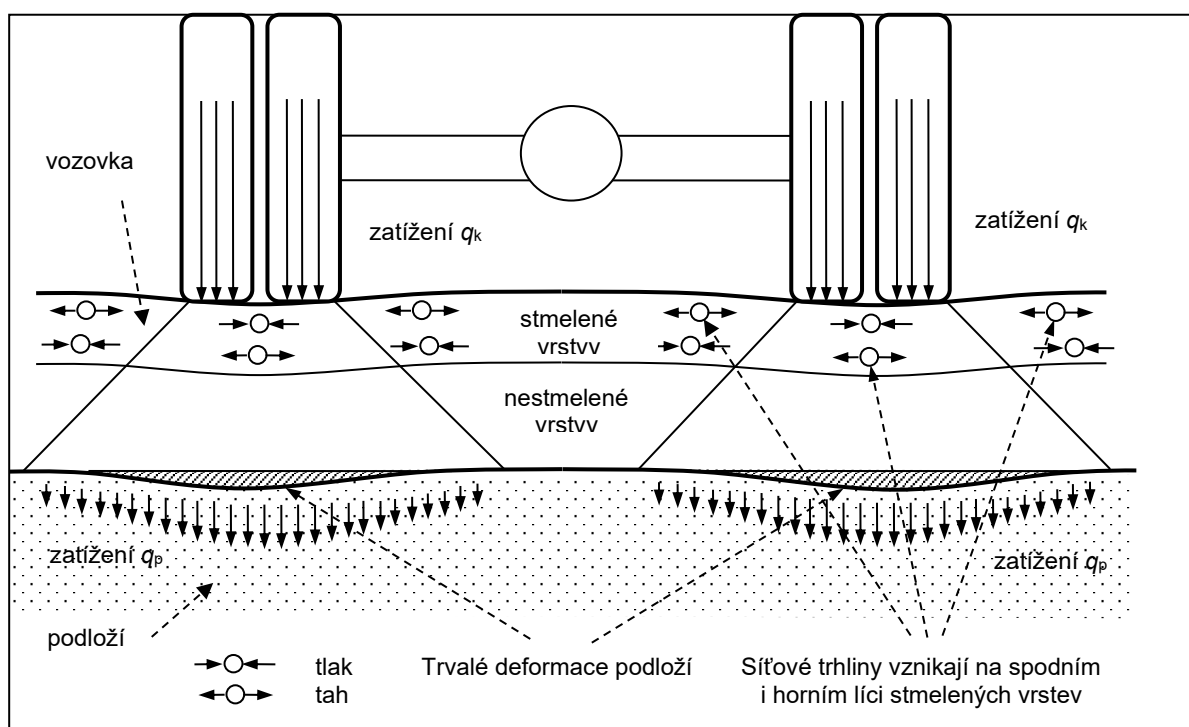
Zatížení koly vozidel způsobuje při každém přejezdu vznik napětí a přetvoření ve vrstvách vozovky a podloží. Opakovaným zatěžováním přitom dochází k postupné změně vlastností. To způsobí porušení stmelených vrstev únavou, které se projeví vznikem trhlin v materiálu. Ty se postupně rozvíjejí, až se objeví i na povrchu vozovky. Dalším zatěžováním dochází k jejich propojování a vzniku sítě únavových trhlin. Vznik trhlin vede k oslabení konstrukce, čímž se zvýší její průhyb a tím i její namáhání. Trhlinami do konstrukce navíc proniká srážková voda. Vznikají tak stále další poruchy a vozovka nakonec ztrácí svoji provozní způsobilost.

Podobně působí zatížení koly vozidel přes konstrukci vozovky na podloží, kde může časem dojít ke kumulaci nepružných přetvoření, což se projeví vývojem trvalé deformace i na povrchu vozovky.

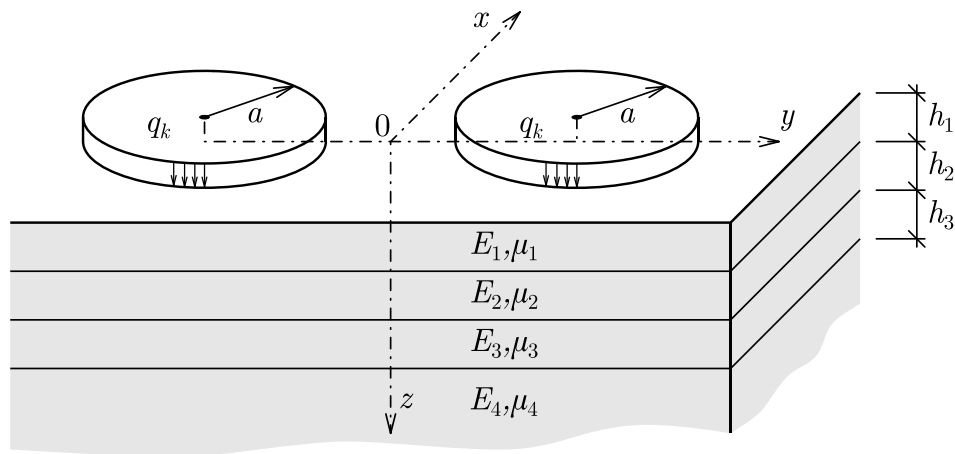
Princip analytického modelu porušování konstrukce vozovky dopravním zatížením ukazuje obrázek 1. Pro posouzení vozovky se používají dvě kritéria:

- posouzení únavy při namáhání asfaltových nebo cementobetonových vrstev v tahu ohybem,
- posouzení kumulace nevratných přetvoření při namáhání podloží v tlaku.

Analytická metoda pomocí vhodného výpočetního programu modeluje namáhání konstrukce vozovky a podloží, obvykle s využitím teorie lineárně pružného vrstevnatého poloprostoru (obrázek 2). Na základě známých únavových vlastností materiálů daný stav pomocí dvou výše uvedených kritérií vyhodnotí. Toto vyhodnocení je založeno na jednoduchém porovnání návrhového (předpokládaného) dopravního zatížení obvykle odvozeného ze sčítání dopravy a mezního vypočteného dopravního zatížení, které vozovka snese. Vozovka vyhovuje, pokud je návrhové dopravní zatížení nižší než vypočtené dopravní zatížení mezní, tj. jejich poměr (tzv. poměrné porušení) leží ve vhodně zvoleném intervalu hodnot menších než 1 (viz článek 5.3).



**Obrázek 1 – Princip analytického modelu porušování konstrukce vozovky**



Obrázek 2 – Schematické znázornění vrstevnatého poloprostoru

### 3 Podklady pro návrh vozovky

Pro návrh vozovky jsou nezbytné následující vstupní údaje:

- návrhová úroveň porušení,
- dopravní zatížení,
- návrhové parametry podloží vozovky,
- klimatické podmínky,
- volba typů konstrukčních vrstev,
- návrhové parametry konstrukčních vrstev,
- další požadavky (např. etapová výstavba).

#### 3.1 Návrhová úroveň porušení

Spolehlivost návrhu konstrukce vozovky musí odpovídat intenzitě provozu a dopravnímu významu komunikace. Proto byl zaveden pojem návrhová úroveň porušení, pomocí kterého se při návrhu vozovky klasifikuje její budoucí provozní způsobilost a předpokládaný rozsah konstrukčních poruch na konci návrhového období.

Jednotlivé návrhové úrovně porušení odpovídají funkčnímu rozdělení pozemních komunikací a intenzitě silničního provozu. U komunikací vyššího dopravního významu (dálnice, silnice I. třídy) se tedy na konci jejich životnosti připouští daleko menší rozsah konstrukčních poruch, než je tomu u komunikací nižšího dopravního významu (např. silnice III. třídy).

Doporučené návrhové úrovně porušení vozovky a předpokládaný rozsah porušení jsou uvedeny v tabulce 1.



**Tabulka 1 – Doporučené návrhové úrovně porušení**

Návrhová úroveň porušení	Druh/typ pozemní komunikace <sup>1)</sup> zák. č. 13/1997 Sb. v platném znění, ČSN 73 6101, ČSN 73 6110	Očekávaná třída dopravního zatížení (článek 3.2.2)	Plocha s poruchami konstrukce (%)
D0	Dálnice, silnice a místní komunikace I. třídy	S, I, II, III	< 1
D1	Silnice a místní komunikace II. a III. třídy, odstavné a parkovací plochy zastávky nekolejové MHD	III, IV, V a VI	< 5
D2	Místní komunikace III. a IV. třídy, odstavné a parkovací plochy	V, VI	< 25
	Dočasné komunikace, účelové komunikace	IV až VI	

<sup>1)</sup> Po dohodě s investorem je možné navrhnout i jinou návrhovou úroveň porušení.

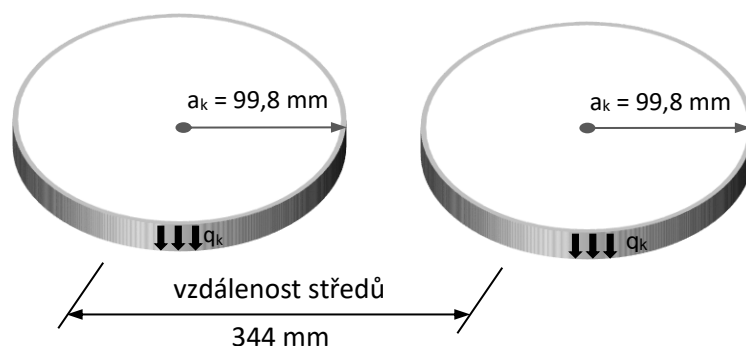
### 3.2 Dopravní zatížení

Dopravní zatížení má dynamický charakter, kde pro posouzení vozovky je rozhodující její odolnost proti opakujícímu se namáhání způsobenému přejezdy vozidel.

Účinek vozidla na vozovku závisí na hmotnosti, počtu a rozmístění jeho náprav. Dopravní zatížení pak na množství přejezdů vozidel projíždějících po komunikaci. Protože dopravní proud tvoří různé typy vozidel, jejich účinek se obvykle převádí na počet přejezdů návrhové nápravy.

Hmotnost návrhové nápravy vychází z povolených limitů zatížení vozidel a náprav podle vyhlášky č. 209/2018 Sb. Stanovené charakteristiky návrhové nápravy jsou následující:

- zatížení nápravy  $Q_k = 100 \text{ kN}$ ;
- počet kol se zdvojenými pneumatikami (dvojmontáž) 2;
- vzdálenost středu dotykových ploch dvojmontáže (viz obr. 3)  $0,344 \text{ m}$ ;
- poloměr dotykových (zatěžovacích) ploch  $a_k = 0,0998 \text{ m}$ ;
- průměrný dotykový tlak (intenzita svislého rovnoměrného zatížení)  $q_k = 0,80 \text{ MPa}$ .



**Obrázek 3 – Schéma dotykových ploch dvojmontáže návrhové nápravy**

Způsob přepočtu účinku náprav projíždějících vozidel na počet přejezdů návrhové nápravy je popsán v článku P.2.1, příloha 2.

Pro návrh konstrukce vozovky jsou rozhodující zejména vozidla s užitečnou hmotností nad 10 t, protože účinek vozidla na vozovku se snižováním jeho hmotnosti rychle klesá. Vliv osobních automobilů je tak prakticky zanedbatelný. Negativně působí přetěžování těžkých vozidel, protože porušování vozovky roste exponenciálně se zvyšujícím se zatížením na nápravu.

### 3.2.1 Postup

Informace o druhu a počtu projíždějících vozidel na silniční a dálniční síti vychází z celostátního sčítání dopravy, jehož výsledky se zveřejňují na příslušných webových stránkách ŘSD.

Pro novostavby pozemních komunikací a tam, kde se sčítání dopravy neprovádí (např. některé silnice III. třídy a některé místní komunikace) lze provést vlastní dopravní průzkum např. podle TP 189 nebo prognózu (u novostaveb). Ve specifických případech lze též vyjít z údajů o přepravě hmot, jízdních řádů MHD, odborných odhadů apod.

Použitým výstupem ze sčítání dopravy (nebo provedeného dopravního průzkumu) je hodnota  $TNV_0$ , vyjadřující průměrnou denní intenzitu těžkých nákladních vozidel, která se stanoví přepočtem intenzit provozu jednotlivých typů těžkých vozidel pomocí jejich koeficientů přepočtu na TNV (definice viz 1.7) podle vztahu (1):

$$TNV_0 = 0,1 LN + 0,9 SN + 1,9 SNP + TN + 2,0 TNP + 2,3 NSN + A + AK \quad (1)$$

kde je

<b><math>TNV_0</math></b>	průměrná denní intenzita provozu těžkých nákladních vozidel v roce sčítání dopravy;
<b><math>LN</math></b>	lehká nákladní vozidla (užitečná hmotnost do 3,5 t) bez přívěsu i s přívěsy;
<b><math>SN</math></b>	střední nákladní vozidla (užitečná hmotnost 3,5 – 10 t) bez přívěsů;
<b><math>SNP</math></b>	střední nákladní vozidla (užitečná hmotnost 3,5 – 10 t) s přívěsy;
<b><math>TN</math></b>	těžká nákladní vozidla (užitečná hmotnost nad 10 t) bez přívěsů;
<b><math>TNP</math></b>	těžká nákladní vozidla (užitečná hmotnost nad 10 t) s přívěsy;
<b><math>NSN</math></b>	návěsové soupravy nákladních vozidel;
<b><math>A</math></b>	autobusy;
<b><math>AK</math></b>	autobusy kloubové.

Aby se zohlednil vliv nárůstu intenzity provozu, hodnota  $TNV_0$  se převádí na  $TNV_k$  podle vztahu (2):

$$TNV_k = 0,5 (\delta_Z + \delta_K) TNV_0 \quad (2)$$

kde je

<b><math>TNV_k</math></b>	průměrná denní intenzita provozu těžkých nákladních vozidel v (dílčím) návrhovém období (zahrnuje vliv nárůstu intenzity provozu);
<b><math>\delta_Z, \delta_K</math></b>	součinitelé nárůstu intenzity provozu TNV pro roky počátku a konce (dílčího) návrhového období.

Nejpřesněji se součinitelé  $\delta_i$  stanovují podle TP 225, ve kterých jsou v příloze 3 uvedeny koeficienty vývoje intenzit dopravy pro dálnice a silnice I., II. a III. tříd, zvlášť pro jednotlivé kraje ČR.

## Poznámka 2

Při použití součinitelů vývoje intenzit dopravy je vždy třeba ověřit, zda nemůže v blízké budoucnosti dojít v lokalitě ke změně, mající podstatný vliv na intenzitu dopravy na komunikaci (např. stavba velkých logistických či obchodních center apod).

Při nedostatku přesnějších údajů lze pro běžný silniční provoz součinitele  $\delta_i$  stanovit i podle vztahu (3).

$$\delta_i = (1 + 0,01 m)^{t_i} \quad (3)$$

kde je

- $\delta_i$  součinitel nárůstu intenzity provozu pro  $i$ -tý rok;
- $m$  meziroční nárůst intenzity provozu těžkých nákladních vozidel, %;
- $t_i$  počet roků mezi rokem  $i$ -tým a rokem sčítání dopravy, roky.

V běžných podmínkách lze součinitele  $m$  uvažovat v závislosti na dopravním významu komunikace takto:

- dálnice  $m = 2 \%$ ;
- ostatní silnice I. třídy a místní komunikace I. třídy  $m = 1 \%$ ;
- ostatní komunikace  $m = 0 \%$ .

Hodnoty výrazu  $0,5 (\delta_z + \delta_k)$  z rovnice (2) pro návrhové období 25 let při meziročním průměrném nárůstu intenzity provozu těžkých nákladních vozidel  $0 \leq m \leq 5$  jsou uvedeny v tabulce 2.

**Tabulka 2 – Hodnoty výrazu  $0,5 (\delta_z + \delta_k)$  pro návrhové období 25 let**

<b><math>n</math> roků po sčítání dopravy</b>	<b><math>m</math></b>					
	<b>0 %</b>	<b>1 %</b>	<b>2 %</b>	<b>3 %</b>	<b>4 %</b>	<b>5 %</b>
0	1,0	1,14	1,32	1,55	1,83	2,19
1	1,0	1,15	1,35	1,59	1,91	2,30
2	1,0	1,16	1,37	1,64	1,98	2,42
3	1,0	1,18	1,40	1,69	2,06	2,54
4	1,0	1,19	1,43	1,74	2,14	2,67
5	1,0	1,20	1,46	1,79	2,23	2,80

Návrhové dopravní zatížení ( $N_{cd}$ ) vyjádřené počtem přejezdů návrhové nápravy v nejvíce zatíženém jízdním pruhu za celé návrhové období se vypočte podle vztahu (4).

$$N_{cd} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot TNV_k \cdot 365 \cdot t_d \quad (4)$$

kde je

- $C_1$  součinitel vyjadřující podíl intenzity návrhových náprav v nejvíce zatíženém jízdním pruhu
  - pro jednopruhovú komunikaci  $C_1 = 1,00$
  - pro obousměrnú komunikaci
    - jedním jízdním pruhem v jednom směru  $C_1 = 0,50$
    - dvěma jízdními pruhy v jednom směru  $C_1 = 0,45$
    - třemi a více jízdními pruhy v jednom směru  $C_1 = 0,40$

$C_2$	součinitel vyjadřující koncentraci stop vozidel v jízdní stopě	
	– pro návrhovou úroveň porušení D0 a třídu dopravního zatížení III až S, resp. pro autobusové a trolejbusové zastávky	$C_2 = 1,00$
	– pro ostatní úrovně porušení a třídy dopravního zatížení	$C_2 = 0,70$
$C_3$	součinitel vytížení vozidel	
	– pro běžné dopravní zatížení	
	– netuhé vozovky	$C_3 = 0,50$
	– tuhé vozovky	$C_3 = 1,00$
	– nepříznivé dopravní zatížení s mezinárodní a dálkovou dopravou, autobusové a trolejbusové zastávky	
	– netuhé vozovky	$C_3 = 0,70$
	– tuhé vozovky	$C_3 = 2,00$
	– velmi nepříznivé dopravní zatížení na komunikacích s převahou plně naložených vozidel (např. v blízkosti výroby surovin a stavebních hmot)	
	– netuhé vozovky	$C_3 = 1,00$
	– tuhé vozovky	$C_3 = 4,00$
$C_4$	součinitel vyjadřující vliv rychlosti pohybu vozidel	
	– pro vozovky s asfaltovým krytem	
	– při plynulém provozu a rychlosti $> 50$ km/h	$C_4 = 1,00$
	– při zastavování vozidel a/nebo rychlosti $\leq 50$ km/h	$C_4 = 2,00$
	– pro vozovky s ostatními druhy krytů	$C_4 = 1,00$
$t_d$	délka návrhového období, roky (obvykle 25 let)	

Ve zvláštních případech je možné dopravní zatížení stanovit z celkového objemu přepravených hmot na základě určení způsobu jejich přepravy, tj. stanovení druhu použitých vozidel k přepravě hmot (LN, SN, SNP, TN, TNP atd.) a jejich vytížení. Objem přepravených hmot se tak převede na počet takto stanovených vozidel a ty se převedou podle rovnice (4) na počet přejezdů návrhové nápravy  $N_{cd}$ .

### 3.2.2 Třídy dopravního zatížení

Pro rozdělení vozovek s běžným silničním provozem podle dopravního zatížení se používají třídy dopravního zatížení (TDZ) definované rozpětím průměrných denních intenzit provozu  $TNV_k$  podle tabulky 3. Pro tyto intenzity a uvažované charakteristiky silničního provozu  $C_1$  až  $C_4$  jsou v tabulce 3 zvlášť pro netuhé vozovky (N) a tuhé vozovky (T) uvedeny i hodnoty návrhových dopravních zatížení (mezní počty přejezdů návrhových náprav  $N_{cd}$  za návrhové období 25 let), pro které jsou v katalogu vozovek navrženy doporučené konstrukční skladby vozovek. V katalogových listech jsou už uvedeny pouze hodnoty návrhových dopravních zatížení, kterým konstrukce vozovky svojí skladbou vyhovuje.

V katalogu vozovek jsou též zařazeny katalogové listy speciálně určené pro autobusové zastávky, pro které jsou uvažovány odlišné charakteristiky silničního provozu  $C_1$  až  $C_4$  uvedené v článku 4.2 v tabulce 7.

**Tabulka 3 – Třídy dopravního zatížení včetně uvažovaných charakteristik silničního provozu**

Návrhová úroveň porušení	Třída dopravního zatížení (TDZ)	$TNV_k$ (voz)	Návrhové dopravní zatížení $N_{cd}^{1), 2), 3)}$ (mil. NN)		Uvažované hodnoty součinitelů $C_i^{4)}$				
			N	T	$C_1$	$C_2$	$C_3, N$	$C_3, T$	$C_4$
D 0	S	> 7500	68	193	0,45	1,0	0,7	2,0	1,0
	I	3501–7500	22	62					
	II	1501–3500	11	32	0,5				
	III	501–1500	4,8	13,7					
2,4			4,8						
IV		101–500	0,8	1,6		0,7	0,5	1,0	
V		15–100	0,16	0,32					
VI	<15	0,024	0,048						

- <sup>1)</sup> V případě pomalé dopravy (místní komunikace s předpokládanou návrhovou nebo dovolenou rychlostí 50 km/h a nižší, stoupací pruhy), resp. neplynulé dopravy (okružní a světelně řízené křižovatky, horské točky, zastávky trolejbusů a autobusů, parkoviště) se zastavováním a rozjezdy vozidel se z důvodu zvýšeného účinku na vozovku návrhové dopravní zatížení asfaltových vozovek zvyšuje na dvojnásobek (součinitel  $C_4 = 2$ ) – viz též článek 5.5.2.
- <sup>2)</sup> V případě, že skutečný počet jízdnic pruhů ( $C_1$ ) nebo další návrhové podmínky (koef.  $C_2, C_3$ ) též neodpovídají uvedeným předpokladům, musí se skladba konstrukce vozovky vhodně upravit na základě výpočtu skutečného  $N_{cd}$  a nejlépe jejího posouzení výpočtem (viz článek 5.3).
- <sup>3)</sup> Počet přejezdů návrhové nápravy  $N_{cd}$ , stanovený podle rovnice (4), odpovídá horní hranici příslušného intervalu  $TNV_k$ . U TDZ S, která horní hranici třídy nemá, byla hodnota  $TNV_k$  uvažována 23 500.
- <sup>4)</sup> Součinitel  $C_1$ , vyjadřující vliv počtu jízdnic pruhů, je v tabulce uveden hodnotou buďto obvyklou anebo mezní (kapacitně) pro příslušnou TDZ.

### 3.3 Návrhové parametry podloží vozovky

#### 3.3.1 Všeobecně

Zatížení koly vozidel se roznáší přes konstrukci vozovky na podloží, které se prohýbá. Čím jsou tyto průhyby menší, tím se méně prohýbá a namáhá celá vozovka. Kromě pružných deformací zůstávají v podloží po odlehčení i nepatrné trvalé deformace, jejichž velikost postupně narůstá a nesmí překročit přijatelnou mez. Postupný nárůst trvalé deformace podloží je přibližně vyjádřen koeficientem B (viz tabulka P.2.1).

Základní charakteristikou podloží vozovky je návrhový modul pružnosti podloží ( $E_d$ ), který lze měřit přímo v laboratoři pomocí triaxiálního přístroje. Složitost tohoto měření a jeho závislost na dalších proměnných veličinách jako je vlhkost, teplota, velikost působícího napětí a způsob zatěžování vede k tomu, že stanovení  $E_d$  se v praxi provádí nepřímou pomocí zkoušky CBR. Mezi CBR a  $E_d$  existují korelační vztahy.

Pro účely těchto TP se používají empiricky odvozené tabulkové hodnoty  $E_d$ . Ty představují bezpečnou průměrnou hodnotu, nikoliv okamžitý stav.

Podloží vozovky je součástí zemního tělesa, které musí splňovat požadavky ČSN 73 6133.

### 3.3.2 Postup pro stanovení návrhových parametrů podloží vozovky

Návrhové parametry podloží se určí pomocí tabulky 4:

- a) z poměru únosnosti CBR zeminy podloží (článek 3.3.2.1)
- b) a ze zatřídění zeminy podloží podle ČSN 73 6133 (článek 3.3.2.2).

Pro zjednodušení tabulka 4 dělí podloží z hlediska únosnosti na tři typy PI, PII a PIII. Pro úplnost obsahuje i další návrhové a kontrolní charakteristiky.

**Tabulka 4 – Stanovení návrhových parametrů podloží**

Typ podloží	Min. $CBR_{sat}$ <sup>1)</sup>	Zatřídění zemin podloží podle ČSN 73 6133			Kontrolní min. modul přetvárnosti $E_{def,2}$ <sup>2)</sup>	Návrhový modul pružnosti $E_d$ <sup>3)</sup>	Součinitel příčného přetvoření $\mu$
		Vhodné	Podmínečně vhodné	Nevhodné (upravit vždy)			
PIII	15 %	G-F, SW	S-F, MG, CG, MS, CS SP, SM, SC, GP GM, GC	ML, MI, MH, MV CL, CI, CH, CV	45 30 <sup>4)</sup>	50 35 <sup>4)</sup>	0,40
PII	30 %	G-F, GW	–	–	60	80	0,35
PI	50 %	GW, kamenitá sypanina	–	–	90	120	0,35

<sup>1)</sup> Stanovení návrhových parametrů podloží podle CBR není povinné v případě vozovek ve třídě dopravního zatížení IV až VI, kde lze vycházet ze zatřídění zeminy podloží podle ČSN 73 6133.

<sup>2)</sup> Kontrolní modul přetvárnosti  $E_{def,2}$  podle ČSN 72 1006. Pro vozovky ve třídě dopravního zatížení IV až VI je možno typ podloží stanovit (upřesnit) podle  $E_{def,2}$ . Je však třeba zohlednit, že u soudržné zeminy závisí modul přetvárnosti výrazně na vlhkosti, která se může měnit. Přitom se mění i konzistence zeminy. U některých nevhodných zemin tak mohou naměřené hodnoty  $E_{def,2}$  za suchého počasí dočasně vykazovat nereálně vysoké hodnoty. Nevýhodou tohoto způsobu je též zjištění požadovaných parametrů až v průběhu stavebních prací.

<sup>3)</sup> Pro mezilehlé hodnoty CBR lze  $E_d$  stanovit lineární interpolací.

<sup>4)</sup> V případě méně příznivých podmínek v podloží vozovky (např. předpoklad zvýšené zemní vlhkosti apod.) lze použít pouze pro vozovky v návrhové úrovni porušení D1 třídy dopravního zatížení VI a všechny vozovky v návrhové úrovni porušení D2.

#### Poznámka 3

Návrhový modul pružnosti ( $E_d$ ) pro výpočet vozovky a kontrolní modul přetvárnosti ( $E_{def,2}$ ) jsou dvě rozdílné veličiny, které není možné zaměňovat. Modul  $E_d$  reprezentuje chování podloží pod hotovou vozovkou za průměrných podmínek během doby její životnosti a odpovídá napětí, které je o řád nižší, než napětí pod zatěžovací deskou při měření a výpočtu  $E_{def,2}$ . Modul  $E_{def,2}$  představuje kontrolní zkoušku dokumentující vhodnost použitého materiálu, správnou tloušťku vrstvy a její dostatečné zhutnění za podmínek během stavby, tj. charakterizuje chování podloží pod statickým zatížením odpovídajícím zhruba zatížení od staveništní dopravy. Protože u zemin zcela neplatí Hookův zákon, tj. vztah mezi napětím a přetvořením není ideálně lineární, jsou z tohoto důvodu hodnoty obou dvou modulů

rozdílné a nemůže mezi nimi existovat obecný matematický vztah. Jistá slabá korelace je však patrná – za jinak stejných podmínek je modul pružnosti ( $E_d$ ) vždy vyšší než modul přetvárnosti ( $E_{def,2}$ ), který navíc zahrnuje nepružnou složku přetváření.

Podloží PIII splňuje minimální požadavky únosnosti, parametry podloží PII a PI jsou vyšší. Při volbě třídy podloží je třeba též zvážit geotechnické podmínky v trase, dostupnost vhodných materiálů a náklady na případnou úpravu zemin v aktivní zóně.

Udržení vyhovujících návrhových parametrů podloží po celou dobu životnosti vozovky je podmíněno řádnou kontrolou a údržbou odvodňovacího systému zemního tělesa pozemní komunikace (příkopy, krajnice, drenáže, případně trativody, propustky).

### **3.3.2.1 Stanovení poměru únosnosti CBR**

Poměr únosnosti CBR zeminy podloží se stanovuje podle ČSN EN 13286-47. Pro zhotovení zkušební tělesa se v souladu s ČSN 73 6133 použije Proctorova standardní hutnicí práce při optimální vlhkosti a zkušební vzorek se pak sytí ve vodě po dobu 96 hodin ( $CBR_{sat}$ ).

Pokud CBR zeminy podloží nedosáhne minimální hodnoty pro daný typ podloží podle tabulky 4, zemina se musí upravit nebo vyměnit podle 3.3.3.

Podloží se musí upravit nebo vyměnit i v případě, kdy je minimální požadavek CBR splněn, ale zemina nevyhoví některému dalšímu požadavku článku 4.3.1 ČSN 73 6133 (např. podmínky zhutnitelnosti a vlhkosti).

#### **Poznámka 4**

Prokázání minimálních hodnot CBR pro uvedené typy podloží ještě nemusí zaručit dosažení požadovaného kontrolního modulu přetvárnosti  $E_{def,2}$ .

### **3.3.2.2 Zatřídění zemin**

Zatřídění zemin podloží a posouzení jejich vhodnosti do aktivní zóny se provádí podle kapitoly 4 a přílohy A ČSN 73 6133.

Při stanovení typu podloží ze zatřídění zeminy se zeminy nevhodné musí upravit vždy. Zeminy vhodné a podmíněčně vhodné se musí posoudit podle skutečných podmínek s ohledem na jejich vlhkost, zpracovatelnost a případně další zjištěné parametry (zrnitost, stupeň konzistence, plastické vlastnosti nebo dodatečně i CBR). Pokud jsou tyto podmínky nepříznivé nebo nejsou známy, musí se:

- a) zeminy podmíněčně vhodné upravit podle 3.3.3,
- b) pro zeminy vhodné G-F, GW vždy zvolit typ podloží s nižšími parametry únosnosti (tabulka 4).

### **3.3.3 Úprava nebo výměna zemin v podloží**

#### **3.3.3.1 Tloušťka**

Pokud je podle 3.3.2.1 nebo 3.3.2.2 podloží vozovky vyhodnoceno jako nevyhovující, musí se upravit nebo vyměnit podle článku 4.3 a kapitoly 9 ČSN 73 6133 a TP 94.

Tloušťka úpravy nebo výměny podloží vozovky se stanovuje podle tabulky 5. Čím má podloží horší vlastnosti, tím je tloušťka jeho úpravy nebo výměny vyšší.

Kompenzovat neúnosné podloží zvyšováním pevnostních parametrů stmelených konstrukčních vrstev vozovky nebo celoplošným umístováním výztužných prvků na zemní pláň nebo do konstrukce vozovky je neúčinné, a proto se nedoporučuje.

#### Poznámka 5

Výztužné prvky v konstrukci vozovky lze použít pouze při rozšiřování vozovek nebo údržbě a opravách některých typů poruch v souladu s TP 147 nebo TP 115.

#### Poznámka 6

K výměně podloží se obvykle přistupuje v případě, když je úprava obtížně proveditelná (např. z důvodu kolizí podzemních vedení u místních komunikací). Nevhodné podloží lze též řešit tím, že se přímo na něj položí vrstva aktivní zóny z vhodné sypaniny potřebné tloušťky (pokud to umožní výškové poměry). Při výměně podloží nebo pokládce vrstvy aktivní zóny přímo na nevhodné podloží se použije sypanina, splňující podmínky vhodnosti do aktivní zóny podle 4.1 ČSN 73 6133. Lze použít např. doprovodné produkty z výroby kameniva, směsné recykláty (TP 210) a vhodné místní materiály.

**Tabulka 5 – Stanovení tloušťky úpravy nebo výměny podloží vozovky**

Původní materiál		Tloušťka úpravy ( $h$ )
Zatřídění zemin podle klasifikace	Zatřídění podle CBR	
MG, CG, MS, CS, SP, S-F, SM, SC, GP, GM, GC,	$5 \% \leq \text{CBR} < 15 \%$	$300 \text{ mm} \leq h < 400 \text{ mm}$
ML, MI, CL, CI, MH, MV, CH, CV	$2 \% \leq \text{CBR} < 5 \%$	$400 \text{ mm} \leq h < 500 \text{ mm}$
	$\text{CBR} < 2 \%$	$h \geq 500 \text{ mm}$
POZNÁMKA Tato tabulka je identická s tabulkou 5 uvedenou v článku 9.2.1 ČSN 73 6133.		

Pro komunikace s třídou dopravního zatížení IV až VI je možno tloušťku úpravy pojivy nebo výměny podloží stanovit (upřesnit) na základě naměřeného modulu přetvárnosti  $E_{\text{def},2}$  podle tabulky 6. Přitom platí poznámka 2) uvedená v tabulce 4.

**Tabulka 6 – Stanovení tloušťky úpravy nebo výměny podloží vozovky podle  $E_{\text{def},2}$**

Naměřený modul přetvárnosti $E_{\text{def},2}$ [MPa]		Tloušťka úpravy ( $h$ )
$25 \leq E_{\text{def},2} < 45$	Pro třídu dopravního zatížení IV, V	$300 \text{ mm} \leq h < 400 \text{ mm}$
$20 \leq E_{\text{def},2} < 30$	Pro třídu dopravního zatížení VI nebo návrhovou úroveň porušení D2	
$10 \leq E_{\text{def},2} < 25$		$400 \text{ mm} \leq h < 500 \text{ mm}$
$E_{\text{def},2} < 10$ (neměřitelné hodnoty)		$h \geq 500 \text{ mm}$

#### 3.3.3.2 Parametry upraveného podloží

Podloží se zeminou s hodnotou  $\text{CBR}_{\text{sat}} < 15 \%$  se po její úpravě obvykle považuje za typ PIII.

Úpravu podloží na typ PII nebo PI lze u zeminy s  $\text{CBR}_{\text{sat}} < 15 \%$  v projektové dokumentaci uvažovat tehdy, pokud dosažení vyšších parametrů upraveného podloží lze doložit na základě zkoušek provedených



v rámci geotechnického průzkumu nebo z dřívějších výsledků s obdobnými materiály (zejména kontrolními zkouškami modulu přetvárnosti  $E_{\text{def},2}$  na pláni).

### 3.4 Klimatické podmínky

#### 3.4.1 Vliv teplotních změn

Reologické vlastnosti (relaxace napětí) asfaltových vrstev dovolují zatížení běžnými teplotními změnami zanedbat. Proto se teplotní změny u netuhých vozovek neposuzují.

U cementobetonových vozovek se posuzují účinky teplotních změn, které způsobují zvýšené namáhání v důsledku nerovnoměrného rozdělení teploty podle tloušťky vrstvy viz P.2.4.2.

#### 3.4.2 Vliv působení mrazu a vody

Klimatické podmínky je třeba brát v úvahu z hlediska ochrany podloží vozovky před promrzáním. Pokud je materiál v podloží namrzavý, během zimního období při možnosti kapilárního sycení vzniká reálné nebezpečí mrazových zdvihů, způsobených postupným hromaděním vody v podobě stále se zvětšujících zmrzlých ledových čoček. Ještě nebezpečnější situace nastane v okamžiku jarního tání, kdy ledové čочки roztávají a nahromaděná voda, která nemůže okamžitě odtéci snižuje únosnost podloží.

Klimatické podmínky působí i na obrusnou vrstvu, která je přímo vystavena působení srážkové vody, vzdušného kyslíku a střídání teplot. Odolnost proti těmto vlivům je záležitostí materiálových vlastností (kvality) krytu vozovky a nemá přímou vazbu na životnost vozovky tak, jak se uvažuje při jejím posuzování.

Při návrhu vozovky se pro ochranu jejího podloží před promrzáním požaduje stanovení minimální požadované tloušťky vozovky podle článku 5.6.

## 4 Návrh výběrem z katalogu vozovek

### 4.1 Použití

Podle typu vozovky, návrhové úrovně porušení a předpokládané třídy dopravního zatížení je možno pomocí katalogu zvolit konstrukce vozovek s různými druhy krytů, podkladních vrstev a na různých typech podloží.

Výběr konstrukce vozovky z katalogu se provádí na základě následujících vstupních údajů:

- návrhová úroveň porušení podle článku 3.1,
- předpokládaná třída dopravního zatížení plus hodnota návrhového dopravního zatížení podle článku 3.2.2,
- typ podloží podle článku 3.3.2.
- posouzení odolnosti proti promrzání podloží podle 5.6

#### Poznámka 7

Při výběru konstrukce vozovky z katalogu je pro návrhové dopravní zatížení vždy směrodatná hodnota  $N_{\text{cd}}$  v souladu s poznámkami 1), 2), 3), 4) v tabulce 3 článku 3.2.2.

### Poznámka 8

Výpočtem podle kapitoly 5 je možné navrhovat i konstrukce jiné než ty, které jsou uvedeny v katalogu, musí však vyhovovat požadavkům příslušných technických norem a předpisů.

## 4.2 Katalogové listy

Jednotlivé katalogové listy jsou obsaženy v příloze 1. Jsou uspořádány podle návrhové úrovně porušení, návrhového dopravního zatížení, druhu krytu a použitých konstrukčních vrstev.

V katalogu jsou asfaltové vozovky a CB vozovky pro návrhovou úroveň porušení D0, D1 a D2, dlážděné vozovky pro návrhovou úroveň porušení D1 a D2 a další vozovky s krytem z penetračního makadamu, hydraulicky stmelených vrstev nebo nestmelených vrstev pro návrhovou úroveň porušení D2.

Dlážděné vozovky pro návrhovou úroveň porušení D1 musí mít kvalitní a únosný podklad, tzn. podkladní vrstvu buďto stmelenou, anebo z MZK. Kryt vozovky musí být buďto z betonové zámkové dlažby anebo z velké, popř. z drobné dlažby z přírodního kamene. Pro návrhovou úroveň porušení D2 už může být podkladní vrstva z méně kvalitního materiálu, např. ŠD<sub>A</sub> nebo ŠD<sub>B</sub> (MZ) a kryt nemusí být ze zámkové dlažby.

Katalog obsahuje i katalogové konstrukce pro navrhování zastávek nekolejové MHD (označeny „BUS“). Konstrukce těchto zastávek patří mezi extrémně namáhané vozovky, neboť kromě intenzity provozu jsou vystaveny i účinkům velkých vodorovných sil, vznikajících při brždění, resp. rozjíždění vozidel, navíc velmi nepříznivou (zejména v případě vozovek s asfaltovým krytem) roli zde hraje i problém styku ohřáté (v letním období) vozovky s horkými pneumatikami stojících vozidel.

Tyto konstrukce lze z katalogu vybrat standardním způsobem na základě skutečné intenzity provozu, přepočtené (zahrnutím charakteristik silničního provozu  $C_1$  až  $C_4$ ) na návrhové dopravní zatížení ( $N_{cd}$ ).

Konstrukce autobusových zastávek, uvedené v katalogu, byly navrženy za následujících předpokladů:

- je uvažován pomalý a neplynulý pohyb vozidel v těžké jízdě stopě,
- autobusy byly uvažovány s nepříznivým zatížením zadní nápravy 115 kN,
- v návaznosti na tabulku 3 těchto TP byly uvažovány třídy dopravního zatížení a charakteristiky silničního provozu podle tabulky 7.

**Tabulka 7 – Třídy dopravního zatížení a charakteristiky silničního provozu uvažovaného pro návrh vozovek zastávek BUS**

Návrhová úroveň porušení	Třída dopravního zatížení (TDZ)	$TNV_k$ (voz)	$N_{cd}$ (mil. voz)			Uvažované hodnoty součinitelů $C_i$				
			A	D	CB	$C_1$	$C_2$	$C_3, A, D$	$C_3, CB$	$C_4, A$
D 1	III	501–1500	9,6	4,8	13,7	0,5	1	0,7	2	2
	IV	101–500	3,2	1,6	4,6	0,5	1	0,7	2	2
	V	15–100	0,64	0,32	0,91	0,5	1	0,7	2	2
	VI	<15	0,096	0,048	0,137	0,5	1	0,7	2	2

V případě nedostatku podrobnějších informací, zejména pak u zastávek menší důležitosti a při nižších intenzitách provozu, lze konstrukce vybrat zjednodušeným způsobem zatříděním podle počtu linek a průměrného intervalu spojů

- |   |         |
|---|---------|
| – zastávky pro více než 6 linek a interval 6–10 minut | TDZ III |
| – zastávky pro 2 až 6 linek a interval 6–10 minut     | TDZ IV  |
| – zastávky pro max. 2 linky a interval 6–15 minut     | TDZ V   |

## 5 Návrh a posouzení výpočtem

Posouzení vozovky výpočtem se skládá z následujících kroků:

- získání vstupních údajů podle kapitoly 3,
- volba typu a tloušťky jednotlivých konstrukčních vrstev podle článků 5.1 a 5.2,
- posouzení navržené konstrukce výpočtem podle článku 5.3.

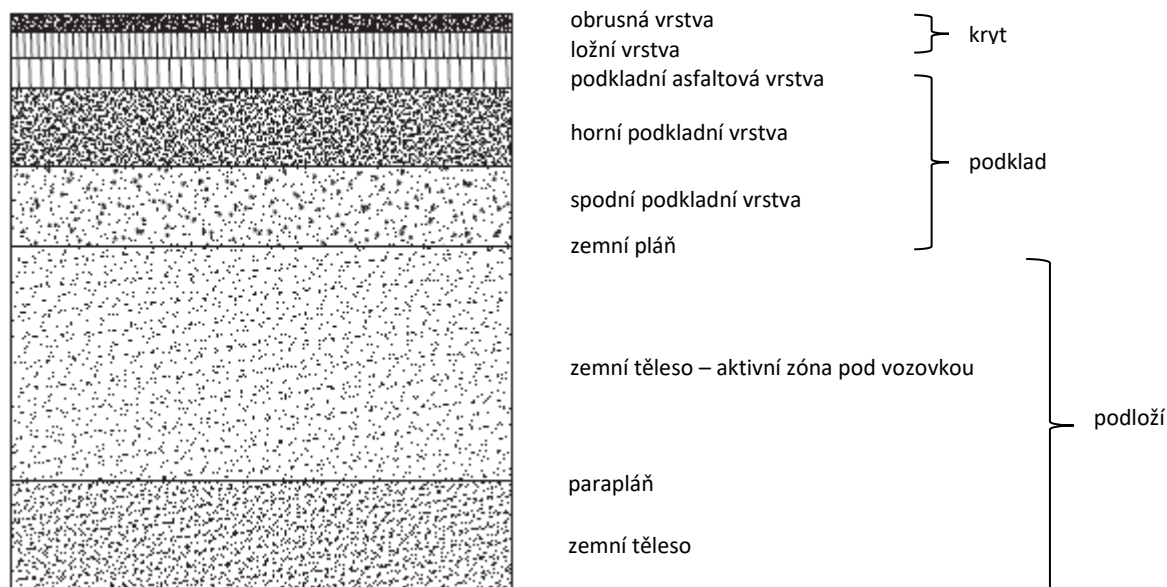
### 5.1 Konstrukční požadavky

#### 5.1.1 Zemní pláň

Zemní pláň musí splňovat požadavky ČSN 73 6133 a článku 3.3 těchto TP.

#### 5.1.2 Konstrukční vrstvy vozovky

Vozovka se skládá z konstrukčních vrstev, kde každá plní svoji specifickou úlohu. Uspořádání konstrukčních vrstev ve vozovce s asfaltovým krytem je patrné z obrázku 4.



Obrázek 4 – Konstrukční vrstvy vozovky s asfaltovým krytem na zemním tělese

Obecně platí, že kvalitu každé vrstvy ovlivňuje též kvalita jejího podkladu. Kvalitnější vrstva tak vyžaduje kvalitnější podklad. Skladbu konstrukčních vrstev je obvykle účelné navrhovat tak, aby jejich návrhové moduly pružnosti postupně stoupaly od spodu nahoru.

Pro návrh skladby konstrukčních vrstev platí následující postup:

- 1) Volba typu a tloušťky jednotlivých konstrukčních vrstev se nejprve provede pomocí katalogu výběrem konstrukce, která se nejvíce přibližuje požadavkům zadání.
- 2) Takto získanou konstrukci je možné podle požadavků zadání upravit změnou tloušťek vrstev anebo typů konstrukčních vrstev. Přitom je možné využít tabulku 17. Provedené změny přitom musejí být v souladu s požadavky příslušných technických norem a předpisů (např. užití ve vozovce, minimální a maximální tloušťky vrstev).
- 3) Navržená skladba vozovky se posoudí výpočtem podle článku 5.3.
- 4) Pokud navržená skladba posouzená výpočtem nevyhoví požadovaným kritériím, musí se upravit tloušťky vrstev a/nebo zvolit jiný typ konstrukčních vrstev a provést nové posouzení výpočtem.

#### **Poznámka 9**

Postřiky, nátěry a kalové vrstvy nezvyšují únosnost konstrukce vozovky, a proto se s nimi při výpočtu neuvažuje. Stejně tak používání výztužných prvků v konstrukčních vrstvách by nemělo přesahovat rámec TP 115 a TP 147, protože nejsou spolehlivé důkazy o tom, že by tyto výztužné prvky měly mít trvalý vliv na zvýšení únosnosti vozovky.

### **5.1.3 Podkladní vrstvy**

Podkladní vrstvy se obvykle navrhují jako nestmelené (MZK, ŠD, MZ, ŠP) podle ČSN 73 6126-1 nebo stmelené, a to buďto hydraulickými pojivy (např. SC, SH, ZSH) podle ČSN 73 6124-1 anebo asfaltovým pojivem (ACP podle ČSN 73 6121, popř. VMT podle ČSN 73 6120). Dále je možné použít prolévané vrstvy.

#### **Poznámka 10**

Vibrovaný štěrk (VŠ) podle ČSN 73 6126-2 se používá jen minimálně, a to zejména ve vozovkách účelových komunikací (polní nebo lesní cesty).

Při opravě vozovky je možné jako podkladní vrstvy použít původní nebo recyklované konstrukční vrstvy v souladu s TP 87.

Podkladní vrstvy podle polohy v konstrukci vozovky rozdělujeme na spodní podkladní vrstvy a horní podkladní vrstvy. Pod asfaltovým krytem se nachází asfaltové podkladní vrstvy.

#### **5.1.3.1 Spodní podkladní vrstvy**

Spodní podkladní vrstvy se navrhují jako nestmelené (ŠD<sub>A</sub>, ŠD<sub>B</sub>, MZ). Důležitou vlastností je jejich propustnost, umožňující v běžných podmínkách vyrovnávat přirozené kolísání vlhkosti, a tak bránit hromadění vody v konstrukci vozovky.

#### **Poznámka 11**

Potřebná propustnost je zajištěna splněním požadavků na zrnitost podle ČSN 73 6126-1.

Spodní podkladní vrstva není určena k odvádění výronů vody z podloží vozovky např. v zářezích a tunelech. V takových případech se vždy musí provést opatření k odvedení vody příčnými drenážními žebry nebo plošnou drenáží ještě v aktivní zóně zemního tělesa. Spodní podkladní vrstva též nemůže odvádět vodu, která se k povrchu zemní pláň dostává kapilárním vztlínáním, protože drénování kapilární vody není z fyzikálního hlediska možné.

Použití štěrkopísku (ŠP) se běžně nedoporučuje, protože jej tvoří zaoblená a hladká zrna, která neumožňují dosažení dostatečného vnitřního tření, nezbytného pro potřebnou stabilitu vrstvy. ŠP lze použít u vozovek s minimálním dopravním zatížením (třída VI), pokud by se jednalo o ekonomicky výhodné využití místního materiálu.

### **5.1.3.2 Horní podkladní vrstvy**

#### **5.1.3.2.1 Vozovky s vysokým dopravním zatížením**

Za vysoké dopravní zatížení se obvykle považuje třída S až III.

Horní podkladní vrstvy se u vozovek s vysokým dopravním zatížením navrhují buď nestmelené z mechanicky zpevněného kameniva (MZK) nebo stmelené hydraulickými pojivy (např. SC, SH, ZSH). Pro třídu III lze místo MZK použít štěrkodrtě (ŠD<sub>A</sub>). Při opravách vozovek lze v horní podkladní vrstvě ponechat i jiné stávající úpravy jako např. penetrační makadam nebo podkladní vrstvy na místě recyklovat (vždy v souladu s TP 87).

Navrhování podkladních vrstev stmelených hydraulickými pojivy vysokých tříd pevnosti v tlaku  $R_c > C_{5,6}$  v asfaltové vozovce přináší riziko tvorby a šíření reflexních trhlin, neboť prováděná opatření proti jejich tvorbě (článek 7.8 ČSN 73 6124-1) nemusí být vždy dlouhodobě účinná. Proto se doporučuje použití vrstev stmelených hydraulickými pojivy zaměřit především na směsi nižších tříd pevnosti ( $C_{3/4}$ ) které umožňují využívání místních materiálů, recyklátů a méně hodnotného nebo těžného kameniva a pro tvorbu reflexních trhlin nepředstavují takové riziko.

#### **5.1.3.2.2 Vozovky s nízkým dopravním zatížením**

Za nízké dopravní zatížení se obvykle považuje třída IV až VI.

U vozovek s nízkým dopravním zatížením se obvykle horní i spodní podkladní vrstva navrhuje jako nestmelená ze štěrkodrtě (ŠD), lze použít i mechanicky zpevněnou zeminu (MZ). Přitom lze vhodně kombinovat ŠD<sub>A</sub> a ŠD<sub>B</sub> (MZ). Při opravách vozovek podle TP 87 lze tyto vrstvy též na místě recyklovat.

V případě velmi nízkého dopravního zatížení, blížíícího se jednotkám TNV/24 h, lze provádět jen jednu podkladní vrstvu bez rozlišení na horní a spodní. Minimální doporučená tloušťka takovéto podkladní vrstvy je 200 mm.

### **5.1.3.3 Asfaltové podkladní vrstvy**

Asfaltové podkladní vrstvy se provádí obvykle u asfaltových vozovek v případě vyššího dopravního zatížení, kde by ložní vrstva nevyhověla na únavovou životnost pro dané návrhové období. Proto je nutno přidat další jednu, popř. dvě vrstvy, kdy je tato podmínka u nejspodnější asfaltové vrstvy splněna. Podkladní asfaltové vrstvy se provádějí v České republice s max. velikostí zrna 22 mm. Většinou se jedná o vrstvy z běžného asfaltového betonu. Jako speciální vrstvy se používají podkladní

vrstvy s vysokým modulem tuhosti VMT, vrstvy s vyšším obsahem asfaltového pojiva pro zlepšení únavových vlastností RBL nebo vrstvy zamezující kopírování trhlin SAL.

Asfaltové směsi typu VMT jsou za horka zpracovávány asfaltové betony s vysokým modulem tuhosti, s obvykle vyšším obsahem asfaltů tvrdších druhů (popř. dalších ztužujících přísad) a nízkou mezerovitostí. U těchto druhů směsí je nutné prokázat vlastnosti kombinací empirických a funkčních požadavků.

Použití vrstev typu VMT umožňuje:

- minimalizovat vznik nadměrných trvalých deformací ve formě vyjetých kolejí a jiných poruch podobného typu,
- dosáhnout vysoké odolnosti asfaltových vrstev proti únavě i proti působení vody a tím zajistit i jejich vysokou životnost,
- snížit tloušťky vozovky ve srovnání s klasickými typy úprav či zvýšit životnost vozovky.

Jako speciální podkladní vrstvy jsou používány vrstvy s označením RBL („*Rich Bottom Layers*“). Jedná se o asfaltové směsi používané do pokladních vrstev vozovky, které obsahují o min. 0,5 % asfaltového pojiva více než běžné asfaltové betony. Nejdůležitější funkcí tohoto typu asfaltové směsi, potažmo vrstvy, je vysoká odolnost vůči únavě a vysoká životnost takové konstrukční vrstvy. Vrstva slouží především k přenášení napětí z dopravního zatížení a k zamezení případů porušení na spodní hraně podkladní vrstvy (vznik únavové trhliny), kdy dochází v krátké době k destrukci zbytku konstrukce vozovky. Asfaltové vrstvě se při zvýšení minimálního obsahu asfaltového pojiva zvyšuje odolnost vůči únavě, vrstva se stává flexibilnější a snáze přenáší opakovaná zatížení.

Asfaltové směsi s vyšším obsahem asfaltového pojiva a s nižší mezerovitostí mohou být do určité míry náchylnější na vznik trvalých deformací. Z toho důvodu je nezbytné, aby asfaltová vrstva z asfaltové směsi typu RBL byla vždy překryta vrstvami vysoce odolnými vůči trvalým deformacím.

Asfaltové směsi typu ACP RBL jsou určeny především pro použití u vozovek s dopravním zatížením třídy S, I, II a v úsecích s pomalou a zastavující dopravou, zejména na nestmelených podkladních vrstvách.

Asfaltová vrstva ze směsi typu SAL je jedno z opatření při výstavbě pozemních komunikací sloužící k oddálení prokopírování reflexních trhlin. Tyto vrstvy je možno použít také při opravách cementobetonových krytů (při překrytí nebo zesílení asfaltovými vrstvami) nebo při opravách asfaltových vozovek (opravě trhlin, výměně krytových vrstev, zesílení apod.) porušených smršťovacími (mrazovými) nebo reflexními trhlinami.

Použití asfaltové kompenzační vrstvy při opravě vozovek musí předcházet diagnostika porušené vozovky s posouzením druhu a četnosti poruch, druhu, tloušťek, kvality a spojení vrstev, posouzení únosnosti vozovky a konzultace se specialisty. V případě použití asfaltové kompenzační vrstvy u nové nebo opravované vozovky s požadovaným zvýšením její únosnosti (zesílením), musí být kompenzační vrstva zahrnuta do výpočtu a posouzení vozovky.

Asfaltovou vrstvu se zvýšenou odolností proti šíření trhlin lze vkládat pod asfaltové ložní vrstvy nebo pod asfaltové podkladní vrstvy. Asfaltová vrstva ze směsi typu SAL má být umístěna v takové hloubce pod povrchem, aby nemohlo dojít k jejímu poškození dopravou a ztrátě funkce malou průtažností v zimním období.

Asfaltová vrstva ze směsi typu SAL s ohledem na vlastnosti použitých materiálů, tloušťku vrstvy a konstrukční uspořádání může jako mezivrstva umožňovat do určité míry nezávislý pohyb spodní části konstrukce vozovky. Její skladba, rozměry a poloha v konstrukci asfaltového souvrství jsou závislé na maximální roztažnosti a případně také na vertikálním pohybu při mezních záporných teplotách konstrukce vozovky. Dále závisí na velikosti dopravního zatížení a předpokládané životnosti opravy.

#### **5.1.4 Kryty vozovek**

##### **5.1.4.1 Asfaltové kryty**

Asfaltové vrstvy jsou nejrozšířenějším typem vrstev, používaných pro kryt vozovky.

U asfaltových vozovek se při nižším dopravním zatížení obvykle vynechává ložní vrstva (ACL), aby bylo možné celkovou tloušťku asfaltových vrstev snížit, a přitom dodržet jejich předepsané minimální tloušťky.

Asfaltové obrusné vrstvy jsou navrženy buď jako vodonepropustné – MA, AC, BBTM, SMA s mezerovitostí do 5 %, nebo jako částečně propustné BBTM NH, SMA NH s mezerovitostí do 14 % nebo jako propustné AKO s mezerovitostí do 26 %.

Podle velikosti dopravního zatížení se preferují u obrusných vrstev:

- pro TDZ S – II vrstvy SMA S, BBTM, MA I (popř. ACB pro autobusové zastávky nebo jiné extrémně zatížené plochy);
- pro TDZ II – IV vrstvy ACO +, BBTM, MA III;
- pro TDZ V – VI vrstvy ACO, BBTM, MA II;
- nízkohlučné směsi SMA NH a BBTM NH jsou pak použitelné pro všechny TDZ.

Pro ložní vrstvy se uplatňují zejména asfaltové betony:

- pro TDZ S – II vrstvy ACL S, VMT, popř. nově zaváděné vrstvy SMA L;
- pro TDZ III – IV vrstvy ACL +, AKO;
- pro TDZ V – VI vrstvy ACL, AKO.

Z ekologických důvodů se používají směsi s označením NT (nízkoteplotní viz ČSN 73 6120) s ohledem na možnost výroby při teplotách nižších cca o 15 – 30°C. Snížení teplot a tím i nižší exhalace CO<sub>2</sub> do ovzduší se dosahuje přidáním přísad, které upravují (snižují) viskozitu asfaltového pojiva, resp. směsi, nebo se u nich uplatní technologie zpěněného asfaltu, kdy přísadou pro úpravu viskozity asfaltového pojiva je voda. Přísady a technické postupy mohou v případě nevyužití potenciálu snížení teploty během výroby a přepravy prodloužit časový interval hutnění u asfaltových směsí nebo zlepšit zpracovatelnost litého asfaltu.

Obrusné vrstvy se sníženou hlučností s označením NH (ČSN 73 6120) se dají použít u všech typů pozemních komunikací, pokud je nejvyšší dovolená rychlost alespoň 50 km/h, v případě podílu nákladních vozidel nad 30 % celkové intenzity dopravního proudu pak alespoň 40 km/h. Nejběžněji se používají směsi typů SMA a BBTM s upravenou čarou zrnitosti, která je například oproti běžným směsím SMA více zalomená a obsahuje méně filerových částic, čímž se dosáhne vyšší mezerovitosti než u běžných směsí SMA.

Asfaltový koberec mastixový SMA (ČSN 73 6121) je určen pro obrusné vrstvy vysoce zatížených silničních a dálničních vozovek a křižovatek, popř. dalších extrémně zatížených ploch. Je vysoce odolný proti tvorbě trvalých deformací. Čára zrnitosti není plynulá, nosnou kostru směsi tvoří zejména nejhrubší frakce kameniva vyplněná mastixem. Směs se vyznačuje vyšším obsahem pojiva, především modifikovaného. Aby nedocházelo k jeho stékání, používá se příměsí celulóзовých vláken. Směs je též považována za nepropustnou.

Asfaltový koberec mastixový pro ložní vrstvy SMA L (ČSN 73 6120) je za horka zpracovávaná asfaltová směs využívající koncept asfaltového koberce mastixového s vyšším obsahem polymerem modifikovaného asfaltu a úzkým intervalem přípustné mezerovitosti. U tohoto druhu směsí je nutné prokázat vlastnosti kombinací empirických a funkčních požadavků. Použití směsí typu SMA L umožňuje minimalizovat vznik nadměrných trvalých deformací ve formě vyjetých kolejí a jiných poruch podobného typu; dosáhnout zvýšené odolnosti asfaltové vrstvy proti vzniku a šíření trhlin; snížit tloušťky obrusné vrstvy ve srovnání s klasickými typy úprav asfaltového betonu či zvýšit únosnost vozovky.

Asfaltové koberce otevřené AKO (ČSN 73 6121) jsou asfaltové směsi určené pro obrusné vrstvy pro nemotoristické komunikace (též jako vrstvy pod hřiště s umělým povrchem), pro ložní vrstvy s nízkým dopravním zatížením (do max. TDZ IV) a pro podkladní vrstvy s dopravním zatížením max. TDZ III s přerušenou čarou zrnitosti. Jedná se o vodě propustné vrstvy, které jsou používány při opravách vozovek jako vrstvy pokládáné na stávající povrch vozovky, u kterého došlo k vypocení asfaltového pojiva a ztrátě makrotextury (s následným překrytím asfaltovou vrstvou nebo vrstvami).

Asfaltový koberec drenážní PA (ČSN 73 6121) je asfaltová směs, která propouští vodu. Při výběru požadavků, způsobu návrhu asfaltových směsí a jejich použití ve vozovce bylo přihlédnuto ke geografickým a klimatickým poměrům v ČR a bylo rozhodnuto, že se asfaltové koberce drenážní nebudou používat do obrusných vrstev vozovek s ohledem na velký počet cyklů mrazu a tání v zimním období, ale výhradně jako podklad pod hřiště s umělým povrchem podobně jako asfaltové koberce otevřené.

Pro vozovky TDZ VI (obslužné místní komunikace, obytné zóny, parkoviště osobních vozidel atd.) se jednoznačně doporučuje použít do obrusné vrstvy asfaltové betony ACO s velikostí max. zrna 8 mm, tedy ACO 8. Směsi se lépe hutní ve stísněnějších poměrech a mají i vyšší trvanlivost. Alternativně lze tyto zaměnit za vrstvy z litého asfaltu, které se v minulosti jednoznačně osvědčily, avšak jejich použití není v současnosti tak časté jako v minulosti. Jejich cena je sice vyšší než u hutněných úprav, nesrovnatelně vyšší je však životnost, která je často 40 až 50 let s ohledem na dokonalou vodonepropustnost.

V citovaných normách je použito následující označení vrstev:

– Asfaltový beton	AC	(Asphalt Concrete)
– Asfaltový beton nízkoteplotní	AC NT	
– Asfaltový beton pro velmi tenké vrstvy	BBTM	(Bétons Bitumineux Très Minces)
– Asfaltový beton pro velmi tenké vrstvy se sníženou hlučností	BBTM NH	
– Asfaltový koberec mastixový	SMA	(Stone Mastic Asphalt)



- |   |        |   |
|---|--------|---|
| – Asfaltový koberec mastixový se sníženou hlučností | SMA NH |   |
| – Asfaltový koberec mastixový pro ložní vrstvy      | SMA L  |   |
| – Asfaltový koberec otevřený                        | AKO    |   |
| – Asfaltový koberec drenážní                        | PA     | (Porous Asphalt)  |
| – Litý asfalt                                       | MA     | (Mastic Asphalt)  |
| – Podkladní asfaltová vrstva odolná proti únavě     | RBL    | (Rich Bottom Layer)   |
| – Asfaltová vrstva odolná proti trhlinám            | SAL    | (Stress Absorbing Layer)  |
| – Asfaltocementový beton                            | ACB    | (Open-graded asphalt concrete filled with a special cement grout) |

#### 5.1.4.2 Cementobetonové kryty

Užití CB krytů ve vozovce je uvedeno v ČSN 73 6123-1.

Délky desek cementobetonových vozovek se s ohledem na zvýšené namáhání dnes obvykle nenavrhují větší než 20násobek tloušťky desky. Délka desky současně nemá být větší, než 1,5násobek její šířky. Největší délka desek je pak 6 m.

#### 5.1.4.3 Kryty z dlažeb a dílců

Vozovky s kryty z dlažeb a dílců se výpočtem obvykle neposuzují a navrhují se empiricky. Při jejich použití se doporučuje použít katalog vozovek.

Posuzování výpočtem je možné pouze u vozovek z dlažeb tak, že dlážděný kryt a ložní vrstva jsou ve výpočetním modelu simulovány náhradními (fiktivními) vrstvami.

Posouzení se provádí pouze na základě kritéria posouzení kumulace nevratných přetvoření při namáhání podloží v tlaku.

##### 5.1.4.3.1 Kryty z dlažeb

Kryty z dlažeb se provádějí podle ČSN 73 6131. Mají význam především estetický, proto se používají při rekonstrukci historických a památkových zón měst a obcí, parkovišť a zpevněných ploch nákupních a turistických center apod. Navrhují se pro třídu dopravního zatížení max. IV.

Pro běžný silniční provoz a vyšší dopravní zatížení nejsou dlážděné vozovky vhodné, protože mají omezenou únosnost, a zvláště při použití dlažby z přírodního kamene nelze zajistit vyhovující makrotexturu povrchu pro potřebný komfort jízdy. Kromě toho při rychlostech vozidel větších než 30 km/hod významně vzrůstá dopravní hluk.

Podle třídy dopravního zatížení jsou minimální tloušťky dlažebních prvků:

- |                   |         |
|-------------------|---------|
| – pro třídu IV    | 100 mm, |
| – pro třídu V, VI | 80 mm.  |

##### 5.1.4.3.2 Kryty ze silničních dílců

Vozovky s krytem ze silničních dílců (betonových panelů) se používají pro dočasné komunikace jako např. krátké objížďky nebo některé účelové komunikace a odstavné nebo skladovací plochy. Výhodou

je jednoduché provedení obvykle s možností rozebrání a opětovného použití a dále vysoká odolnost vůči trvalým deformacím v případě stání těžkých vozidel nebo při uložení těžkých břemen.

#### **5.1.4.3.3 Kryty z vegetačních dílců**

Vozovky s krytem z vegetačních dílců se používají pouze jako komunikace občasně poježděné obvykle osobními automobily.

#### **5.1.4.4 Kryty z penetračního makadamu**

Penetrační makadam podle ČSN 73 6127-2 opatřený nátěrem podle ČSN 73 6129 lze použít jako obrusnou vrstvu zejména účelových komunikací (lesní a polní cesty, parkoviště) nejvýše pro třídu dopravního zatížení IV. Vozovky s krytem z penetračního makadamu lze posuzovat pouze na základě kritéria posouzení kumulace nevratných přetvoření při namáhání podloží v tlaku.

#### **5.1.4.5 Kryty z válcovaného betonu**

Válcovaný beton podle ČSN 73 6124-3 lze použít do krytů vozovek místních obslužných komunikací, účelových komunikací a parkovacích nebo odstavných ploch nejvýše pro třídu dopravního zatížení III. Takovéto vozovky lze posuzovat výpočtem stejným způsobem jako vozovky cementobetonové.

#### **5.1.4.6 Nestmelené kryty**

Vozovky s nestmeleným krytem podle ČSN 73 6126-1 (případně ČSN 73 6126-2) je možné použít pro místní a účelové komunikace, parkovací a odstavné plochy nejvýše pro třídu dopravního zatížení VI. Tyto vozovky se navrhují a posuzují výlučně empiricky.

### **5.2 Návrhové parametry konstrukčních vrstev**

Základním návrhovým parametrem každé konstrukční vrstvy vozovky je modul pružnosti, součinitel příčného přetvoření (Poissonovo číslo) a návrhová tloušťka. Konstrukční vrstvy a podloží vozovky se přitom považují za homogenní a izotropní. Na stycích vrstev se většinou předpokládá dokonalé spolupůsobení. Pouze mezi vrstvami stmelenými hydraulickými pojivy a asfaltovými vrstvami je vhodné předpokládat nedokonalé spolupůsobení (částečný prokluz) vrstev. Ve výpočetním programu (článek 5.3) se toto nedokonalé spolupůsobení vyjadřuje pomocí charakteristiky spolupůsobení  $g$  (obvykle v hodnotě 0,99). Stmelené vrstvy z asfaltových směsí a cementobetonové kryty jsou dále charakterizovány parametry odolnosti proti únavě  $\epsilon_s$ ,  $B$  vlivem opakovaného zatěžování (článek P.2.2, článek P.2.3).

Modul pružnosti a součinitel příčného přetvoření charakterizují i podloží vozovky, které se na únavu posuzuje na základě jeho odolnosti proti kumulaci nevratných přetvoření při namáhání v tlaku.

#### **Poznámka 12**

Čím je modul pružnosti vyšší, tím se vrstva při stejném zatížení méně deformuje (prohýbá). Těleso se při namáhání tlakem stlačuje, ale přitom má tendenci se v příčném směru roztahovat. To, jaký podíl na stlačení tělesa má stlačení jeho hmoty a jaký příčné roztažení, udává bezrozměrný součinitel příčného přetvoření.

Návrhové parametry konstrukčních vrstev vozovek jsou uvedeny v tabulkách 8, 9, 10 a 11. Podrobné informace o stanovení a využití těchto parametrů v návrhové metodě jsou uvedeny v příloze 2.

Tabulka 8 uvádí moduly tuhosti a únavové koeficienty pro vybrané asfaltové směsi odvozené podle ČSN EN 12697-26+A1 a ČSN EN 12697-24 metodou 2-PB. Z norem ČSN 73 6121 „Hutněné asfaltové vrstvy“ a ČSN 73 6120 „Ostatní asfaltové vrstvy“ jsou uvedeny mezerovitosti vrstev a doporučená asfaltová pojiva. Jiné druhy pojiv, která nejsou uvedena v této tabulce, lze použít též, v tomto případě se doporučuje provést stanovení přetvárných charakteristik (modulu tuhosti a únavových koeficientů) podle výše citovaných dvou zkušebních norem. Další navýšení modulů tuhosti asfaltových směsí oproti hodnotám uvedeným v tabulce lze docílit např. přidáním 3D výztuže vlákný. K navýšení modulů tuhosti díky přidání 3D výztuže vlákný dochází jak u směsí s nemodifikovaným pojivem, tak u směsí s modifikovaným pojivem.

Tabulka 8 má sloužit zejména projektantům a pracovníkům oprávněným k provádění diagnostických a průzkumných prací na netuhých vozovkách k alternativním návrhům, kdy lze u konstrukcí uváděných v katalogu vozovek zaměňovat standardní vrstvy a provádět posuzování těchto alternativních konstrukcí vozovek výpočtovým programem ELaS.

**Tabulka 8 – Návrhové parametry asfaltových vrstev podle ČSN 73 6121 a ČSN 73 6120**

Konstrukční vrstva		Doporučená pojiva	Modul pružnosti (MPa)	Součinitel příčného přetvoření	$\epsilon_6$	B
Typ směsi	Mezerovitost (%)					
ACB	0	50/70, 70/100	15 000	0,20	60	5,0
VMT	3–5	20/30, 30/45, TSA 15/25	9 000	0,30	125	
		PMB 10/40-65 (NT), PMB 25/55-60,-65 (NT), MG 20/30, 35/50			135	
SMA L	3–4	PMB 10/40-65 (NT), PMB 25/55-60,-65 (NT)			125	
ACP RBL	3–5,5	30/45, 50/70, PMB 25/55-60,-65 (NT), PMB 45/80-65 (NT)	8 500	0,30	110	
					120	
ACO+ BBTM C	2,5–4	PMB 25/55-60,-65 (NT), PMB 45/80-65 (NT), 50/70, (70/100)	7 500	0,33	135	
ACL S, ACL+ BBTM A	4–6 3–10	PMB 25/55-60,-65 (NT), PMB 45/80-65 (NT), 50/70, (70/100)			115	
ACP S	4–7	PMB 25/55-60,-65 (NT), PMB 45/80-65 (NT), 50/70, (70/100)			100	
MA I, MA II, MA III, MA IV	0	20/30, 30/45, PMB 10/40-65 (NT), PMB 25/55-60,-65 (NT)		0,35	160	
SAL	1–3	PMB 40/100-65, PMB 45/80-65 (NT),-75		0,40	140	

Konstrukční vrstva		Doporučená pojiva	Modul pružnosti (MPa)	Součinitel příčného přetvoření	ε <sub>6</sub>	B
Typ směsi	Mezerovitost (%)					
ACO	2–4	50/70, (70/100)	5 500	0,33	135	5,0
ACL	4–6				115	
ACP+	4–7				100	
SMA S	3,0–4,5	PMB 25/55-60,-65 (NT), PMB 45/80-65 (NT)	0,35	135		
SMA	2–4	50/70				
BBTM NH	10–14	PMB 25/55-60,-65 (NT), PMB 45/80-65 (NT),	4 500	0,33	100	
SMA NH	9–12	PMB 40/100-65				
BBTM B	11–15	PMB 25/55-60,-65 (NT), PMB 45/80-65 (NT) 50/70, (70/100)				

**Tabulka 9 – Návrhové parametry cementobetonových vrstev podle ČSN 73 6123-1**

Skupina CB krytu	Modul pružnosti (MPa)	Součinitel příčného přetvoření	Charakteristiky	
			pevnosti v tahu (MPa)	únavy B
CB I	37 500	0,20	4,30	20
CB II	37 500	0,20	4,30	20
CB III	35 000	0,20	3,75	20

**Tabulka 10 – Návrhové parametry válcovaného betonu RCC podle ČSN 73 6124-3**

Třída pevnosti $R_c$	Modul pružnosti (MPa)	Součinitel příčného přetvoření	Charakteristiky	
			pevnosti v tahu (MPa)	únavy B
C <sub>12/16</sub>	23 500	0,20	3,30	20
C <sub>15/20</sub>	27 000	0,20	3,40	20
C <sub>18/24</sub>	30 000	0,20	3,50	20
C <sub>21/28</sub>	32 500	0,20	3,60	20
C <sub>24/32</sub>	35 000	0,20	3,75	20
C <sub>27/36</sub>	37 500	0,20	4,30	20

**Tabulka 11 – Návrhové parametry ostatních vrstev**

Konstrukční vrstva	Norma	Modul pružnosti (MPa)	Součinitel příčného přetvoření
MCB	ČSN 73 6124-2	6 000	0,20
SC C <sub>8/10</sub>	ČSN 73 6124-1	2 500	0,22
SC C <sub>5/6</sub>		2 000	0,22
SC C <sub>3/4</sub>		1 200	0,23
SC C <sub>1,5/2</sub>		1 000	0,23
MZK	ČSN 73 6126-1	500	0,25
ŠD <sub>A</sub>		300	0,30
ŠD <sub>B</sub>		200	0,30
MZ		200	0,30
ŠP		100	0,30
ŠCM	ČSN 73 6127-1	600	0,25
PM	ČSN 73 6127-2	800	0,33
DL zámková	ČSN 73 6131	600	0,25
DL ostatní	ČSN 73 6131	300	0,25
Ložní vrstva pod DL	ČSN 73 6131	150	0,25

Návrhové hodnoty, uvedené v tabulkách, nelze přímo porovnávat s výsledky laboratorních zkoušek. Pokud má být u významných staveb, nebo na základě požadavků projektanta či investora, proveden návrh vozovky na základě výsledků laboratorních zkoušek, je třeba individuálního posouzení, jak z naměřených, laboratorně stanovených hodnot, zvolit návrhovou hodnotu pro výpočet.

### 5.3 Postup posouzení vozovky výpočtem

Celý výpočetní postup je podrobně popsán v příloze 2.

Pro asfaltové vozovky se standardně výpočet provádí pomocí programu ELaS, který je plně kompatibilní s článkem P.2.4. Obsahuje výpočet napětí a přetvoření jednotlivých vrstev vozovky pomocí teorie lineárně pružného vrstevnatého poloprostoru a dále výpočet poměrných porušení asfaltových vrstev a podloží pro posouzení asfaltové vozovky.

#### Poznámka 13

Pro výpočet je možné použít i jiný program (např. Laymed, Layeps), umožňující respektovat podmínky návrhové metody, popsané v těchto TP.

Výstupem z programu je poměrné porušení  $D_{cd}$ , které musí obecně splňovat podmínku  $D_{cd} < 1$ . S ohledem na nejistotu ve stanovení intenzity a skladby dopravního zatížení, resp. vytížení vozidel (součinitel  $C_3$ ) a tedy správnost stanovení návrhového dopravního zatížení, se při posuzování vozovek výpočtem podle návrhové metody doporučuje, aby se větší z vypočtených hodnot  $D_{cd}$  (asfaltové podkladní vrstvy resp. podloží) pohybovala v mezích 0,6 až 0,85. U vozovek s velmi nízkým dopravním zatížením při nutnosti dodržení minimálních tloušťek konstrukčních vrstev mohou být hodnoty nižší

než 0,6. Nižší hodnoty se mohou vyskytovat též v případech posuzování oprav vozovek nebo v jiných zvláštních případech, kde z technologických důvodů vozovku takto optimalizovat není možné.

Pro cementobetonové vozovky je výpočetní posouzení odlišné (a také významně pracnější), než pro vozovky asfaltové. Tuhost CB krytu je obvykle násobně větší než tuhost podkladu, na kterém leží a kryt vozovky tak přebírá převážnou část napětí vznikajících od všech zatížení (podrobně viz 2.3). Z toho důvodu se výpočetní posouzení provádí pouze pro CB kryt a posuzování podkladních vrstev ani podloží vozovky se již neprovádí.

Vlastní výpočetní posouzení cementobetonových vozovek se pak provede některým z klasických postupů - např. postupem podle přílohy 2. Tento postup je ale aplikovatelný jen a pouze pro dopravní zatížení běžným silničním provozem. Hodnotu maximálního průhybu vrstevnatého poloprostoru  $w$ , potřebnou pro výpočetní posouzení, lze stanovit pomocí některého z výše uvedených programů. Z výše uvedeného je zřejmé, že program ELaS (ani jiný uvedený) nelze použít pro kompletní posouzení cementobetonových vozovek.

Napjatost a přetvoření ve vozovkovém systému lze také stanovit pomocí některého z programů, založených na metodě konečných prvků. Posouzení celkového poměrného porušení  $D_{cd}$  se provede podle vztahu P.2.10.

#### **Poznámka 14**

Musí být přitom respektováno ustanovení P.2.4.2, že použití jiného výpočtového modelu (výpočetního programu) je vázáno na ověření výsledků výpočetního posouzení tak, aby se vypočtené tloušťky katalogových konstrukcí vozovek nelišily o více než 10 mm CB krytu.

## **5.4 Etapová výstavba**

### **5.4.1 Všeobecně**

Etapovou výstavbu lze použít například když má na vybudované komunikaci v jistém časovém okamžiku dojít k výraznému nárůstu intenzity dopravy. Při návrhu vozovky se zohledňují obě etapy, tj. vozovka vystavená počátečnímu dopravnímu zatížení i zesílení vozovky od okamžiku, kdy se má dopravní zatížení zvýšit.

U obslužných komunikací stavenišť je často poptávka stavět vozovku etapově z důvodu eliminace vlivu znečištění nebo poškození jejího finálního povrchu staveništní dopravou.

Další výhody etapové výstavby jsou následující:

- V případě nedostatku finančních prostředků se může vozovka navrhnout pro kratší návrhové období a následně avšak závčas po vyčerpání jen bezpečné části její životnosti zesílit. Zde je však bezpodmínečně nutné mít na takovéto plánované zesílení zajištěné finanční prostředky.
- Při etapové výstavbě nemusí dojít k výměně obrusné vrstvy, pokud se zesílení provede dříve, než by bylo nutné tuto vrstvu vyměnit.
- Při problémech s odhadem nárůstu dopravního zatížení (místní komunikace, komunikace v blízkosti možné výstavby průmyslových areálů, potencionální objížďky apod.) lze mít etapovou výstavbu připravenou jako variantní řešení.

Nevýhodou etapové výstavby je to, že při ní vychází celková tloušťka vozovky mírně vyšší, protože během první etapy je vozovka více namáhána.

## 5.4.2 Postup

### 5.4.2.1 Návrh první etapy

Návrh první etapy vychází z koncepce zachování nezbytné zbytkové životnosti tak, aby se na vozovce s dostatečnou rezervou nemohly projevit žádné známky únavy. Vozovku se obvykle doporučuje navrhnout tak, aby v první etapě bylo poměrné porušení jen  $D_{cd1} = 0,6$ . Předpokládané dopravní zatížení první etapy  $N_{cd1}$  se tak při výpočtu musí zvýšit vynásobením koeficientem  $1/0,6 = 1,67$ . Dřívější zesílení vozovky by umožnilo zvýšit celkové přípustné dopravní zatížení, ale finanční prostředky by bylo nutné vynaložit dříve.

### 5.4.2.2 Předběžný návrh druhé etapy

Návrh je založen na stanovení tloušťky zesílení ještě v době provádění původního návrhu. Přitom se musí zajistit, aby výsledná zesílená konstrukce vozovky vydržela bez porušení únavou po celé návrhové období, tj. po celou první a druhou etapu. Po zesílení musí být vozovka navržena tak, aby poměrné porušení od předpokládaného dopravního zatížení v druhé etapě  $N_{cd2}$  bylo jen  $D_{cd2} = 1 - D_{cd1}$ , tj. například pro  $D_{cd1} = 0,6$  musí být  $D_{cd2} \leq 0,4$ . To se docílí tím, že se předpokládané dopravní zatížení  $N_{cd2}$  vynásobí koeficientem  $1/(1 - D_{cd1})$  tj. pro  $D_{cd1} = 0,6$  koeficientem  $1/(1 - 0,6) = 2,5$ .

## 5.5 Zvláštní případy

### 5.5.1 Vozovky s velmi nízkým dopravním zatížením

Jedná se zejména o některé účelové komunikace, obslužné místní komunikace, ostatní komunikace se zanedbatelným provozem, parkoviště pro osobní automobily, odstavné plochy a nemotoristické komunikace jako jsou chodníky a cyklostezky.

Pro navrhování vozovek s velmi nízkým dopravním zatížením se doporučuje přednostně používat katalog vozovek podle kapitoly 4. V ostatních případech je při posouzení výpočtem obvykle rozhodujícím faktorem dodržení minimálních povolených tloušťek konstrukčních vrstev podle příslušných technických norem a předpisů.

Horní a spodní podkladní vrstvu lze podle 5.1.3.2.2 sloučit do jedné vrstvy.

Asfaltový kryt (např. ACO) se z praktických důvodů za účelem dosažení požadované rovnosti doporučuje pokládat na asfaltovou podkladní vrstvu (ACP). Výjimku lze připustit v případě horní podkladní vrstvy z MZK, položené finišerem.

Jako kryt lze použít též penetrační makadam (PM) opatřený nátěrem podle ČSN 73 6127-2, válcovaný beton podle ČSN 73 6124-3, dlažbu podle ČSN 73 6131 nebo nestmelený kryt podle ČSN 73 6126-1.

Podloží vozovky musí vždy vyhovovat ČSN 73 6133, nízké dopravní zatížení není důvodem stanovené požadavky nerespektovat.

### Poznámka 15

Technologické důvody pro návrh skladby konstrukce vozovky s velmi nízkým dopravním zatížením jsou zřejmé například u cyklostezek, které se nedimenzují, aby unesly cyklistu, ale technologii pokládky a hutnění konstrukčních vrstev v době výstavby. K tomu zcela jistě přispívá požadavek na dodržení všech předepsaných minimálních tloušťek. Proto i takovéto komunikace musí snést bez újmy ojedinělý přejezd nákladního automobilu.

### 5.5.2 Extrémně namáhané konstrukce

Za extrémně namáhané konstrukce se považují autobusové zastávky, okružní křižovatky, horské točky, místa vykládky nebo nakládky kamionů logistických center, účelové komunikace pojižděné nestandardními vozidly nebo mechanismy.

Zatížení těchto komunikací má specifický charakter a musí se posuzovat ze dvou hledisek:

#### A. Extrémní namáhání krytu vozovky

Extrémně vysoké dotykové tlaky náprav způsobené např. vysokozdvížnými vozíky s plnými pneumatikami, zvláštními mechanismy nebo pásovými vozidly způsobují extrémní namáhání krytu vozovky vedoucí často k jejímu poškození.

Dalším nepříznivým činitelem jsou malé poloměry oblouků, kde při průjezdu některých typů vozidel jako jsou např. návěsové soupravy na krytu vozovky vznikají vysoká smyková napětí. Typickým příkladem jsou okružní křižovatky, horské točky a všechna místa, kde dochází k otáčení kol na místě při parkování nebo manipulaci při nájždění k nákladovým rampám apod.

Řešení spočívá především ve volbě vhodné technologie krytu vozovky, který musí být odolný vůči vysokým dotykovým tlakům i smykovým napětím (viz článek 5.2).

#### B. Extrémní namáhání celé konstrukce vozovky

Jedná se o účelová vozidla výrazně překračující povolené hmotnosti nebo dotykové tlaky náprav jako jsou např. speciální přepravníky pohybující se v průmyslových areálech, kolové jeřáby nebo též vysokozdvížné vozíky. Takovéto vozovky se posuzují výpočtem při zohlednění skutečných parametrů náprav projíždějících vozidel.

### 5.5.3 Opravy vozovek

Opravy vozovek se zásadně navrhují podle TP 87. Podle těchto TP je možné návrh opravy vozovky posoudit za předpokladu shody předpokládaných materiálových charakteristik konstrukčních vrstev s dostupnými vstupními hodnotami.

## 5.6 Posouzení odolnosti proti promrzání podloží

### 5.6.1 Obecné zásady

Hloubka pronikání mrazu do podloží závisí na očekávané intenzitě a trvání období mrazu (index mrazu), tepelné vodivosti materiálů vozovky i podloží a na vodním režimu podloží. Protože vystižení těchto vlivů je složité a vstupní parametry jsou zatížené různými nejistotami, provádí se posouzení zjednodušeným způsobem založeným hlavně na zkušenostech.



Pro ochranu podloží vozovky před promrzáním v závislosti na:

- návrhové úrovní porušení podle článku 3.1;
- míře namrzavosti zeminy v podloží vozovky, stanoveného podle přílohy A ČSN 73 6133 nebo přímou zkouškou podle ČSN 72 1191;
- typu vodního režimu podloží podle článku 5.6.2;
- návrhové hodnotě indexu mrazu podle článku 5.6.4;

musí být navržena minimální tloušťka vozovky podle článku 5.6.5, tabulky 13 a 14.

Do tloušťky vozovky pro stanovení odolnosti proti promrzání podloží je možno zahrnout i vrstvu podloží (aktivní zónu), pokud je z nenamrzavých materiálů.

### 5.6.2 Vodní režim podloží

Vodní režim v podloží je obvykle uveden ve zprávě o geotechnickém průzkumu pro projekt. V té době nemusely být známy některé informace týkající se projektu. Při volbě vodního režimu pro posouzení odolnosti proti promrzání podloží vozovky je třeba vzít do úvahy možnost akumulace vody různého původu v podloží (například průsaky ze zásypů inženýrských sítí, změna vodního režimu v zářezu, stav drenážních systémů v okolí stavby atd.). Těmito vlivy může dojít ke zvýšení vlhkosti zemin v podloží. Další možné vlivy jsou uvedeny v článku 5.6.4 a 5.6.5.

Rozlišují se tři typy vodního režimu podloží.

Difúzní (příznivý), který je popsán podmínkami:

$$\begin{aligned} h_{pv} &\geq d_{pr} + 2 h_s \\ I_c &> 1 \end{aligned} \quad (5)$$

Pendulární (nepříznivý), který je popsán podmínkami:

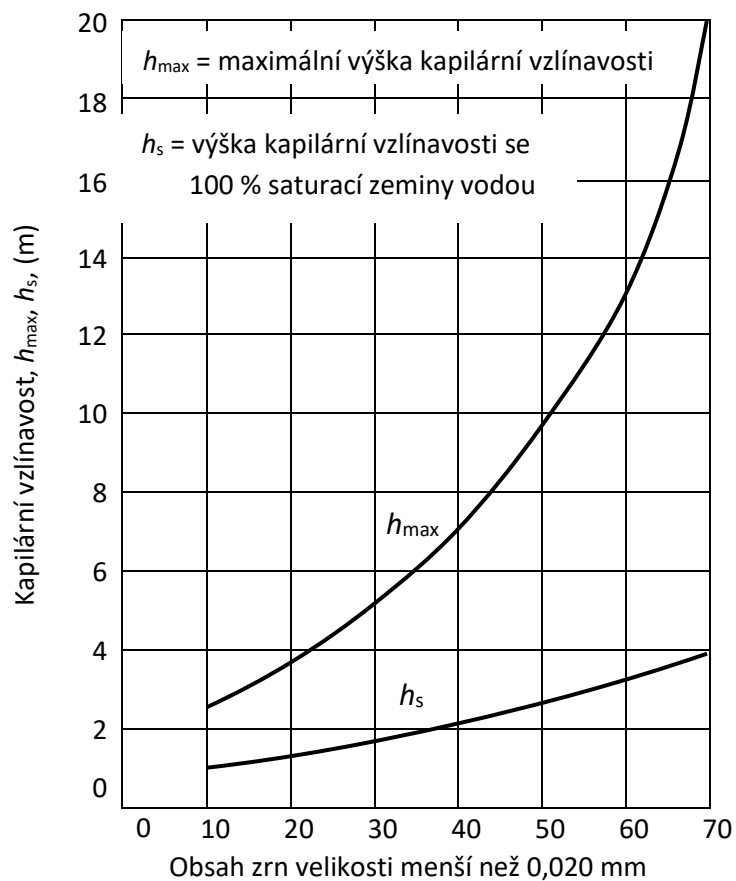
$$\begin{aligned} d_{pr} + h_s &< h_{pv} < d_{pr} + 2 h_s \\ 0,7 &\leq I_c \leq 1 \end{aligned} \quad (6)$$

Kapilární (velmi nepříznivý), který je popsán podmínkami:

$$\begin{aligned} h_{pv} &\leq d_{pr} + h_s \\ I_c &< 0,7 \end{aligned} \quad (7)$$

kde je

$h_{pv}$	průměrná vzdálenost hladiny podzemní vody od nivelety vozovky v m;
$d_{pr}$	hloubka promrzání vozovky a podloží v m, vypočítá se podle rovnic (8) a (9);
$h_s$	kapilární výška při úplném nasycení pórů zeminy vodou v m, viz obrázek 5;
$I_c$	stupeň konzistence zeminy v podloží, viz článek 5.6.5.



Obrázek 5 – Stanovení kapilární vztlínivosti zemin

Pro netuhé vozovky platí

$$d_{pr} = 0,05 \sqrt{Im_d} \quad (8)$$

Pro cementobetonové vozovky platí

$$d_{pr} = 0,16 \sqrt[3]{Im_d} \quad (9)$$

kde je

$Im_d$  návrhová hodnota indexu mrazu, °C podle článku 5.6.4.

### 5.6.3 Charakteristická hodnota indexu mrazu $Im_k$

Charakteristická hodnota indexu mrazu  $Im_k$  se stanoví buďto v závislosti na nadmořské výšce zájmového území z tabulky 12 anebo přesněji přímo pro lokalitu zájmového území z mapy charakteristických hodnot indexu mrazu, uvedených v ČSN 73 6114.

**Tabulka 12 – Charakteristické hodnoty indexu mrazu pro území České republiky podle nadmořské výšky území**

Výškové pásmo (m. n. m.)	Charakteristická hodnota indexu mrazu $Im_k$ (°C) pro střední dobu návratu 10 roků <sup>1)</sup>
do 200	332
nad 200 do 300	375
nad 300 do 400	424
nad 400 do 500	475
nad 500 do 600	523
nad 600 do 700	582
nad 700 do 900	701
nad 900 do 1 100	840
nad 1 100 do 1 300	994
nad 1 300 do 1 500	1 169
nad 1 500	1 268

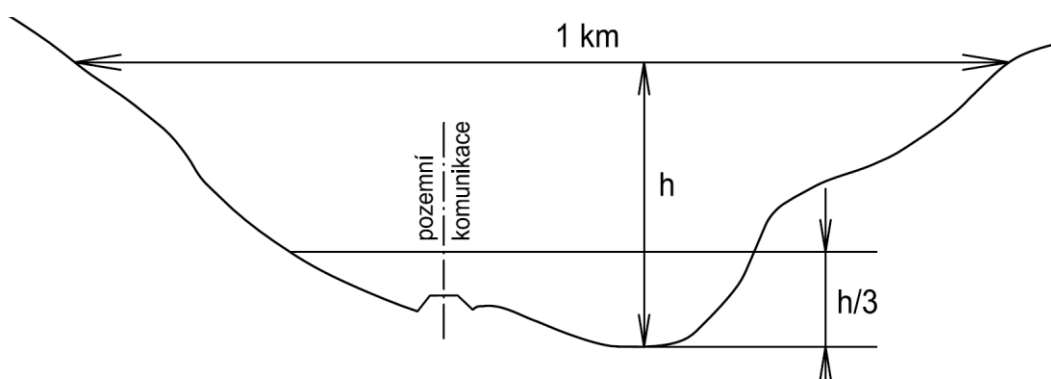
<sup>1)</sup> Střední doba návratu je periodičita (pravděpodobnost) výskytu.

#### 5.6.4 Návrhová hodnota indexu mrazu $Im_d$

Nepříznivé pro navrhování vozovek jsou klimatické podmínky v tzv. inverzních polohách. Ty mohou podle konfigurace terénu být:

- v údolích,
- při úpatí svahu.

Za inverzní polohy v údolích se považují polohy v nadmořské výšce menší, než součet nadmořské výšky nejnižšího bodu řezu a  $h/3$  (viz obr. 6).

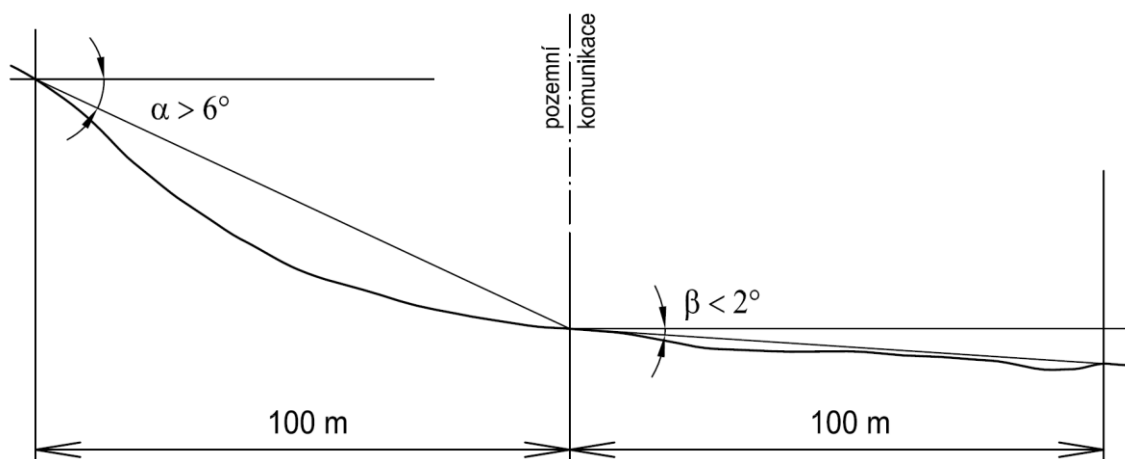


kde  $h$  vymezuje prostor od dna sníženiny po úroveň, kde nejkratší vodorovná vzdálenost protilehlých svahů je 1 km (a více).

**Obrázek 6 – Schéma vymezení inverzních poloh v údolích**

Inverzní polohy při úpatí svahu se určují podle obrázku 7. Řez terénem je veden podél spádnice. Za inverzní se považují polohy:

- ve směru vzhůru do svahu podél spádnice, do vzdálenosti 100 m od komunikace při sklonu svahu 1:10 (cca  $6^\circ$ ) a více,
- ve sklonu opačném od komunikace měřeno do vzdálenosti 100 m je terén vodorovný nebo nepatrně klesá 1:30 (cca  $2^\circ$ ) a méně.



Obrázek 7 – Schéma určení inverzní polohy při úpatí svahu

Pokud úsek komunikace prochází místy inverzních poloh, zjištěné charakteristické hodnoty indexu mrazu  $Im_k$  se násobí součinitelem 1,15.

Naopak v úsecích komunikací se souvislou vyšší zástavbou (obvykle místní komunikace III. tříd (případně i II. tříd) se zjištěné charakteristické hodnoty indexu mrazu násobí součinitelem 0,85.

V ostatních případech je návrhová hodnota indexu mrazu rovna hodnotě charakteristické.

### 5.6.5 Minimální tloušťky vozovky

Minimální tloušťky vozovky se rozlišují zvlášť pro vozovky netuhé podle tabulky 13 a vozovky s cementobetonovým krytem podle tabulky 14.

**Tabulka 13 – Požadovaná minimální tloušťka vrstev netuhé vozovky  
včetně horní části podloží z nenamrzavých materiálů**

Návrhová hodnota indexu mrazu °C	Vodní režim podloží	Nejmenší přípustná tloušťka vrstev pro vozovky s návrhovou úrovní porušení, m			
		D0	D1	D0	D1
		je-li zemina podloží			
		mírně namrzavá a namrzavá		nebezpečně namrzavá	
300	difuzní	–	–	–	–
	pendulární	–	–	0,30	–
	kapilární	0,30	–	0,40	0,30
400	difuzní	–	–	0,30	–
	pendulární	0,30	–	0,40	0,30
	kapilární	0,40	0,30	0,50	0,40
500	difuzní	0,40	0,30	0,45	0,35
	pendulární	0,45	0,35	0,55	0,45
	kapilární	0,55	0,45	0,65	0,55
600	difuzní	0,50	0,40	0,55	0,45
	pendulární	0,55	0,45	0,65	0,55
	kapilární	0,65	0,55	0,75	0,65
700	difuzní	0,60	0,50	0,65	0,55
	pendulární	0,65	0,55	0,75	0,65
	kapilární	0,75	0,65	0,85	0,75
800	difuzní	0,70	0,60	0,75	0,65
	pendulární	0,75	0,65	0,85	0,75
	kapilární	0,85	0,75	0,95	0,85
<b>Poznámka</b> Není-li požadovaná tloušťka vrstev vozovky uvedena (-), vozovka se neposuzuje. Stejně tak se neposuzuje vozovka pro návrhovou úroveň porušení D2, resp. je-li podloží zemina nenamrzavá. Pro mezilehlé hodnoty indexu mrazu se požadovaná tloušťka určí lineární interpolací se zaokrouhlením na 10 mm.					

**Tabulka 14 – Požadovaná minimální tloušťka vrstev cementobetonové vozovky včetně horní části podloží z nenamrzavých materiálů**

Návrhová hodnota indexu mrazu °C	Vodní režim podloží	Nejmenší přípustná tloušťka vrstev pro vozovky s návrhovou úrovní porušení, m			
		D0	D1	D0	D1
		je-li zemina podloží			
		mírně namrzavá a namrzavá		nebezpečně namrzavá	
300	difuzní	–	–	0,35	–
	pendulární	0,35	–	0,45	0,35
	kapilární	0,50	0,40	0,60	0,50
400	difuzní	0,40	0,30	0,45	0,40
	pendulární	0,45	0,35	0,55	0,50
	kapilární	0,60	0,50	0,70	0,60
500	difuzní	0,50	0,40	0,55	0,50
	pendulární	0,55	0,45	0,60	0,60
	kapilární	0,70	0,60	0,80	0,70
600	difuzní	0,60	0,50	0,65	0,55
	pendulární	0,65	0,55	0,75	0,65
	kapilární	0,80	0,70	0,90	0,80
700	difuzní	0,65	0,60	0,70	0,65
	pendulární	0,70	0,65	0,80	0,70
	kapilární	0,85	0,75	0,95	0,85
800	difuzní	0,70	0,65	0,75	0,70
	pendulární	0,75	0,70	0,85	0,75
	kapilární	0,90	0,80	1,00	0,90
<b>Poznámka</b> Není-li požadovaná tloušťka vrstev vozovky uvedena (-), vozovka se neposuzuje. Stejně tak se neposuzuje vozovka pro návrhovou úroveň porušení D2, resp. je-li podložní zemina nenamrzavá. Pro mezilehlé hodnoty indexu mrazu se požadovaná tloušťka určí lineární interpolací se zaokrouhlením na 10 mm.					

Není-li tloušťka navržené vozovky větší nebo rovna tloušťce potřebné pro ochranu namrzavého podloží před promrzáním dle tabulky 13 nebo tabulky 14, navrhne se:

- úprava nebo výměna zeminy v horní části podloží za nenamrzavou, a to v tloušťce alespoň odpovídající rozdílu požadované tloušťky dle tabulky a tloušťky navržené vozovky.
- opatření pro snížení hladiny podzemní vody (pokud je to možné).

Jinou možností je zvýšení tloušťky konstrukce vozovky přidáním ochranné vrstvy v téže tloušťce – viz výše.

Kromě předpokladů vodního režimu podle článku 5.6.2 mohou nastat další nepříznivé podmínky jiného charakteru, neboť voda se do podloží dostává i jinými způsoby než kapilárním vztlínáním výhradně podzemní vody.

- Dešťová voda stéká po vozovce a prosakuje nezpevněnou krajnicí pod její okraj, odkud pak může pronikat do podloží pod celým profilem. Teprve až se nezpevněná krajnice a podloží pod ní nasatí, voda může odtékat a vsakovat se dále.
- Příkopy a drenáže mohou odvádět pouze vodu volnou. Kapilární vodu drénovat nelze, ta se může pouze odpařovat nebo vzlínat do prostředí např. s nižší vlhkostí. Do podloží pod celým profilem tak může vzlínat kapilární voda, která zůstala v okolí dna příkopů a drenáží, odvádějících vodu po intenzivních srážkách nebo v době jarního tání.
- Ve svažitém terénu se často vyskytují zvodnělá místa prosakující podpovrchové vody. Při nepříznivé kombinaci směru spádnice svahu a směru podélného sklonu vozovky nemusí příkopy tuto vodu směřující do podloží vozovky vůbec zachytit.
- Vzduch v pórech vrstvy obsahuje vodní páry, které při poklesu teplot pod krytem kondenzují.
- Srážková voda prosakuje trhlinami v krytu vozovky do podkladních vrstev a podloží.

Difuzní vodní režim lze akceptovat zejména na násypech, v ostatních případech se doporučuje opatrnější postup. Užitečnou informací při rozhodování, který vodní režim zvolit je stupeň konzistence zeminy v podloží, který není závislý pouze na kapilárním sycení podzemní vodou, ale i na ostatních výše uvedených činitelích. Není-li k dispozici údaj o úrovni hladiny podzemní vody, vodní režim lze stanovit pouze na základě stupně konzistence.

## 6 Zaměnitelnost některých vrstev

### 6.1 Zaměnitelnost pro usnadnění využívání místních materiálů a recyklátů

Za účelem usnadnění využívání technologií, které umožňují zpracovávat místní materiály a recykláty, je možné některé vrstvy v navržené konstrukci vozovky za určitých podmínek zaměňovat.

Cílem takovéto záměny je usnadnit použití mechanicky zpevněné zeminy (MZ) podle ČSN 73 6126-1 a vrstev stmelených hydraulickými pojivy nižších pevnostních tříd (zejména ZSH<sub>3/4</sub>) podle ČSN 73 6124-1 v podkladních vrstvách vozovek.

Využívání těchto technologií je úzce vázáno na specifické možnosti zhotovitele stavby, který však v době zpracování projektové dokumentace ještě nebývá vysoutěžen. Projektant proto nemůže vědět, jaké materiálové možnosti z hlediska využívání místních zdrojů zhotovitel stavby bude mít a pokud k tomu nemá žádný objektivní důvod, přijatelný pro kteréhokoliv zhotovitele, MZ nebo ZSH v návrhu vozovky nepoužije.

Možným řešením, jak pomoci technologii MZ nebo ZSH (pokud nejsou uvedeny v projektové dokumentaci) realizovat, je umožnit záměnu podle tabulky 15.

**Tabulka 15 – Možná záměna vrstev ve vozovce**

Vrstva v katalogu nebo projektu	Lze zaměnit za <sup>1)</sup>	Pro třídu dopravní zatížení
ŠD <sub>B</sub>	MZ <sup>2)</sup>	IV, V, VI
ŠD <sub>B</sub> , ŠD <sub>A</sub>	SC C <sub>3/4</sub> , ZSH C <sub>3/4</sub>	IV, V, VI
<sup>1)</sup> Tloušťka původní a nově navržené vrstvy se nemění. Konstrukce vozovky s nově navrženou vrstvou se nemusí posuzovat výpočtem. <sup>2)</sup> Požadavky na MZ podle ČSN 73 6126-1 obvykle splňují některé recyklované stavební demoliční materiály.		

## 6.2 Zaměnitelnost pro alternativní řešení některých katalogových vozovek

V katalogových vozovkách uvedených v příloze 1 je možné provádět záměnu vrstev:

- bez nutnosti následného posouzení výpočtem podle tabulky 16;
- v návaznosti na článek 5.1.2 s následným povinným posouzením výpočtem podle tabulky 17.

**Tabulka 16 – Možná záměna vrstev bez nutnosti následného posouzení výpočtem**

Obrusná vrstva v katalogu	Lze zaměnit za <sup>1)</sup>	Poznámka
SMA 11	SMA 8, SMA 16 <sup>2)</sup>	
ACO 11	ACO 16	
SC	SS, SP, SH	Platí pro směsi stejné třídy pevnosti
<sup>1)</sup> Platí pro stejné kvality směsí (S, +, -), tloušťka původní a nově navržené vrstvy se nemění <sup>2)</sup> Pro SMA 16 S v katalogovém listu D0-A platí změna tloušťky vrstvy podle poznámky 8.		

**Tabulka 17 – Možná záměna vrstev s následným povinným posouzením výpočtem**

Obrusná vrstva v katalogu	Lze zaměnit za <sup>1)</sup>	Poznámka
ACO	SMA, SMA NH, BBTM, BBTM NH, ACB	Záměna za ACB je vhodná jen pro pomalou a zastavující dopravu
SMA	SMA NH, ACO, BBTM, BBTM NH, ACB	Záměna za ACB je vhodná jen pro pomalou a zastavující dopravu
ACO	AKO	Pouze pro nemotoristické komunikace
ACL S, +	SMA L	
ACL	ACB	Vhodné jen pro pomalou a zastavující dopravu
ACL	AKO	Při opravách vozovek podle TP 87 ve třídě dopravního zatížení IV až VI
ACP S, +	VMT	Na nestmelené podkladní vrstvě
ACP	AKO	Při opravách vozovek podle TP 87 ve třídě dopravního zatížení III až VI
MZK, ŠD	ŠCM	Lze doporučit pouze pro malý rozsah prací
<sup>1)</sup> Záměna vrstev musí být provedena v souladu s požadavky příslušných technických norem a předpisů (např. užití ve vozovce, minimální a maximální tloušťky vrstev). Záměnu je možné provádět i mimo rámec této tabulky.		



## 7 Příklady

### 7.1 Návrh výběrem z katalogu vozovek

#### 7.1.1 Příklad 1

Kompletní rekonstrukce silnice III. třídy vedoucí intravilánem obce, o které bylo rozhodnuto na základě diagnostického průzkumu podle TP 87. Důvodem kompletní rekonstrukce jsou nevyhovující a velmi proměnlivé materiály podkladních vrstev staré vozovky, které prakticky nelze recyklovat a neúnosné podloží.

##### Vstupní údaje

Průměrná denní intenzita provozu těžkých nákladních vozidel v roce sčítání dopravy, od kterého uplynuly 3 roky, je  $TNV_0 = 385$  TNV/24 hod. Návrhové období je 25 let.

Návrhová úroveň porušení D1 podle článku 3.1, tabulky 1.

Podle článku 3.2.1, tabulky 2, za předpokladu průměrného meziročního nárůstu intenzity provozu  $m = 1$  % a 3 let od posledního sčítání dopravy a dalších cca 2 let, během kterých bude zpracována projektová dokumentace a proběhne výstavby vozovky, je hodnota výrazu  $0,5 (\delta_z + \delta_k)$  z rovnice (2) = 1,20. Tak lze vypočítat  $TNV_k = 1,20 \times 385 = 462$ .

Provede se výpočet  $N_{cd}$  podle rovnice (4) s použitím následujících součinitelů  $C_1$  až  $C_4$ :

$C_1 = 0,5$ ; dvoupruhová komunikace

$C_2 = 0,7$ ; ostatní

$C_3 = 0,5$ ; běžné dopravní zatížení

$C_4 = 2,0$ ; zastavování vozidel a rychlosti nižší než 50 km/h

$N_{cd} = 0,5 \times 0,7 \times 0,5 \times 2,0 \times 462 \times 365 \times 25 = 1\,475\,513$ , tj. po zaokrouhlení 1,5 mil.

Pro vypočtenou hodnotu  $TNV_k = 462$  a standardní rychlost jízdy (součinitel  $C_4 = 1$ ) by návrhové dopravní zatížení  $N_{cd}$  bylo cca 0,75 mil. NN a podle tabulky 3 by odpovídalo třídě dopravního zatížení IV s limitní hodnotou  $N_{cd} = 0,8$  milionů. Jelikož se ale jedná o pomalý a neplynulý pohyb v obci, je nutné uvažovat hodnotu součinitele  $C_4 = 2$ , což vede k výsledku  $N_{cd} =$  cca 1,5 mil. Musí se tedy zvolit katalogový list pro nejbližší vyšší návrhové dopravní zatížení, což je  $N_{cd}$  2,4 mil. ve třídě dopravního zatížení III.

Podle požadavku článku 3.3.2 byl v podloží vozovky na základě geotechnického průzkumu zjištěn jíl se střední plasticitou (CI) s  $CBR_{sat} = 4$  %. Tyto výsledky nesplňují požadavky tabulky 4, kde  $CBR_{sat} \geq 15$  %. Nevhodnost zeminy vyplývá i ze samotného zatřídění podle ČSN 73 6133.

#### **Poznámka 16**

Stejně závěry lze odvodit též z kapitoly 4 ČSN 73 6133.

Zemina v podloží vozovky se tedy musí vyměnit nebo upravit, kde podle tabulky 5 byla zvolena tloušťka úpravy 500 mm a podle článku 3.3.3.2 se upravené podloží považuje za typ PIII.

Klimatické podmínky podle článku 3.4.2 nevyžadují žádné zvláštní opatření.

Volba typů konstrukčních vrstev je asfaltobetonový kryt, nestmelené podkladní vrstvy (ŠD, MZ).

#### Návrh vozovky výběrem z katalogu

Pro návrhovou úroveň porušení D1, třídu dopravního zatížení III, podloží PIII a asfaltobetonový kryt byla vybrána katalogová vozovka D1-A-3-III-PIII.

#### **7.1.2 Příklad 2**

Obslužná místní komunikace s přilehlým parkovištěm pro osobní automobily.

#### Vstupní údaje

Sčítání dopravy není k dispozici, podle místního šetření po komunikaci průměrně neprojde ani jedno TNV za 24 hod, avšak dopravním značením ani jiným opatřením není vjezd TNV znemožněn. S přihlédnutím k článku 5.5.1 se zvolí katalogová vozovka pro nejnižší třídu dopravního zatížení (VI).

Návrhová úroveň porušení D2 podle článku 3.1, tabulky 1.

Podle článku 3.3.2 byla na základě geotechnického průzkumu v podloží vozovky zjištěna písčitá hlína (MS), zkouška CBR provedena nebyla. Podle tabulky 4 je písčitá hlína (MS) zařazena mezi zeminy podmíněčně vhodné. K této zemině však nebyly k dispozici žádné další technické údaje (CBR,  $w$ ,  $I_c$ ), proto bylo na základě ustanovení článku 3.3.2.2 rozhodnuto o její úpravě jako zeminy nevhodné.

Úprava nebo výměna podloží se podle tabulky 5 provede v tloušťce 300 mm a podle článku 3.3.3.2 se upravené podloží považuje za typ PIII.

#### **Poznámka 17**

V případě nedostatku informací se vždy doporučuje zvolit bezpečné řešení s využitím horní meze příslušného rozsahu tlouštěk úpravy. Vzhledem k velmi nízkému dopravnímu zatížení zde byla použita dolní mez.

Volba typů konstrukčních vrstev je asfaltobetonový kryt pro obslužnou komunikaci, zámková dlažba pro parkoviště, nestmelené podkladní vrstvy.

#### Návrh vozovky výběrem z katalogu

Pro třídu dopravního zatížení VI, podloží PIII a asfaltobetonový kryt byla vybrána katalogová vozovka D1-A-3-VI-PIII a pro zámkovou dlažbu vozovka D2-D-1-VI-PIII.

#### **Poznámka 18**

Požadavek byl na standardní vozovku s asfaltovým krytem, pro které jsou v katalogu vozovky v návrhové úrovni porušení D0 a D1.

## 7.2 Návrh a posouzení vozovky výpočtem

### 7.2.1 Příklad 3

Silnice I. třídy.

#### Vstupní údaje

Průměrná denní intenzita provozu těžkých nákladních vozidel v roce sčítání dopravy je  $TNV_0 = 3\,450$  TNV/24 hod. Návrhové období je 25 let. Dále se počítá s tím, že od roku sčítání dopravy do doby zahájení provozu vozovky uplyne 5 let a meziroční nárůst intenzity provozu  $m = 1\%$ .

Podle článku 3.1, tabulky 1 s přihlédnutím k tabulce 3, ze které vyplývá třída dopravního zatížení minimálně II (při použití  $TNV_k$  by zcela jistě vyšla vyšší), je návrhová úroveň porušení D0.

Výpočet  $N_{cd}$  podle rovnice (4) zajistí program ELAS, kde je potřeba ještě zadat součinitele  $C_1$  až  $C_4$ :

$C_1 = 0,5$ ; dvoupruhová komunikace

$C_2 = 1,0$ ; D0, třída dopravního zatížení vyšší než III

$C_3 = 0,7$ ; nepříznivé dopravní zatížení s mezinárodní a dálkovou dopravou

$C_4 = 1,0$ ; komunikace v extravilánu s plynulým provozem a rychlostí větší než 50 km/h

Podle požadavku článku 3.3.2 byl v podloží vozovky na základě geotechnického průzkumu zjištěn písek s příměsí jemnozrnné zeminy (S-F) s  $CBR_{sat} = 22\%$ . Podle tabulky 4 se jedná o podmíněčně vhodnou zeminu, která však na základě výsledků CBR splňuje podmínky pro podloží PIII a proto lze tuto zeminu v podloží ponechat bez úpravy (viz článek 3.3.2).

Podloží vozovky je mírně namrzavé, vodní režim difúzní, index mrazu 500 °C.

Volba typů konstrukčních vrstev je asfaltobetonový kryt a horní podkladní vrstva stmelená hydraulickým pojivem (SC  $C_{3/4}$ ). Charakteristika spolupůsobení vrstev  $g$  na styku těchto vrstev se potom uvažuje hodnotou 0,99 (viz 5.2).

#### Návrh vozovky

Podle článku 5.1.2 se volba typu a tloušťky jednotlivých konstrukčních vrstev nejprve provede pomocí katalogu výběrem konstrukce, která se nejvíce přibližuje požadavkům zadání.

Odhadem z průměrné denní intenzity provozu těžkých nákladních vozidel  $TNV_0 = 3\,450$  (bez přepočtu na  $TNV_k$  a skutečných součinitelů  $C_1$  až  $C_4$ ) je zvolena podle tabulky 3 pro třídu dopravního zatížení II katalogová vozovka D0-A-6-II-PIII.

#### **Poznámka 19**

Hodnotu  $TNV_k$  a  $N_{cd}$  lze též spočítat manuálně jako v článku 7.1.1, příklad 1 a třídu dopravního zatížení použitou při výběru vozovky z katalogu tak stanovit přesněji. Vzhledem k následnému posouzení výpočtem však toto není nezbytně nutné. Lze však očekávat, že vzhledem ke skutečné velikosti dopravního zatížení katalogová vozovka při posouzení nemusí vyhovět.

Vybraná katalogová vozovka

SMA 11 S	40 mm
ACL 22 S	70 mm
ACP 22 S	90 mm
SC C <sub>3/4</sub>	200 mm
ŠD <sub>B</sub> (MZ)	250 mm

#### Posouzení vozovky výpočtem pomocí programu ELaS

Na vrstvě ACP 22 S vychází poměrné porušení  $D_{cd} = 0,909$  a na podloží  $D_{cd} = 0,895$ . Obě hodnoty nesplňují požadavek  $0,6 \leq D_{cd} \leq 0,85$  podle článku 5.3.

Vzhledem k malé velikosti odchylky  $D_{cd}$  od požadované hodnoty se navrhuje zvýšení tloušťky ACL S 22 o 10 mm, tj. na 80 mm. Ostatní vrstvy zůstávají beze změny.

Po opětovném posouzení výpočtem na vrstvě ACP 22 S vychází poměrné porušení  $D_{cd} = 0,701$  a na podloží  $D_{cd} = 0,699$ , což vyhovuje.

#### Posouzení tloušťky vozovky nutné pro ochranu jejího podloží před promrzáním

Podle článku 5.6.5 tabulky 13 je požadovaná minimální tloušťka vozovky 0,4 m. Tloušťka navržené vozovky je 0,660 m. Vozovka tedy z hlediska ochrany podloží před promrzáním vyhovuje.

### **7.2.2 Příklad 4**

Etapová výstavba účelové komunikace, která bude cca po 7 letech napojena jako přivaděč na nově postavený městský okruh, kde se očekává cca pětinasobné zvýšení dopravního zatížení.

#### Návrh I. etapy

Návrhová úroveň porušení D1 podle článku 3.1, tabulka 1.

Délka trvání I. etapy je 7 let. Průměrná denní intenzita provozu těžkých nákladních vozidel v této etapě je  $TNV_k = 200$  TNV/24 hod. Podle článku 5.4.2.1 je však potřeba tuto hodnotu vynásobit koeficientem 1,67. Vstupní hodnota  $TNV_{0,etapa1}$  pak bude 334 TNV/24 hod.

Meziroční nárůst intenzity provozu v rámci I. etapy se neuvažuje. Součinitelé  $C_1$  až  $C_4$  jsou:

$C_1 = 0,5$ ; dvoupruhová komunikace

$C_2 = 0,7$ ; ostatní

$C_3 = 0,5$ ; běžné dopravní zatížení

$C_4 = 2,0$ ; zastavování vozidel a/nebo rychlost  $\leq 50$  km/h

Výpočet  $N_{cd,etapa1}$  podle rovnice (4) zjištěný programem ELaS pro  $t_d = 7$  let vychází 298 680.

Podloží bylo stanoveno jako PIII nenamrzavé.

Podle článku 5.1.2 se nabízí katalogová vozovka D1-A-2-IV-PIII pro  $N_{cd} = 0,8$ . Skutečné dopravní zatížení je však přibližně 0,3 mil NN. Po úpravě se tak k posouzení navrhuje konstrukce:

ACO 11	40 mm
ACL 16+	60 mm
ACP 16+	50 mm
ŠD <sub>A</sub>	150 mm
ŠD <sub>A</sub>	150 mm

#### Posouzení I. etapy výpočtem pomocí programu ELaS

Na vrstvě ACP 16+ vychází poměrné porušení  $D_{cd} = 0,701$  a na podloží  $D_{cd} = 0,425$ . Vozovka tedy vyhovuje.

#### Posouzení tloušťky vozovky nutné pro ochranu jejího podloží před promrzáním

Na nenamrzavém podloží se neposuzuje.

#### Návrh II. etapy

Délka trvání II. etapy je  $25 - 7 = 18$  let. Průměrná denní intenzita provozu těžkých nákladních vozidel je oproti I. etapě pětinasobná, tj.  $TNV_0 = 200 \times 5 = 1\,000$  TNV/24 hod. Podle článku 5.4.2.2 je však potřeba hodnotu dopravního zatížení vynásobit koeficientem 2,5. Vstupní hodnota  $TNV_{0,etapa2}$  pak bude 2 500 TNV/24 hod.

Meziroční nárůst intenzity provozu v rámci II. etapy se též neuvažuje.

Navrhuje se zesílení vozovky I. etapy přidáním vrstev:

SMA 16 S	40 mm
ACL 16 S	50 mm

Výpočet  $N_{cd,etapa2}$  podle rovnice (4) program ELaS pro  $t_d = 18$  let vychází 5 748 750.

#### Posouzení II. etapy výpočtem

Na vrstvě ACP 16+ vychází poměrné porušení  $D_{cd} = 0,752$  a na podloží  $D_{cd} = 0,476$ . Vozovka tak vyhovuje.

### **7.2.3 Příklad 5**

Účelové komunikace a dopravní plochy v areálu průmyslové firmy.

#### Vstupní údaje

Investorem byl sdělen požadavek na návrh cementobetonové vozovky pro účelové komunikace a dopravní plochy v areálu velké průmyslové firmy. Jako vstupní údaj byl sdělen předpokládaný maximální počet těžkých nákladních vozidel, která po komunikacích denně projedou. Dopravní zatížení bude tvořeno jednak pojezdy těžkých nákladních automobilů, přivážejících do areálu materiál a suroviny pro výrobu, a jednak pojezdy návěsových souprav, odvážejících z areálu výrobky firmy. V opačném směru pojedou tato těžká nákladní vozidla prázdná. Ostatní doprava byla s ohledem na její malý počet zanedbána. Dále bylo investorem sděleno, že výroba i doprava v areálu probíhají pouze

v pracovní dny v týdnu a že se nepředpokládá významnější navyšování výroby, a tedy ani provozu vozidel.

- Vozidla přivážející do firmy materiál a suroviny – 40 TN/den;
- Vozidla odvázející z firmy výrobky – 60 NSN/den.

Maximální intenzita provozu  $TNV_k = TNV_0 = 2 \times (1,0 \times 40 + 2,3 \times 60) = 356 \text{ TNV}/24 \text{ hod.}$  To odpovídá třídě dopravního zatížení IV.

Návrhové období je 25 let. Podloží vozovek je podle informace investora upraveno tak, aby splňovalo požadavky na podloží typu PIII. Pro lokalitu stavby byla podle ČSN 73 6114 stanovena roční průměrná teplota cca 7 °C a charakteristická hodnotou indexu mrazu cca 400 °C. Jelikož v místě stavby není vyšší souvislá okolní zástavba, byla uvažována návrhová hodnota indexu mrazu  $Im_d = 400 \text{ °C}$ .

#### Návrh vozovky

Z katalogového listu D1-CB těchto TP byla pro TDZ IV a podloží PIII vybrána vozovka D1-CB-1-IV-PIII ve skladbě:

CB II	210 mm
SC C <sub>8/10</sub>	150 mm
ŠD <sub>A</sub>	250 mm
Celkem	610 mm

V souladu s poznámkou 2 v tomto katalogovém listu byl spárořez navržen tak, že CB kryt bude tvořen čtvercovými deskami o hraně max. 4,00 m.

#### Posouzení vozovky výpočtem

Určení charakteristik silničního provozu ( $C_i$ ):

Z hlediska koncentrace počtu vozidel do jedné stopy je nejzatíženějším místem dvoupruhový vjezd do areálu a na něj navazují dvoupruhová areálová komunikace. Ta svojí šířkou sice umožňuje obousměrný provoz, reálně však těžká vozidla jezdí středem vozovky. Součinitel  $C_1$  tak byl uvažován hodnotou 1,0.

Ve smyslu poznámky 1) v tabulce 1 bylo s investorem dohodnuto, že návrhová úroveň porušení bude uvažována D1. Součinitel  $C_2$  je vzhledem k tomu uvažován hodnotou 0,7.

I když těžká nákladní vozidla, přivážející do areálu materiál a suroviny a odvázející z areálu výrobky firmy, jezdí v opačném směru prázdná, bylo po dohodě s investorem uvažováno nepříznivé dopravní zatížení a součinitel vytížení vozidel  $C_3$  byl uvažován hodnotou 2,0.

Jelikož se jedná o návrh cementobetonové vozovky, byl součinitel  $C_4$  uvažován hodnotou 1,0.

Návrhové dopravní zatížení  $N_{cd}$  podle vztahu (4) je pak:

$$N_{cd} = 1,0 \times 0,7 \times 2,0 \times 1,0 \times 356 \times 260 \times 25 = 3\,239\,600 \text{ návrhových náprav}$$

Podloží typu PIII – bylo uvažováno s modulem přetvárnosti podloží  $E_{def,2} = 45 \text{ MPa}$  a modulem pružnosti podloží  $E_d = 50 \text{ MPa}$ . Zeminy v podloží byly uvažovány jako mírně namrzavé až namrzavé.

Klimatické podmínky – Pro mírně namrzavé až namrzavé zeminy a pendulární vodní režim v podloží, index mrazu 400 °C a návrhovou úroveň porušení D1 byla z tabulky 14 stanovena požadovaná min. tloušťka nenamrzavých vrstev CB vozovky 350 mm.

Postupem podle P.2.4 bylo provedeno výpočetní posouzení navržené konstrukce vozovky pro již uvedené a tyto další vstupní údaje:

Materiálové charakteristiky vrstev a podloží:

- cementový beton CB II  $E_d = 37\,500\text{ MPa}$ ,  $\mu_d = 0,20$
- směs stmelená cementem SC C<sub>8/10</sub>  $E_d = 2\,500\text{ MPa}$ ,  $\mu_d = 0,22$
- štěrkodrt ŠD<sub>A</sub>  $E_d = 300\text{ MPa}$ ,  $\mu_d = 0,30$
- podloží PIII  $E_d = 50\text{ MPa}$ ,  $\mu_d = 0,40$

Postupem a výpočtem podle P.2.4.2.1 byly stanoveny hodnoty pružných charakteristik CB desky – viz tabulka 18.

**Tabulka 18 – Výpočet pružných charakteristik CB desky, podkladu a podloží pro výpočet napětí zatížením návrhovou nápravou a teplotou**

Zatížení vozovky	Vrstvy vozovky	Tloušťka (mm)	Modul pružnosti (MPa)	Poissonovo číslo (-)	Výpočet	$E_{pd}$ (MPa)	$L, L_T$ (m)	$a$ (cm)	$w$ (cm)
nápravou	CB II	210	37 500	0,20	1.	50	1,004	120,5	3,275
	SC C <sub>8/10</sub>	150	2 500	0,22	2.	61,817	0,936	112,3	2,976
	ŠD <sub>A</sub>	250	300	0,30	3.	63,379	0,928	111,4	2,944
	Podloží		50	0,40	4.	63,553	<b>0,927</b>	111,3	
teplotou	CB II	210	37 500	0,20	1.	50	0,870	104,4	2,690
	SC C <sub>8/10</sub>	150	2 500	0,22	2.	65,202	0,796	95,6	2,374
	ŠD <sub>A</sub>	250	300	0,30	3.	67,624	0,787	94,4	2,331
	Podloží		50	0,40	4.	68,033	<b>0,785</b>	94,2	

Pro stanovené poloměry relativní tuhosti desky  $I$  (pro výpočet napětí od zatížení nápravou) a  $I_T$  (pro výpočet napětí od teplotního namáhání) bylo postupem a výpočtem podle P.2.4.2.2 stanoveno napětí v CB desce od dopravního zatížení ( $\sigma_Q$ ) a od teplotního namáhání ( $\sigma_T$ ) – viz tabulka 19.

**Tabulka 19 – Výpočet napětí pro podélnou a příčnou hranu desky**

Posuzovaná hrana	Zatížení nápravou			Zatížení teplotou			
	$l, \text{m}$	$a_e, \text{m}$	$\sigma_Q, \text{MPa}$	$l_T, \text{m}$	$C_T, -$	$\Delta T, \text{K}$	$\sigma_T, \text{MPa}$
podélná	0,927	0,1544	2,683	0,785	0,7211	14,12	1,241
příčná	0,927	0,1415	2,383	0,785	0,7211	14,12	1,241

V dalších výpočtech byly dále uvažovány:

- součinitel kombinace zatížení  $\psi$  hodnotou 0,35 (podle třídy dopravního zatížení – viz P.2.13);
- dílčí součinitel spolehlivosti aplikace únavové zkoušky  $\gamma_u$  (viz tabulka P.2.2), který byl uvažován hodnotou 1,25 – investor stavby si nepřál, aby podélné ani příčné spáry byly vyztuženy.

Mezní počet přejezdů návrhových náprav  $N_{cd,lim}$  byl stanoven podle vztahu (P.2.13), a to na:

- 2 965 786 pro podélnou hranu;
- 22 401 442 pro příčnou hranu desky.

Celkové poměrné porušení  $D_{cd}$  (P.2.11) potom vychází

- pro podélnou hranu  $D_{cd} = 3\,239\,600 / 2\,965\,786 = \underline{1,092 > 0,85} \dots$  **Nevyhovuje!**
- pro příčnou hranu  $D_{cd} = 3\,239\,600 / 22\,401\,442 = 0,142 << 0,85 \dots$  Vyhovuje (s rezervou).

#### Závěr:

Cementobetonová vozovka v navržené skladbě pro zadané vstupní podmínky nevyhovuje.

Jako možnost řešení se jeví buďto zesílení CB krytu anebo vnesení do návrhu spolupůsobení sousedních desek, zavedením součinitele  $\gamma_u$  hodnotou 1,35 – pro vyztužené spáry CB krytu.

Mezní počet přejezdů návrhových náprav  $N_{cd,lim}$  po úpravě vychází:

- 13 823 401 pro podélnou hranu;
- 104 412 163 pro příčnou hranu desky.

Celkové poměrné porušení  $D_{cd}$  (P.2.11) potom vychází:

- pro podélnou hranu  $D_{cd} = 3\,239\,600 / 13\,823\,401 = 0,234 < 0,85 \dots$  Vyhovuje
- pro příčnou hranu  $D_{cd} = 3\,239\,600 / 104\,412\,163 = 0,031 << 0,85 \dots$  Vyhovuje (s velkou rezervou).

#### Závěr:

Cementobetonová vozovka v navržené skladbě v případě vyztužení podélných a příčných spár (trny nebo kotvami podle ČSN 73 6123-1 a TKP kapitola 6) pro zadané vstupní podmínky vyhovuje.



## Příloha 1 Katalogové listy

### Obecné poznámky ke katalogovým listům

1. V katalogových listech jsou uvedeny charakteristiky vrstev v souladu s ČSN 73 6120 až 31 Stavba vozovek včetně požadované kvality vrstev a zrnitosti.
2. U každého schématického znázornění vozovky je vyznačena požadovaná minimální hodnota modulu přetvárnosti  $E_{\text{def},2}$  podle ČSN 72 1006 (bez označení rozměru v MPa) při přejímce podloží a nestmelených vrstev vozovek.
3. Uvedené označení  $H_b$  je tloušťka cementobetonového krytu,  $H_a$  je tloušťka asfaltových vrstev,  $H_d$  je tloušťka vrstev z dlažby a  $H_v$  je celková tloušťka vozovky.
4. V závislosti na tloušťce cementobetonového krytu jsou pod katalogovými listy uvedeny délky desek, pro které byly konstrukce navrženy a vyhovují pro ně.
5. Při pomalé a zastavující dopravě se v katalogovém listu použije návrh vozovky pro dvojnásobné dopravní zatížení ( $C_4 = 2,0$ ). Přesný postup pro stanovení potřebných charakteristik silničního provozu je uveden v článku 3.2.2. Podle celkové velikosti dopravního zatížení se případně pro obrusné a ložní asfaltové vrstvy požaduje zkouška odolnosti proti tvorbě trvalých deformací.
6. Při použití podkladních vrstev stmelených hydraulickými pojivy je v poznámkách pod katalogovými listy zdůrazněno provedení opatření proti reflexním trhlinám podle ČSN 73 6124-1.
7. Na vrstvách se navrhují ochranné a spojovací postřiky a úpravy pro zvýšení protismykových vlastností povrchu podle příslušných ČSN a TKP.
8. Vrstvu SC  $C_{3/4}$  podle ČSN 73 6124-1 lze při návrhu opravy vozovky podle TP 87 nahradit stmelenou vrstvou zhotovenou technologií recyklace za studena podle ČSN 73 6147.
9. Vozovky v katalogových listech jsou spočítány pro návrhové dopravní zatížení  $N_{\text{cd}}$  odpovídající horní hranici dané třídy dopravního zatížení (viz článek 3.2.2, tabulka 3, poznámka 3).

# D0-CB

TDZ	S			I			II			III		
$N_{cd}$ (mil. NN)	193			62			32			13.7		
D0-CB-1												
	PI	PII		PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII Podloží
CB, SC C <sub>8/10</sub> , ŠD <sub>A</sub> (ŠD <sub>B</sub> , MZ)	100	280	CB I	260	CB I	250	CB I	240	CB I			
	200			150	SC C <sub>8/10</sub>	150	SC C <sub>8/10</sub>	150	SC C <sub>8/10</sub>			
	300	150	SC C <sub>8/10</sub>	150	SC C <sub>8/10</sub>	150	SC C <sub>8/10</sub>	150	SC C <sub>8/10</sub>			
	400	90▼	80▼	90▼	80▼	90▼	80▼	90▼	80▼			
	500	150	ŠD <sub>A</sub> (ŠD <sub>B</sub> , MZ)	150	250	150	250	150	250	150	250	
600	60▼			60▼			60▼			60▼		
700				45▼			45▼			45▼		
Hb	280	280		260	260	260	250	250	250	240	240	240
Hv	430	580		410	560	660	400	550	650	390	540	640
D0-CB-2												
	PI	PII		PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII Podloží
CB, MCB, ŠD <sub>A</sub> (ŠD <sub>B</sub> , MZ)	100	280	CB I	260	CB I	250	CB I	240	CB I			
	200			150	MCB	150	MCB	150	MCB			
	300	150	MCB	150	MCB	150	MCB	150	MCB			
	400	90▼	80▼	90▼	80▼	90▼	80▼	90▼	80▼			
	500	150	ŠD <sub>A</sub> (ŠD <sub>B</sub> , MZ)	150	250	150	250	150	250	150	250	
600	60▼			60▼			60▼			60▼		
700				45▼			45▼			45▼		
Hb	280	280		260	260	260	250	250	250	240	240	240
Hv	430	580		410	560	660	400	550	650	390	540	640
D0-CB-3												
	PI	PII		PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII Podloží
CB, MZK, ŠD <sub>A</sub>	100	310	CB I	290	CB I	280	CB I	270	CB I			
	200			200	MZK	200	MZK	200	MZK			
	300	140▼	120▼	140▼	120▼	140▼	120▼	140▼	120▼			
	400	250	200	250	200	250	200	250	200			
	500	90▼	80▼	90▼	80▼	90▼	80▼	90▼	80▼			
600	150	ŠD <sub>A</sub>	150	250	150	250	150	250	150	250		
700	60▼			60▼			60▼			60▼		
Hb	310	310		290	290	290	280	280	280	270	270	270
Hv	560	660		540	640	740	530	630	730	520	620	720

## Konstrukční požadavky pro D0-CB:

1. Tloušťka CB krytu platí pro průměrnou teplotu vzduchu 7 °C až 9 °C, při teplotě vyšší se může snížit o 10 mm, při teplotě nižší se musí zvětšit o 10 mm.
2. Délka desek CB krytu závisí na jejich tloušťce a konstrukce uvedené v tomto katalogu vyhovují pro tyto délky: tl. 290 mm až 310 mm – délka max. 6,00 m, 260 mm až 280 mm – max. 5,50 m, 240 mm a 250 mm – max. 5,00 m. Doporučuje se ale, aby délka CB desky nepřekročila 20násobek tloušťky CBK.
3. Podélné spáry se kotví a příčné spáry vyztužují. Pro tento předpoklad byly navrženy konstrukce uvedené v katalogu. Pro konstrukční požadavky platí TKP, kapitola 6.
4. V podkladní vrstvě ze SC C<sub>8/10</sub> se v místech spár v CB krytu rovněž vytvářejí spáry. Pro snížení eroze podkladu je možno na všech konstrukčních vrstvách ze SC navrhnout geotextilii o plošné hmotnosti 500 g·m<sup>-2</sup>. V takovém případě není nutno spáry v SC C<sub>8/10</sub> vytvářet.
5. Návrh vozovky D0-CB-1 na podloží PI je vhodný na propustném podloží (upravené skalní podloží, násyp z kamenité sypaniny, podloží z GW a GP). Úprava zemin pojivy pro dosažení charakteristik podloží PI na nepropustném podloží se nedoporučuje.

# D1-CB

TDZ	III			IV			V	VI
$N_{cd}$ (mil. NN)	4.8			1.6			0.32	0.048
D1-CB-1								
	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	Podlož	
CB, SC C <sub>8/10</sub> , ŠD <sub>A</sub> (ŠD <sub>B</sub> , MZ)	100		220	CB II		210	CB II	
	200		150	SC C <sub>8/10</sub>		150	SC C <sub>8/10</sub>	
	300	90▼	80▼		90▼	80▼		
	400		150	▲ 70		150	▲ 70	
	500	60▼	250	ŠD <sub>A</sub> (ŠD <sub>B</sub> , MZ)	60▼	250	ŠD <sub>A</sub> (ŠD <sub>B</sub> , MZ)	
	600		45▼			45▼		
	700							
	Hb	220	220	220	210	210	210	
	Hv	370	520	620	360	510	610	
	D1-CB-2							
	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	Podlož	
CB, MCB, ŠD <sub>A</sub> (ŠD <sub>B</sub> , MZ)	100		220	CB II		210	CB II	
	200		150	MCB		150	MCB	
	300	90▼	80▼		90▼	80▼		
	400		150	▲ 70		150	▲ 70	
	500	60▼	250	ŠD <sub>A</sub> (ŠD <sub>B</sub> , MZ)	60▼	250	ŠD <sub>A</sub> (ŠD <sub>B</sub> , MZ)	
	600		45▼			45▼		
	700							
	Hb	220	220	220	210	210	210	
	Hv	370	520	620	360	510	610	
	D1-CB-3							
	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PII	PIII
CB, MZK, ŠD <sub>A</sub>	100		240	CB II		230	CB II	220
	200	130▼	110▼		130▼	110▼		80▼
	300		150	MZK		150	MZK	150
	400	90▼	80▼		90▼	80▼		60▼
	500		150	▲ 70		150	▲ 70	200
	600	60▼	250	ŠD <sub>A</sub>	60▼	250	ŠD <sub>A</sub>	ŠD <sub>A</sub>
	700		45▼			45▼		45▼
	Hb	240	240	240	230	230	230	220
	Hv	440	540	640	430	530	630	370
								420

## Konstrukční požadavky pro D1-CB:

1. Tloušťka CB krytu platí pro průměrnou teplotu vzduchu 7 °C až 9 °C, při teplotě vyšší se může snížit o 10 mm, při teplotě nižší se musí zvětšit o 10 mm.
2. Délka desek CB krytu závisí na jejich tloušťce a konstrukce uvedené v tomto katalogu vyhovují pro tyto délky: tl. 240 mm a 250 mm – délka max. 5,00 m, 220 mm a 230 mm – max. 4,50 m, 190 mm až 210 mm – max. 4,00 m. Doporučuje se ale, aby délka CB desky nepřekročila 20násobek tloušťky CBK.
3. Podélné spáry se kotví a příčné spáry vyztužují. Pro tento předpoklad byly navrženy konstrukce uvedené v katalogu. Pro konstrukční požadavky platí TKP, kapitola 6.
4. V podkladní vrstvě ze SC C<sub>8/10</sub> se v místech spár v CB krytu rovněž vytvářejí spáry. Pro snížení eroze podkladu je možno na všech konstrukčních vrstvách ze SC navrhnout geotextilii o plošné hmotnosti 500 g·m<sup>-2</sup>. V takovém případě není nutno spáry v SC C<sub>8/10</sub> vytvářet.
5. Návrh vozovky D1-CB-1 na podloží PI je vhodný na propustném podloží (upravené skalní podloží, násyp z kamenité sypaniny, podloží z GW a GP). Úprava zemin pojivy pro dosažení charakteristik podloží PI na nepropustném podloží se nedoporučuje.

# D0-A

TDZ	S			I			II			III				
N <sub>cd</sub> (mil. NN)	68			22			11			4.8				
D0-A-1														
SMA, ACL, ACP, MZK, ŠDA	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	Podložni	
	100	40	80	40	80	120	40	80	120	40	80	70	ACO 11+	
	200	180	110	140	110	150	120	110	150	90	110	150	ACL 16S	
	300	130	110	130	110	150	130	110	150	130	100	150	ACP 22S	
	400	200	150	200	150	200	200	150	200	200	150	250	MZK	
	500	90	80	90	80	150	90	80	150	90	80	150	ŠDA	
	600	60	150	60	150	150	60	150	150	60	150	250	ŠDA	
	700	45	250	45	250	150	45	250	150	45	250	250	ŠDA	
	Ha	300	300	300	260	260	260	230	230	230	200	200	200	
	Hv	500	600	700	460	560	660	430	530	630	400	500	600	
D0-A-2														
SMA, ACL, VMT, MZK, ŠDA	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	Podložni	
	100	40	80	40	80	120	40	80	120	40	80	70		
	200	160	115	120	110	150	100	110	150	100	110	150		
	300	130	115	130	110	150	130	110	150	130	100	150		
	400	200	170	200	170	200	200	170	200	200	170	250		
	500	90	80	90	80	150	90	80	150	90	80	150		
	600	60	150	60	150	150	60	150	150	60	150	250		
	700	45	250	45	250	150	45	250	150	45	250	250		
	Ha	280	280	280	240	240	240	220	220	220				
	Hv	480	600	700	440	540	640	420	520	620				
D0-A-3														
SMA, ACL, ACP, SC C <sub>8/10</sub> , ŠDA	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	Podložni	
	100	40	80	40	80	120	40	80	120	40	80	70	ACO 11+	
	200	120	120	80	120	180	70	120	180	60	120	180	ACL 16S	
	300	90	80	90	80	150	90	80	150	90	80	150	ACP 16S	
	400	200	150	200	150	200	200	150	200	200	150	250	SC C <sub>8/10</sub>	
	500	90	80	90	80	150	90	80	150	90	80	150	ŠDA	
	600	60	150	60	150	150	60	150	150	60	150	250	ŠDA	
	700	45	250	45	250	150	45	250	150	45	250	250	ŠDA	
	Ha	240	240	240	200	200	200	180	180	180	150	150	150	
	Hv	440	590	690	390	540	640	360	510	610	330	480	580	

## Konstrukční požadavky pro D0-A (poznámky 1 až 8):

- Při pomalé (nižší než 50 km/h) a zastavující dopravě se dopravní zatížení zdvojnásobuje (viz 3.2.1, resp. 3.2.2 – poznámka 1 v tabulce 3). Účinek této dopravy má zvýšený vliv na porušování vozovek.
- V TDZ III při pomalé (nižší než 50 km/h) a zastavující dopravě se požaduje navrhnout asfaltové vrstvy v kvalitě „S“ (popř. je možné použít i osvědčené speciální asfaltové směsi).
- Pro TDZ S až II se požaduje v krytových vrstvách použití modifikovaného asfaltu.
- Na konstrukčních vrstvách ze SC musí být provedena opatření proti vývoji reflexních trhlin do asfaltových vrstev omezením jejich smršťování úpravou pojiva (pomalu tuhnoucí pojivo) nebo uvolněním smršťovacích napětí pojezdy vrstvy vibračním válcem v době tvrdnutí nebo vytvořením smršťovacích trhlin ve vzdálenostech do 5 m (vložkami, vibračním diskem, proříznutím apod.).

# D0-A

TDZ	S			I			II			III			
N <sub>cd</sub> (mil. NN)	68			22			11			4.8			
D0-A-4													
SMA, ACL, ACP, SC C <sub>8/10</sub> , ŠD <sub>B</sub>	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	Podloží
	40	40	SMA 11S <sup>8)</sup>	40	40	SMA 11S <sup>8)</sup>	40	40	SMA 11S <sup>8)</sup>	40	40	ACO 11+	
	80	80	ACL 22S	80	80	ACL 22S	70	70	ACL 22S	60	60	ACL 16S	
	120	120	ACP 22S	80	80	ACP 22S	70	70	ACP 22S	50	50	ACP 16S	
	200	210	SC C <sub>8/10</sub>	190	200	200	180	190	190	180	190	SC C <sub>8/10</sub>	
	210	210	SC C <sub>8/10</sub>	200	200	SC C <sub>8/10</sub>	190	190	SC C <sub>8/10</sub>	190	190	SC C <sub>8/10</sub>	
	400	80	90	80	80	70	80	80	70	80	80	70	
	500	150	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	150	150	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	150	150	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	150	150	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	
	600	250	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	250	250	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	250	250	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	250	250	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	
	700	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
Ha	240	240	240	200	200	200	180	180	180	150	150	150	
Hv	440	600	700	390	550	650	360	520	620	330	490	590	
D0-A-5													
SMA, ACL, ACP, SC C <sub>3/4</sub> , ŠD <sub>A</sub>	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	Podloží
	40	40	SMA 11S <sup>8)</sup>	40	40	SMA 11S <sup>8)</sup>	40	40	SMA 11S <sup>8)</sup>	40	40	ACO 11+	
	80	80	ACL 22S	80	80	ACL 22S	70	70	ACL 22S	60	60	ACL 16S	
	150 <sup>6)</sup>	150 <sup>6)</sup>	ACP 22S	100	100	ACP 22S	90	90	ACP 22S	70	70	ACP 16S	
	200	200	SC C <sub>3/4</sub>	210	200	200	200	190	190	190	190	SC C <sub>3/4</sub>	
	210	210	SC C <sub>3/4</sub>	200	200	SC C <sub>3/4</sub>	190	190	SC C <sub>3/4</sub>	190	190	SC C <sub>3/4</sub>	
	400	80	90	80	80	70	80	80	70	80	80	70	
	500	150	ŠD <sub>A</sub>	150	150	ŠD <sub>A</sub>	150	150	ŠD <sub>A</sub>	150	150	ŠD <sub>A</sub>	
	600	250	ŠD <sub>A</sub>	250	250	ŠD <sub>A</sub>	250	250	ŠD <sub>A</sub>	250	250	ŠD <sub>A</sub>	
	700	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
Ha	270	270	270	220	220	220	200	200	200	170	170	170	
Hv	470	620	720	430	570	670	400	540	640	360	510	610	
D0-A-6													
SMA, ACL, ACP, SC C <sub>3/4</sub> , ŠD <sub>B</sub>	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	Podloží
	40	40	SMA 11S <sup>8)</sup>	40	40	SMA 11S <sup>8)</sup>	40	40	SMA 11S <sup>8)</sup>	40	40	ACO 11+	
	80	80	ACL 22S	80	80	ACL 22S	70	70	ACL 22S	60	60	ACL 16S	
	150 <sup>6)</sup>	150 <sup>6)</sup>	ACP 22S	100	100	ACP 22S	90	90	ACP 22S	70	70	ACP 16S	
	200	210	SC C <sub>3/4</sub>	210	200	200	200	190	190	190	190	SC C <sub>3/4</sub>	
	210	210	SC C <sub>3/4</sub>	200	200	SC C <sub>3/4</sub>	190	190	SC C <sub>3/4</sub>	190	190	SC C <sub>3/4</sub>	
	400	80	90	80	80	70	80	80	70	80	80	70	
	500	150	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	150	150	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	150	150	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	150	150	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	
	600	250	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	250	250	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	250	250	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	250	250	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	
	700	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
Ha	270	270	270	220	220	220	200	200	200	170	170	170	
Hv	470	630	730	430	580	680	400	550	650	370	520	620	

- Návrh vozovek D0-A-3 až D0-A-6 na podloží PI je vhodný na propustném podloží (upravené skalní podloží, násyp z kamenité sypaniny, podloží z GW a GP). Úprava zemin pojivy pro dosažení charakteristik podloží PI na nepropustném podloží se nedoporučuje.
- Provede se ve dvou vrstvách odpovídajících tloušťkám.
- Pro vrstvy VMT platí požadavky ČSN 73 6120. VMT lze použít i do ložní vrstvy krytu. Při výpočetním posouzení byla hodnota  $\epsilon_6$  (dle tabulky 8) uvažována 125  $\mu\text{m/m}$ .
- Zejména v extravilánu se s ohledem na nedostatek frakce kameniva 8/11 upřednostňuje obrusnou vrstvu provádět jako SMA 16 S v tloušťce 50 mm. Ložní vrstva ACL 22 S se potom provede v tloušťce o 10 mm menší oproti katalogové konstrukci.
- Na okružních křižovatkách a cca 50 m před a za nimi s TDZ S - II se doporučuje místo obrusné vrstvy SMA 11 S nebo SMA 16 S použít vrstvu ACO 16+ tloušťky 50 mm s modifikovaným asfaltem PMB s vysokým bodem měknutí (min. 75 °C) a rozptýlenou výztuží (viz 5.2 a 5.5.2). Ložní vrstva ACL 22 S se potom provede v tloušťce o 10 mm menší oproti katalogové konstrukci.



# D1-A

TDZ	III		IV		V		VI		
N <sub>cd</sub> (mil. NN)	2.4		0.8		0.16		0.024		
D1-A-1									
ACO, ACL, ACP, MZK, ŠDA	PII PIII		PII PIII		PII PIII		Podlož		
	100	40 60 70 ACO 11+ ACL 16+ ACP 16+ ▲110	100	40 50 50 ACO 11 ACL 16+ ACP 16+ ▲105	100	40 70 150 150 ACO 11 ACP 16+ ▲95 MZK ▼65			
	200	120 200 200 MZK ▼70	200	115 170 170 MZK ▼70	200	80 150 150 MZK ▼65			
	300	80 150 250 ŠDA ▼45	300	80 150 250 ŠDA ▼45	300	80 150 200 ŠDA(MZ) ▼45			
	400	60	400	60	400	60			
500									
600									
Ha	170	170	140	140	110	110			
Hv	520	620	460	560	410	460			
D1-A-2									
ACO, ACL, ACP, ŠDA, ŠDA	PII PIII		PII PIII		PII PIII		Podlož		
	100	40 60 70 ACO 11+ ACL 16+ ACP 22+ ▲90	100	40 60 80 ACO 11 ACL 16+ ACP 16+ ▲90	100	40 90 ACO 11 ACP 22+ ▲90	100	40 60 150 220 ACO 11 ACP 16+ ▲60 ŠDA ▼30	
	200	90 200 150 ŠDA ▼60	200	90 200 150 ŠDA ▼60	200	90 250 200 ŠDA ▼60	200	80 150 220 250 ŠDA ▼30	
	300	60 150 150 ŠDA ▼45	300	60 150 150 ŠDA ▼45	300	60 150 150 ŠDA ▼45	300	45 150 150 ŠDA ▼45	
	400		400		400		400		
500									
600									
Ha	210	210	180	180	130	130	100	100	100
Hv	410	510	380	480	380	480	250	320	350
D1-A-3									
ACO, ACL, ACP, ŠDA, ŠDB	PII PIII		PII PIII		PII PIII		Podlož		
	100	40 70 100 ACO 11+ ACL 16+ ACP 22+ ▲95	100	40 60 80 ACO 11 ACL 16+ ACP 16+ ▲95	100	40 90 ACO 11 ACP 22+ ▲90	100	40 60 150 150 ACO 11 ACP 16+ ▲70 ŠDA ▲50	
	200	100 150 200 ŠDA ▼65	200	100 150 150 ŠDA ▼65	200	90 150 200 ŠDA ▼60	200	95 150 150 ŠDA ▼60	
	300	80 150 200 ŠDB(MZ) ▼45	300	80 150 200 ŠDB(MZ) ▼45	300	80 150 150 ŠDB(MZ) ▼45	300	75 100 150 ŠDB(MZ) ▼30	
	400	60	400	60	400	60	400	60	
500									
600									
Ha	210	210	180	180	130	130	100	100	100
Hv	510	610	480	530	430	480	350	400	450
D1-A-4									
ACO, ACL, ACP, SC C <sub>8/10</sub> , ŠDA	PII PIII		PII PIII		PII PIII		Podlož		
	100	40 60 50 ACO 11+ ACL 16+ ACP 16+ ▲70	100	40 70 130 140 ACO 11 ACP 16+ SC C <sub>8/10</sub> ▲70	100	40 60 100 110 ACO 11 ACP 16+ SC C <sub>8/10</sub> ▲65			
	200	80 130 130 SC C <sub>8/10</sub> ▼70	200	80 130 140 SC C <sub>8/10</sub> ▼70	200	80 100 110 SC C <sub>8/10</sub> ▼65			
	300	60 150 250 ŠDA ▼45	300	60 150 250 ŠDA ▼45	300	60 150 200 ŠDA ▼45			
	400		400		400				
500									
600									
Ha	150	150	110	110	100	100			
Hv	430	530	390	500	350	410			

## Konstrukční požadavky pro D1-A:

1. Při pomalé (nižší než 50 km/h) a zastavující dopravě se dopravní zatížení zdvojnásobuje (viz 3.2.1, resp. 3.2.2 – poznámka 1 v tabulce 3). Účinek této dopravy má zvýšený vliv na porušování vozovek.
2. V TDZ III při pomalé (nižší než 50 km/h) a zastavující dopravě se požaduje navrhnout asfaltové vrstvy v kvalitě „S“.
3. V případě vozovek místních komunikací (nebo dopravních ploch) s velkou četností výskytu povrchových znaků inženýrských sítí, a tedy horšími podmínkami pro zajištění kvalitního ztuhnutí vrstev, je pro TDZ VI možné do obrusné vrstvy použít ACO 8.

# D1-A

TDZ	III		IV		V		VI	
$N_{cd}$ (mil. NN)	2.4		0.8		0.16		0.024	
<b>D1-A-5</b>	Podloží		Podloží		Podloží		Podloží	
ACO, ACL, ACP, SC C <sub>8/10</sub> , ŠD <sub>B</sub>								
Ha	150 150		110 110		100 100			
Hv	440 540		400 510		360 420			
<b>D1-A-6</b>	Podloží		Podloží		Podloží		Podloží	
ACO, ACL, ACP, SC C <sub>3/4</sub> , ŠD <sub>A</sub>								
Ha	160 160		120 120		100 100			
Hv	470 570		440 540		370 420			
<b>D1-A-7</b>	Podloží		Podloží		Podloží		Podloží	
ACO, ACL, ACP, SC C <sub>3/4</sub> , ŠD <sub>B</sub>								
Ha	160 160		120 120		100 100		90 90 90	
Hv	490 590		460 560		390 440		290 340 390	

- Na konstrukčních vrstvách ze SC musí být provedena opatření proti vývoji reflexních trhlin do asfaltových vrstev omezením jejich smršťování úpravou pojiva (pomalu tuhnoucí pojivo) nebo uvolněním smršťovacích napětí pojezdy vrstvy vibračním válcem v době tvrdnutí nebo vytvořením smršťovacích trhlin ve vzdálenostech do 5 m (vložkami, vibračním diskem, proříznutím apod.).
- Podkladní vrstvy tloušťky 100 mm jsou technologickým minimem a lze je provést z frakce kameniva nejvýše 0/45. Kamenivo frakce 0/63 lze použít do nestmelené vrstvy tloušťky min. 150 mm (viz ČSN 73 6126-1 pro směsi ŠD<sub>A</sub>, ŠD<sub>B</sub> a MZ).

# D1-D

TDZ	III	IV	V	VI
<i>N<sub>cd</sub></i> (mil. NN)	2.4	0.8	0.16	0.024

D1-D-1	PII	PIII	Podloží
DL, SC C <sub>8/10</sub> , ŠD <sub>B</sub>	DL 100 L 40 SC C <sub>8/10</sub> ŠD <sub>B</sub> (MZ)	DL 80 L 40 SC C <sub>8/10</sub> ŠD <sub>B</sub> (MZ)	DL 80 L 40 SC C <sub>8/10</sub> ŠD <sub>B</sub> (MZ)
100	200	150	120
200	200	170	120
300	150	150	150
400	250	200	200
500			
600			
700			
Hd	100	80	80
Hv	490	420	390

D1-D-2	PII	PIII	Podloží
DL, SC C <sub>5/6</sub> , ŠD <sub>B</sub>	DL 100 L 40 SC C <sub>5/6</sub> ŠD <sub>B</sub> (MZ)	DL 80 L 40 SC C <sub>5/6</sub> ŠD <sub>B</sub> (MZ)	DL 80 L 40 SC C <sub>5/6</sub> ŠD <sub>B</sub> (MZ)
100	210	160	120
200	210	180	130
300	150	150	150
400	250	200	200
500			
600			
700			
Hd	100	80	80
Hv	500	430	390

D1-D-3	PII	PIII	Podloží
DL, MZK, ŠD <sub>A</sub>	DL 100 L 40 MZK ŠD <sub>A</sub>	DL 100 <sup>a)</sup> L 40 MZK ŠD <sub>A</sub>	DL 80 L 40 MZK ŠD <sub>B</sub> (MZ)
100	250	190	150
200	270	210	160
300	200	150	150
400	250	200	200
500			
600			
700			
Hd	100	100	80
Hv	590	480	420

## Konstrukční požadavky pro D1-D:

1. Tloušťka dlažebních prvků je uvedena jako minimální. Dlažba byla uvažována jako betonová zámková, popřípadě může být provedena z velké nebo drobné dlažby z přírodního kamene.
2. Pro intenzitu TNV pod 50 denně lze použít dlažbu tl. 80 mm.
3. Vrstva SC C<sub>5/6</sub> nebo SC C<sub>8/10</sub> může být nahrazena vrstvou vyšší pevnostní třídy, např. SC C<sub>12/15</sub>, anebo vrstvou MCB o uvedených tloušťkách.
4. Ložní vrstva na podkladech ze SC musí být řádně a dostatečně odvodněna – viz TP 192.
5. Navrhování a provádění vozovek s krytem z dlažby se řídí požadavky ČSN 73 6131 a TP 192.



## D1-BUS (A)

TDZ	III		IV		V		VI	
N <sub>cd</sub> (mil. NN)	9.6		3.2		0.64		0.096	

D1-BUS-1			D1-BUS-2			D1-BUS-3								
ACB, ACL, ACP, SC C <sub>8/10</sub> , ŠDA								Podložni						
									Ha	180 180	150 150	120 120	100 100	100 100
									Hv	480 580	450 550	410 460	350 400	350 400

### Konstrukční požadavky pro D1-BUS(A):

1. Na konstrukčních vrstvách ze SC musí být provedena opatření proti vývoji reflexních trhlin do asfaltových vrstev omezením jejich smršťování úpravou pojiva (pomalu tuhnoucí pojivo) nebo uvolněním smršťovacích napětí pojezdy vrstvy vibračním válcem v době tvrdnutí nebo vytvořením smršťovacích trhlin ve vzdálenostech do 5 m (vločkami, vibračním diskem, proříznutím apod.).
2. Vrstvu SMA 11 S lze nahradit vrstvou ACO 11 + , pokud bude zajištěna dostatečná odolnost vůči vysokým dotykovým tlakům i smykovým napětím ve vrstvě.

# D1-BUS (CB)

TDZ	III		IV		V		VI			
<i>N<sub>cd</sub></i> (mil. NN)	13.7		4.6		0.91		0.137			
D1-BUS-4										
CB, SC C <sub>8/10</sub> , ŠDA	<div><div>100</div><div>200</div><div>300</div><div>400</div><div>500</div><div>600</div><div>700</div></div>	<div><div>80▼</div><div>60▼</div></div>	<div><div>230</div><div>150</div><div>150</div></div>	<div><div>CB II</div><div>SC C<sub>8/10</sub></div><div>ŠDA</div></div>	<div><div>220</div><div>150</div><div>150</div></div>	<div><div>CB II</div><div>SC C<sub>8/10</sub></div><div>ŠDA</div></div>	<div><div>210</div><div>150</div><div>150</div></div>	<div><div>CB II</div><div>SC C<sub>8/10</sub></div><div>ŠDA</div></div>		
			<div><div>▲ 70</div><div>▼ 45</div></div>	<div><div>▲ 70</div><div>▼ 45</div></div>	<div><div>▲ 65</div><div>▼ 45</div></div>					
			<div><div>230 230</div><div>530 630</div></div>	<div><div>220 220</div><div>520 620</div></div>	<div><div>210 210</div><div>510 560</div></div>					
D1-BUS-5										
CB, MCB, ŠDA	<div><div>100</div><div>200</div><div>300</div><div>400</div><div>500</div><div>600</div><div>700</div></div>	<div><div>80▼</div><div>60▼</div></div>	<div><div>230</div><div>150</div><div>150</div></div>	<div><div>CB II</div><div>MCB</div><div>ŠDA</div></div>	<div><div>220</div><div>150</div><div>150</div></div>	<div><div>CB II</div><div>MCB</div><div>ŠDA</div></div>	<div><div>210</div><div>150</div><div>150</div></div>	<div><div>CB II</div><div>MCB</div><div>ŠDA</div></div>		
			<div><div>▲ 70</div><div>▼ 45</div></div>	<div><div>▲ 70</div><div>▼ 45</div></div>	<div><div>▲ 70</div><div>▼ 45</div></div>					
			<div><div>230 230</div><div>530 630</div></div>	<div><div>220 220</div><div>520 620</div></div>	<div><div>210 210</div><div>510 560</div></div>					
	D1-BUS-6									
CB, SC C <sub>12/16</sub> , ŠDA	<div><div>100</div><div>200</div><div>300</div><div>400</div><div>500</div><div>600</div><div>700</div></div>	<div><div>80▼</div><div>60▼</div></div>	<div><div>220</div><div>150</div><div>150</div></div>	<div><div>CB II</div><div>SC C<sub>12/16</sub></div><div>ŠDA</div></div>	<div><div>210</div><div>150</div><div>150</div></div>	<div><div>CB II</div><div>SC C<sub>12/16</sub></div><div>ŠDA</div></div>	<div><div>210</div><div>150</div><div>150</div></div>	<div><div>CB II</div><div>SC C<sub>12/16</sub></div><div>ŠDA</div></div>		
			<div><div>▼ 70</div><div>▼ 45</div></div>	<div><div>▼ 70</div><div>▼ 45</div></div>	<div><div>▼ 70</div><div>▼ 45</div></div>					
			<div><div>220 220</div><div>520 620</div></div>	<div><div>210 210</div><div>510 610</div></div>	<div><div>210 210</div><div>510 610</div></div>					

## Konstrukční požadavky pro D1-BUS(CB):

1. Tloušťka CB krytu platí pro průměrnou teplotu vzduchu 7 °C až 9 °C, při teplotě vyšší se může snížit o 10 mm, při teplotě nižší se musí zvětšit o 10 mm.
2. Délka desek CB krytu závisí na jejich tloušťce a konstrukce uvedené v tomto katalogu vyhovují pro tyto délky: tl. 220 mm a 230 mm – max. 4,50 m, 210 mm – max. 4,00 m. Doporučuje se ale, aby délka CB desky nepřekročila 20násobek tloušťky CBK.
3. Podélné spáry se kotví a příčné spáry vyztužují. Pro tento předpoklad byly navrženy konstrukce uvedené v katalogu. Pro konstrukční požadavky platí TKP, kapitola 6.
4. V podkladní vrstvě ze SC C<sub>8/10</sub>, resp. SC C<sub>12/16</sub> se v místech spár v CB krytu rovněž vytvářejí spáry. Pro snížení eroze podkladu je možno na všech konstrukčních vrstvách ze SC navrhnout geotextilii o plošné hmotnosti 500 g·m<sup>-2</sup>. V takovém případě není nutno spáry ve vrstvě SC vytvářet.

# D1-BUS (D)

TDZ	III	IV	V	VI
$N_{cd}$ (mil. NN)	4.8	1.6	0.32	0.048

D1-BUS-1		PII	PIII	PII	PIII	Podloží
DL, SC C <sub>8/10</sub> , ŠD <sub>B</sub>	100		DL 160		DL 160 (120)	DL 120 (100)
	200		L 50		L 50	L 50
	300		SC C <sub>8/10</sub>		SC C <sub>8/10</sub>	SC C <sub>8/10</sub>
	400	80▼	230	80▼	180	140
	500	80▼	150	60▼	150	150
	600		250		200	200
	700		ŠD <sub>B</sub> (MZ)		ŠD <sub>B</sub> (MZ)	ŠD <sub>B</sub> (MZ)
			▼45		▼45	▼45
Hd		160	160	160	160	120
Hv		590	690	540	590	460

D1-BUS-2		PII	PIII	PII	PIII	Podloží
DL, SC C <sub>5/6</sub> , ŠD <sub>B</sub>	100		DL 160		DL 160 (120)	DL 120 (100)
	200		L 50		L 50	L 50
	300		MCB		MCB	MCB
	400	80▼	180	80▼	150	120
	500	60▼	150	60▼	150	150
	600		250		200	200
	700		ŠD <sub>B</sub> (MZ)		ŠD <sub>B</sub> (MZ)	ŠD <sub>B</sub> (MZ)
			▼45		▼45	▼45
Hd		160	160	160	160	120
Hv		540	640	510	560	440

D1-BUS-3		PII	PIII	PII	PIII	Podloží
DL, SC C <sub>12/16</sub> , ŠD <sub>B</sub>	100		DL 160		DL 160 (120)	
	200		L 50		L 50	
	300		SC C <sub>12/16</sub>		SC C <sub>12/16</sub>	
	400	80▼	130	80▼	100	
	500	60▼	150	60▼	150	
	600		250		200	
	700		ŠD <sub>B</sub> (MZ)		ŠD <sub>B</sub> (MZ)	
			▼45		▼45	
Hd		160	160	160	160	
Hv		490	590	460	510	

## Konstrukční požadavky pro D1-BUS(D):

1. Tloušťka dlažebních prvků je uvedena jako minimální. Při návrhu vozovky autobusových a trolejbusových zastávek se dává přednost dlažbě velikosti 120 mm až 160 mm z přírodního kamene.
2. Vrstva SC C<sub>8/10</sub> může být nahrazena vrstvou vyšší pevnostní třídy, např. SC C<sub>12/15</sub>.
3. Ložní vrstva na podkladech ze SC musí být řádně a dostatečně odvodněna – viz TP 192.
4. Navrhování a provádění vozovek s krytem z dlažby se řídí požadavky ČSN 73 6131 a TP 192.

## D2-CB

TDZ	V			VI			O			CH											
N <sub>cd</sub> (mil. NN)	0.32			0.048																	
D2-CB-1																					
CB, ŠD <sub>B</sub>		P II	P III	P III		P II	P III	P III		P III	P III	Podloží									
	100	190			CB III	170			CB III	140			CB III	120			CB III				
	200	80▼	▲65			▲60	80▼	▲65	▲60	80▼	▲50	60▼	▲45	▲45	▲30	▲45	▲30				
	300	60▼	150	200	250	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	60▼	150	200	250	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	45▼	150	200	ŠD <sub>B</sub> (MZ)	45▼	150	150	ŠD <sub>B</sub> (MZ)		
	400		▲45			▼30		▲45			▼30		▲45			▼30		▲45			▼30
	500																				
Hb		190	190	190		170	170	170		140	140		120	120							
Hv		340	390	440		320	370	420		290	340		270	270							

## D2-D

TDZ	V			VI			O			CH		
$N_{cd}$ (mil. NN)	0.16			0.024								

D2-D-1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
		PII			PIII			PIII			PIII			PIII			Podloží																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
DL, ŠD <sub>A</sub> , ŠD <sub>B</sub>	100	110▼																	DL 80 L 40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

### Konstrukční požadavky pro D2-CB a D2-D:

- Délka desek CB krytu závisí na jejich tloušťce a konstrukce uvedené v tomto katalogu vyhovují pro tyto délky: tl. 190 mm – délka max. 4,00 m, 170 mm a 180 mm – max. 3,50 m, 140 mm až 160 mm – max. 3,00 m, 120 mm a 130 mm – max. 2,50 m. Doporučuje se ale, aby délka CB desky nepřekročila 20násobek tloušťky CBK.
- Podélné ani příčné spáry obvykle nejsou vyztuženy. Pro konstrukční požadavky platí TKP, kapitola 6.
- Uvedena je minimální tloušťka dlažebních prvků z vibrolisovaného betonu.
- Vozovky s dopravním zatížením „O“ jsou konstrukce komunikací vyhrazených pro osobní vozidla, kde není trvalým fyzickým opatřením znemožněn vjezd TNV.
- Pro konstrukce „CH“ je možné navrhnout mozaikovou dlažbu z přírodního kamene s min. tl. dlažebních kostek 50 mm.
- Navrhování a provádění vozovek s krytem z dlažby se řídí požadavky ČSN 73 6131 a TP 192.

## D2-A, N

TDZ	V	VI	O	CH
N <sub>cd</sub> (mil. NN)	0.16	0.024		

D2-A-1	PII PIII PIII	PII PIII	PIII PIII Podloží
ACO, R-mat, ŠD <sub>B</sub> (MZ)	ACO 16 Ra ▲55 ▼30 80▼ 60▼ 150 200 230 ▲45	ACO 11 Ra ▲50 ▼30 60▼ 45▼ 150 200 ŠD <sub>B</sub> (MZ)	ACO 8CH Ra ▲45 ▼30 60▼ 45▼ 150 150 ŠD <sub>B</sub> (MZ)
Ha	60 60 60	50 50	40 40
Hv	260 310 340	250 300	240 240

D2-N-1	PII PIII PIII	PII PIII PIII	PIII PIII Podloží
N, PM, ŠD <sub>A</sub> , ŠD <sub>B</sub> (MZ)	DV 20 PMH ▲80 ▲60 ▲45 ▼30 100▼ 80▼ 60▼ 150 150 170 230 250 ŠD <sub>A</sub> ŠD <sub>B</sub> (MZ)	DV 20 PMH ▲65 ▼30 85▼ 60▼ 200 270 300 ▲75 ▲45	PMJ DV 20 ▲60 ▼30 65▲ 45▼ 200 250 ŠD <sub>B</sub> (MZ)
Ha	0 0 0	0 0 0	0 0
Hv	420 500 540	320 390 420	270 320

D2-N-2	PII PIII PIII	PII PIII PIII	PIII PIII Podloží
N, SC C <sub>8/10</sub> , ŠD <sub>B</sub> (MZ)	DV 20 SC C <sub>8/10</sub> ▲60 ▲45 ▼30 80▼ 60▼ 150 200 250 ŠD <sub>B</sub> (MZ)	DV 20 SC C <sub>8/10</sub> ▲60 ▼30 80▼ 60▼ 150 200 200 ▲65 ▲45	DV 20 SC C <sub>8/10</sub> ▲50 ▼30 80▼ 60▼ 150 200 ŠD <sub>B</sub> (MZ)
Ha	0 0 0	0 0 0	0 0
Hv	320 390 440	270 340 360	270 320

D2-N-3	PII PIII PIII Podloží
MZK, ŠD <sub>A</sub> , ŠD <sub>B</sub> (MZ)	MZK ▲80 ▲60 ▲45 ▼30 100▲ 60▼ 200 150 150 200 ŠD <sub>A</sub> , ŠD <sub>B</sub> (MZ)
Ha	0 0 0
Hv	200 300 350

### Konstrukční požadavky pro D2-A, N:

- Vozovky lze použít pro účelové, případně i obslužné komunikace, nebo komunikace dočasné a staveništní.
- Vrstvy opatřené pouze nátěrem vyžadují údržbu povrchu, předpokládaná doba životnosti obrusné vrstvy je obvykle 6 – 8 let. Vozovky se použijí pro etapovou výstavbu s uvedenou dílčí dobou životnosti a pro dočasné vozovky.
- Ve vozovce D2-N-3 se jako MZK rozumí MZK podle článku A.2.1 nebo kterákoliv další varianta podle článku A.2.2 nebo A.2.3 ČSN 73 6126-1.
- Vozovky s dopravním zatížením „O“ jsou konstrukce komunikací vyhrazených pro osobní vozidla, kde není trvalým fyzickým opatřením znemožněn vjezd TNV. V případě velké četnosti výskytu povrchových znaků inženýrských sítí ve vozovce je možné do obrusné vrstvy použít ACO 8.
- Vozovka D2-A-1 vzhledem k vlastnostem asfaltového recyklátu (Ra) není vhodná pro dlouhodobé statické zatížení (odstavné a parkovací plochy).

## Příloha 2 Analytický model posuzování vozovek

### P.2.1 Dopravní zatížení

#### P.2.1.1 Přepočet na návrhovou nápravu

Přepočet na návrhovou nápravu se provádí pro vybrané reprezentativní typy vozidel LN, SN, SNP, TN, TNP atd. podle rovnice (1). Denní intenzity těchto typů vozidel se zjišťují na základě celostátního sčítání dopravy. Uvedené typy vozidel se uvažují v jejich typické (standardní, nejběžnější) konfiguraci a dalším postupem podle článku P.2.1.2 se pak zohledňuje vliv jejich vytižení.

Pro přepočet účinku libovolné nápravy na návrhovou nápravu 100 kN lze použít přibližný vzorec:

$$N_d = \sum_1^n \left( \frac{P_i}{100} \right)^B \quad (\text{P.2.1})$$

kde je

$N_d$	celkový počet návrhových náprav za dané období;
$n$	počet jednotlivých náprav;
$P_i$	hmotnost jednotlivých náprav, kN;
$B$	charakteristika únavy (pro tento vztah se obvykle uvažuje $B = 4$ ).

V těchto TP se používá analytická metoda, kde se porovnávají poměrná porušení ( $D_i$ ) od jednotlivých zatěžovacích sestav vozidel (LN, SN, SNP, TN, TNP, atd.) a poměrná porušení ( $D_{100}$ ) od návrhové nápravy 100 kN. Tím se pro jednotlivé zatěžovací sestavy získají potřebné koeficienty přepočtu ( $TF_i$ ) na návrhovou nápravu podle rovnice P.2.2. Těmi se pak násobí počty jednotlivých zatěžovacích sestav v rovnici (1).

$$TF_i = \frac{D_i}{D_{100}} = \frac{\sum_1^j \frac{N_i}{N_{ij,lim}}}{\sum_1^j \frac{N_i}{N_{100j,lim}}} = \frac{\sum_1^j N_{100j,lim}}{\sum_1^j N_{ij,lim}} \quad (\text{P.2.2})$$

kde je

$TF_i$	koeficient přepočtu na návrhovou nápravu (Truck Factor) pro $i$ -tou zatěžovací sestavu (LN, SN, SNP, TN, TNP, atd.);
$D_i$	poměrné porušení od přejezdů $i$ -té zatěžovací sestavy;
$D_{100}$	poměrné porušení od přejezdů návrhové nápravy;
$N_i$	celkový počet opakování zatížení $i$ -tou zatěžovací sestavou;
$N_{ij,lim}$	mezni počet opakování zatížení $i$ -tou zatěžovací sestavou (za použití superpozice účinku jednotlivých náprav) v $j$ -tých podmínkách (různé skladby vozovek a dopravní zatížení) stanovený výpočtem;
$N_{100j,lim}$	mezni počet opakování zatížení návrhovou nápravou 100 kN v $j$ -tých podmínkách stanovený výpočtem.

#### Poznámka 20

Rovnice P.2.2 dává volnost v použitém modelu výpočtu mezního počtu opakování zatížení  $N_{ij,lim}$ . Výsledek je závislý na mnoha proměnných parametrech jako např. tloušťka a druh konstrukčních vrstev, vzdálenost a počet kol jednotlivých náprav dané zatěžovací sestavy a huštění pneumatik. Výsledky ovlivňuje i použité kritérium posuzování (únava asfaltových vrstev nebo odolnost vůči trvalým deformacím podloží). Dále záleží na zvoleném způsobu výpočtu účinků dané zatěžovací sestavy

(superpozice jednotlivých náprav, vliv dvoj/troj náprav). Na konkrétní způsob analytického modelování přepočtu vozidel na účinek návrhové nápravy stále není jednotný názor ani podle zahraniční literatury.

### P.2.1.2 Vliv vytížení vozidel

Vliv vytížení vozidel se při výpočtu dopravního zatížení podle rovnice (4) vyjadřuje koeficientem  $C_3$ . Jeho stanovení se provádí na základě vážení vozidel, při kterém se porovnávají očekávané standardní hmotnosti vážených náprav a hmotnosti skutečné.

Hodnoty koeficientu  $C_3$  jsou závislé na charakteru dopravního zatížení a proto je nezbytné rozlišovat:

- běžné dopravní zatížení,
- nepříznivé dopravní zatížení s mezinárodní a dálkovou dopravou, autobusové a trolejbusové zastávky,
- velmi nepříznivé dopravní zatížení na komunikacích s převahou plně naložených vozidel.

Koeficient  $C_3$  pro  $j$ -té podmínky se odvodí z porovnání hmotností náprav zatěžovacích sestav  $i$  při jejich celkové hmotnosti (plné vytížení) a hmotností odpovídajících náprav zatěžovacích sestav  $i$  zjištěných při vážení vozidel.

## P.2.2 Návrhové parametry podloží

Charakteristiky odolnosti podloží vozovky vůči nárůstu trvalých deformací opakovaným zatěžováním se vyjadřují rovnicí (P.2.3) analogicky s rovnicí (P.2.6). Tato rovnice je pak v (P.2.12) rozvinuta o dílčí součinitele spolehlivosti  $\gamma$ .

$$N = 10^6 (\epsilon_6 / \epsilon_{ij})^B \quad (\text{P.2.3})$$

kde je

$N$	mezní počet opakování zatížení;
$\epsilon_6$	velikost přípustného poměrného stlačení podloží vozovky pro $10^6$ zatěžovacích cyklů zatížení, mikrostrain;
$\epsilon_{ij}$	poměrné stlačení podloží vozovky při zatížení $i$ za $j$ -tých podmínek, mikrostrain (1 mikrostrain = $10^{-6}$ );
$B$	charakteristika únavy.

### Poznámka 21

Podloží posuzujeme na hlavní tlakové poměrné přetvoření ( $\epsilon_3$ ) v místě, kde toto přetvoření dosahuje maxima (v absolutní hodnotě), což je typicky na horním líci buď v ose dvojmontáže, ose pneumatiky nebo i mezi nimi.

Protože laboratorní stanovení uvedených charakteristik je komplikované, uvažují se pro zjednodušení jednotně pro všechny druhy zemin hodnoty uvedené v tabulce P.2.1.

**Tabulka P.2.1 – Charakteristiky nárůstu trvalé deformace podloží**

Charakteristiky nárůstu trvalé deformace	
$\varepsilon_6$ $10^{-6}$ m/m	$B$
410	5,0

## P.2.3 Návrhové parametry konstrukčních vrstev

### P.2.3.1 Hutněné asfaltové vrstvy

Modul tuhosti se stanovuje jako komplexní modul tuhosti metodikou podle ČSN EN 12697-26.

Únavové charakteristiky se stanovují laboratorními zkouškami podle ČSN EN 12697-24. Různé přístroje a metody uvedené v přílohách A až E ČSN EN 12697-24 dávají odlišné výsledky. Pro navrhování vozovek podle těchto TP se jako referenční používá dvoubodová zkouška na vetknutém komolém klínu podle přílohy A ČSN EN 12697-24. Podle článku A.5.1 normy je rovnice únavy ve tvaru:

$$\log N = a + (1/b) \log \varepsilon \quad (\text{P.2.4})$$

kde je

- $\varepsilon$  maximální poměrné protažení zkušebního tělesa, které odpovídá posunu jeho volného konce;
- $a$  pořadnice (intercept) a  $1/b$  sklon únavové přímky;
- $N$  konvenční únavová životnost pro poměrné přetvoření  $\varepsilon$  (počet zatěžovacích cyklů, při kterém se komplexní modul tuhosti snížil na polovinu své původní hodnoty).

Pro aplikaci únavové zkoušky pro návrh vozovky se charakteristika  $a$  nahrazuje charakteristikou  $\varepsilon_6$ . To je poměrné protažení odpovídající  $10^6$  zatěžovacích cyklů. Mezi těmito charakteristikami platí proto vztah (P.2.5), uvedený v ČSN EN 12697-24.

$$\varepsilon_6 = 10^{b(6-a)} \quad (\text{P.2.5})$$

kde  $a, b$  jsou charakteristiky únavy v rovnici (P.2.4).

Poměrné protažení  $\varepsilon$  a  $\varepsilon_6$  je vhodné vyjadřovat v mikrostrainech (1 mikrostrain =  $10^{-6}$ ).

Vzorec (P.2.4) je možné po odlogaritmování a formální úpravě převést na tvar (P.2.6).

$$N = 10^6 (\varepsilon_6 / \varepsilon_{ij})^B \quad (\text{P.2.6})$$

kde je

$$B = -1/b;$$

$\varepsilon_{ij}$  vypočtené poměrné protažení na spodním líci asfaltových vrstev.

Vzorec (P.2.6) je základem vzorce pro výpočet mezního počtu opakování zatížení vozovky v závislosti na vypočteném poměrném protažení na spodním líci asfaltových vrstev od zatížení návrhovou



nápravou (P.2.12). Úprava vzorce (P.2.6) na vzorec (P.2.12) je založena na jeho rozvinutí o dílčí součinitele spolehlivosti  $\gamma$ .

Podle ČSN EN 12697-24 je třeba provést únavovou zkoušku na 18 zkušebních tělesech. Pro spolehlivé stanovení charakteristiky únavy  $\epsilon_6$  je třeba, aby nejméně 3 měření únavové zkoušky byla v pásmu  $5 \cdot 10^5$  až  $5 \cdot 10^6$  opakovaní zatížení.

Charakteristiky únavy se získají regresní analýzou a jsou v úrovni spolehlivosti 0,5.

Podle ČSN EN 12697-24 příloha A musí protokol o zkoušce odolnosti proti únavě obsahovat i charakteristiky rozptylu, kterými jsou zbytková směrodatná odchylka SN a tzv. index kvality  $\Delta\epsilon_6$ .

Pro návrh vozovky podle těchto TP se použije pro vyjádření rozptylu měření charakteristika  $\gamma_{úp}$ . Stanovuje se jako posun hodnoty  $\epsilon_6$  vyjádřený vzorcem:

$$\gamma_{úp} = (\epsilon_{6, 50\%} / \epsilon_{6, 5\%}) \quad (P.2.7)$$

kde je

- $\gamma_{úp}$  dílčí součinitel rozptylu únavové zkoušky;
- $\epsilon_{6, 50\%}$  průměrná velikost přetvoření stanovená z únavové přímky při  $10^6$  zatěžovacích cyklech, mikrostrain;
- $\epsilon_{6, 5\%}$  minimální velikost přetvoření odvozená z únavové přímky při  $10^6$  zatěžovacích cyklech pro pravděpodobnost výskytu 5 %, mikrostrain.

Charakteristika rozptylu  $\gamma_{úp}$  může být vyjádřena vzorcem (P.2.8).

$$\gamma_{úp} = 10^{ubSN} \quad (P.2.8)$$

kde je

- $u$  charakteristika normálního rozdělení, pro pravděpodobnost výskytu 95 % je  $u = -1,65$ ;
- $b$  parametr z rovnice (P.2.4);
- $SN$  směrodatná odchylka dekadických logaritmů počtu cyklů do porušení.

#### Poznámka 22

Tento přibližný postup vyhodnocení rozptylu při únavové zkoušce je použit ve francouzské návrhové metodě v NF P 98-086. Vzorec (P.2.8) lze získat ze vzorce uvedeného ve francouzské metodě po zanedbání vlivu kolísání tloušťky asfaltové vrstvy. Charakteristiku  $\gamma_{úp}$  je možné stanovit buď z konkrétní únavové zkoušky, nebo použít doporučenou návrhovou hodnotu, stanovenou na základě vyhodnocení velkého počtu únavových zkoušek.

Pro charakteristiky  $SN = 0,3$ ,  $b = -1/B = -1/5 = -0,2$  je  $\gamma_{úp} = 1,26$ .

#### P.2.3.2 Cementobetonové kryty

Pro cementobetonové kryty platí tabulkové hodnoty modulů pružnosti a dalších návrhových charakteristik podle článku 5.2, tabulka 9.

### P.2.3.3 Vrstvy stmelené hydraulickými pojivy

Modul pružnosti se stanovuje podle ČSN EN 13286-43. V případě třídy pevnosti C<sub>3/4</sub> a nižší lze modul pružnosti orientačně stanovit podle ČSN EN 13286-7.

Modul pružnosti zkušebních těles zhotovených v laboratoři se pohybuje od 8 000 MPa do 35 000 MPa. Vzhledem k předpokládanému vytvoření mikrotrhlin ve vrstvě vozovky se při návrhu vozovky používají moduly odpovídající prakticky desetině hodnoty stanovené laboratorní zkouškou.

Vzhledem k omezení velikosti maximálního zrna směsi, lze podle ČSN EN 13286-43 zkoušet stmelené směsi ve tvaru válcových těles do 0/22,4 mm pro průměr válce 100 mm a 0/31,5 mm pro průměr válce do 150 mm.

### P.2.3.4 Nestmelené vrstvy

Modul pružnosti se stanovuje podle ČSN EN 13286-7 na zkušebních tělesech zhotovených v laboratoři (viz též ČSN EN 13285 ed. 2). V závislosti na kvalitě materiálu a velikosti napětí od zatížení vozidla se hodnoty modulu pružnosti pohybují od 100 MPa do 500 MPa. Vzhledem k omezení velikosti maximálního zrna směsi lze podle ČSN EN 13286-7 zkoušet nestmelené směsi ve tvaru válcových těles do 0/22,4 mm pro průměr válce 100 mm a 0/31,5 mm pro průměr válce do 150 mm.

### P.2.3.5 Ostatní

Moduly pružnosti ostatních vrstev (ŠCM, PM) jsou stanoveny empiricky.

## P.2.4 Posouzení konstrukce vozovky výpočtem

### P.2.4.1 Obecně

Každé zatížení vyvolá v konstrukci namáhání (poměrné přetvoření a napětí). Ve stmelené vrstvě dochází úměrně velikosti namáhání k porušování vrstvy, v podloží pak k nevratnému přetvoření. Kumulace porušení a nevratných přetvoření vede k poruchám vozovky.

#### Poznámka 23

Asfaltové vrstvy posuzujeme na hlavní tahové poměrné přetvoření Epsilon<sub>1</sub> v místě, kde toto přetvoření dosahuje maxima, což je typicky na spodním líci dané vrstvy, buď v ose dvojmontáže, ose pneumatiky nebo i mezi nimi.

Při posouzení se vychází z předpokladu, že daná velikost každého namáhání poškodí materiál úměrně meznímu počtu těchto namáhání. Kritériem posouzení je pak poměrné porušení.

$$D_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_{ij,lim}} \quad (P.2.9)$$

kde je

- |              |   |
|--------------|---|
| $D_{ij}$     | poměrné porušení návrhového průřezu po $N_{ij}$ opakování zatížení $i$ -tou zatěžovací sestavou v $j$ -tých podmínkách; |
| $N_{ij}$     | celkový počet opakování zatížení $i$ -tou zatěžovací sestavou v $j$ -tých podmínkách;                                   |
| $N_{ij,lim}$ | mezní počet opakování zatížení $i$ -tou zatěžovací sestavou v $j$ -tých podmínkách stanovený výpočtem.                  |

Celkové poměrné porušení je pak dáno superpozicí dílčích relativních přetvoření.

$$D_{cd} = \sum_{i=1}^{m_i} \sum_{j=1}^{m_j} D_{ij} \quad (\text{P.2.10})$$

kde je

$D_{cd}$	celkové poměrné porušení v průběhu návrhového období;
$m_i$	počet různých kategorií zatěžovacích sestav;
$m_j$	počet různých podmínek.

Celkové poměrné porušení  $D_{cd}$  musí obecně splňovat podmínku:

$$D_{cd} \leq 1 \quad (\text{P.2.11})$$

#### Poznámka 24

S ohledem na nejistotu ve stanovení intenzity a skladby dopravního zatížení, resp. vytížení vozidel (součinitel  $C_3$ ) a tedy správnost stanovení návrhového dopravního zatížení, se doporučuje, aby se hodnota  $D_{cd}$  pohybovala v mezích 0,6 až 0,85.

Pro netuhé (asfaltové a dlážděné) vozovky:

Mezní počet opakování zatížení vozovky se stanoví ze vztahu, který odpovídá vztahům (P.2.3) a (P.2.6).

$$N_{ij,lim} = \frac{10^6}{\gamma_d} \left[ \frac{\gamma_u \gamma_D \varepsilon_6}{\gamma_{\dot{u}p} \varepsilon_{ij}} \right]^B \quad (\text{P.2.12})$$

Pro cementobetonové vozovky:

$$N_{ij,lim} = \frac{1}{\gamma_d} \left[ \frac{\gamma_u \gamma_D f_{t,ij} \eta}{\sigma_{Qd} + \psi \cdot \sigma_{Td}} \right]^B \quad (\text{P.2.13})$$

kde je

$N_{ij,lim}$	mezní počet opakování zatížení $i$ -tou zatěžovací sestavou v $j$ -tých podmínkách stanovený výpočtem;
$\gamma_d$	dílčí součinitel spolehlivosti výpočtového modelu, který vystihuje nejistoty vstupních údajů podle tabulky P.2.2;
$\gamma_u$	dílčí součinitel spolehlivosti aplikace únavové zkoušky pro návrh vozovky podle tabulky P.2.2;
$\gamma_D$	dílčí součinitel spolehlivosti porušení vozovky v závislosti na návrhové úrovni porušení podle tabulky P.2.2;
$\gamma_{\dot{u}p}$	dílčí součinitel rozptylu únavové zkoušky podle P.2.3.1 rovnice (P.2.7);
$\varepsilon_6$	pro asfaltové směsi průměrná velikost přetvoření odvozená z únavové přímky při $10^6$ zatěžovacích cyklech v jednotce $10^{-6}$ ( $\mu\text{m/m}$ ), mikrostrain (viz též článek P.2.3.1); pro podloží velikost přípustného poměrného stlačení podloží vozovky pro $10^6$ zatěžovacích cyklů zatížení za $j$ -tých podmínek, mikrostrain (viz též článek P.2.2);
$\varepsilon_{ij}$	vypočtené maximální poměrné protažení na spodním líci asfaltových vrstev a v případě posouzení podloží maximální stlačení povrchu podloží vozovky pod zatížením $i$ v podmínkách $j$ dosazované v absolutní hodnotě, mikrostrain;

$B$	charakteristika únavy podle tabulky P.2.2 (podloží) a tabulky 8 (asf. vrstvy);
$f_{t,ij}$	pevnost v tahu betonu – napětí na mezi porušení jednorázovým namáháním za $j$ -tých podmínek, MPa;
$\eta$	součinitel nárůstu pevnosti betonu s časem je 1,15;
$\sigma_{Qd}$	maximální napětí v tahu v cementobetonové vrstvě od dopravního zatížení, MPa; vypočítá se podle článku P.2.4.2;
$\sigma_{Td}$	maximální napětí v tahu v cementobetonové vrstvě vlivem teploty, MPa; vypočítá se podle článku P.2.4.2;
$\psi_j$	součinitel kombinace zatížení pro $j$ -té podmínky v závislosti na třídě dopravního zatížení; pro TDZ S $\psi = 0,45$ , TDZ I až III $\psi = 0,40$ , TDZ IV až VI $\psi = 0,35$ .

Pro výpočet poměrného přetvoření se obvykle postupuje tak, že se zatížení jednotlivými zatěžovacími sestavami převádí na zatížení návrhovou nápravou 100 kN. Neuvažuje se také se změnami teplot ve vozovce během roku a průběhem změn teplot v jednotlivých vrstvách vozovky (neplatí pro cementobetonové vozovky). U asfaltových vozovek se počítá jen s jednou návrhovou teplotou  $T = 15\text{ °C}$ . Pro tuto teplotu jsou v těchto TP uvedeny návrhové hodnoty únavových charakteristik  $\epsilon_6, B$ .

Rovnice (P.2.9) a (P.2.10) se pak zjednoduší na rovnici (P.2.14)

$$D_{100cd} = \frac{N_{100cd}}{N_{100cd,lim}} \quad (\text{P.2.14})$$

kde je

$N_{100cd}$	celkový počet opakování zatížení návrhovou nápravou 100 kN v celém návrhovém období;
$N_{100cd,lim}$	mezní počet opakování zatížení návrhovou nápravou 100 kN při návrhové teplotě $15\text{ °C}$ stanovený výpočtem.

Programem pro výpočet přetvoření a napětí ve vrstvách vozovky se stanoví přetvoření na spodním líci asfaltových vrstev. Pro návrhovou nápravu 100 kN při teplotě  $15\text{ °C}$  lze tedy přetvoření  $\epsilon_{ij}$  označit jako  $\epsilon_{ij} = \epsilon_{100,15}$ . Pro cementobetonové vozovky platí články P.2.3.2 a P.2.4.2.

**Tabulka P.2.2 – Dílčí součinitele spolehlivosti**

Dílčí součinitel spolehlivosti		Vozovky						Podloží		
		Asfaltové			Cementobetonové					
výpočtového modelu	$\gamma_d$	1,6			2,0			–		
aplikace únavové zkoušky	$\gamma_u$	1,6 (1,3) <sup>1)</sup>			1,35 (1,25) <sup>2)</sup>			1,0		
porušení vozovky v závislosti na návrhové úrovni porušení	$\gamma_p$	D0	D1	D2	D0	D1	D2	D0	D1	D2
		1,0	1,1	1,35	1,0	1,1	1,35	1,0	1,1	1,4
<sup>1)</sup> Údaj v závorce platí při posouzení asfaltových vrstev VMT.										
<sup>2)</sup> Údaj v závorce platí pro desky bez trnů a kotev.										

### P.2.4.2 Charakteristiky konstrukce pro cementobetonové vozovky

Níže popsaná metodika výpočetního posouzení cementobetonového krytu vozovky platí pouze pro podmínky zatížení běžným silničním provozem, tzn. pro podmínky zatížení těžkými vozidly splňujícími požadavky Vyhlášky č. 209/2018 Sb.

Použití jiného výpočtového modelu (výpočetního programu) je vázáno na ověření výsledků výpočetního posouzení, případně na úpravu dílčích součinitelů spolehlivosti uvedených v článku P.2.4.1 na konstrukcích, uvedených v katalogu těchto TP. Součinitelé spolehlivosti výpočtového modelu je třeba stanovit tak, aby se vypočtené tloušťky katalogových konstrukcí vozovek nelišily o více než 10 mm cementobetonového krytu.

Tloušťky cementobetonového krytu, navržené za použití výpočetního posouzení, se v případě nestmelených podkladů (na MZK) zvětšují o 20 mm. Rozměry desek se pak mohou zvětšit na velikost odpovídající zvětšené tloušťce CB krytu (viz 5.1.4.2).

#### P.2.4.2.1 Charakteristiky konstrukce

Základní charakteristikou konstrukce pro stanovení napětí způsobeného zatížením a kladným teplotním rozdílem v tenké tuhé desce na Winklerově podkladu je poloměr relativní tuhosti desky:

$$I = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)k}}, \quad (\text{P.2.15})$$

kde je

$E, \mu, h$  modul pružnosti, MPa, součinitel příčného přetvoření materiálu, tloušťka desky, m;  
 $k = r/w$  tzv. modul reakce podkladu, kde  $r$  je jeho odpor a  $w$  je průhyb.

Přetvárnými charakteristikami podloží a konstrukčních vrstev jsou v těchto TP moduly pružnosti a součinitelé příčného přetvoření materiálů vrstev (materiály vrstev jsou homogenní a izotropní) a poloměr relativní tuhosti desky se pro výpočet napětí určuje z přibližného vztahu (P.2.16).

$$I = L \quad (\text{P.2.16})$$

kde je

$I$  poloměr relativní tuhosti desky podle modelu desky na Winklerově podkladu, m;  
 $L$  tzv. pružná charakteristika desky, která se určí podle modelu tuhé desky na lineárně pružném poloprostoru, m.

#### Poznámka 25

Vztah (P.2.16) vychází z přibližné rovnosti ohybového momentu v blízkém okolí středu nekonečné desky na podkladě podle Winklerova modelu a modelu lineárně pružného poloprostoru. Při výpočtech nad rámcem těchto TP (např. přetvoření desky) uvedený vztah neplatí.

Pružná charakteristika desky se určuje ze vztahu:

$$L = h \sqrt[3]{\frac{E(1-\mu_p^2)}{6E_p(1-\mu^2)}} \quad (\text{P.2.17})$$

kde je

$L$	pružná charakteristika desky, m;
$h$	tloušťka desky, m;
$E$	modul pružnosti betonu, MPa, viz tabulka 9;
$E_p$	modul pružnosti materiálu podloží, MPa, viz tabulka 4;
$\mu$	součinitel příčného přetvoření betonu, viz tabulka 9;
$\mu_p$	součinitel příčného přetvoření materiálu podloží, viz tabulka 4.

Jako charakteristika vrstevnatého podkladu se do vztahu (P.2.17) používá ekvivalentní modul pružnosti podkladu, stanovený z podmínky rovnosti maximálních ohybových momentů v desce na vrstevnatém podkladě a na náhradním homogenním poloprostoru. Ekvivalentní modul pružnosti se stanovuje iterací z podmínky:

$$E_p = \frac{2qa(1 - \mu_p^2)}{w} \quad (\text{P.2.18})$$

$$a = 1, 2 L \quad (\text{P.2.19})$$

kde je

$q$	dotykový tlak, uvažuje se $q = 1$ MPa;
$a$	náhradní poloměr kruhové zatěžovací plochy, m;
$w$	maximální průhyb vrstevnatého poloprostoru, který představují vrstvy podloží a podkladu, m. Průhyb vrstevnatého podkladu je třeba vypočítat s přesností danou výpočtem programem ELAS.

Pro výpočet napětí vlivem teplotního namáhání se poloměr relativní tuhosti stanovuje ze vztahu:

$$I_T = L_T \quad (\text{P.2.20})$$

kde je

$I_T$	poloměr relativní tuhosti pro výpočet napětí v důsledku teplotního namáhání, m;
$L_T$	pružná charakteristika desky, m, stanovená podle rovnice (P.2.17) s použitím hodnoty $E_T$ , MPa, jako modulu pružnosti betonu pro výpočet napětí vlivem teplotního namáhání, viz rovnice (P.2.21).

$$E_T = 0,65 E_k \quad (\text{P.2.21})$$

kde je

$E_T$	návrhová hodnota modulu pružnosti pro teplotní namáhání;
$E_k$	návrhová hodnota modulu pružnosti betonu podle tabulky 9.

#### P.2.4.2.2 Výpočet napětí

Výpočet napětí v betonové desce vychází z napětí od dopravního zatížení a napětí způsobeného teplotními změnami.

Maximální hodnotu kladného ohybového momentu od zatížení návrhovou nápravou lze určit z přibližného vztahu:

$$M = 0,335ql^2 \left( \frac{a_e}{l} - 0,042 \right) \quad (\text{P.2.22})$$

kde je

- $M$**  běžný (vztažený k jednotce šířky průřezu) ohybový moment, MN;
- $q$**  dotykový tlak, uvažuje se  $q = 0,55$  MPa;
- $l$**  poloměr relativní tuhosti desky, m;
- $a_e$**  poloměr zatěžovací plochy ekvivalentního zatížení podle tabulky P.2.3.

**Tabulka P.2.3 – Poloměr zatěžovací plochy ekvivalentního zatížení  $a_e$**

Poloměr relativní tuhosti desky $l$ , m	Poloměr zatěžovací plochy ekvivalentního zatížení $a_e$ , m	
	podélná hrana	příčná hrana
0,6	0,152	0,13
0,8	0,155	0,139
1	0,154	0,143
1,2	0,153	0,143
1,4	0,152	0,144
1,6	0,15	0,144
1,8	0,147	0,143

Tahové napětí v průřezu se stanoví podle vztahu:

$$\sigma_Q = \frac{6M}{h^2} \quad (\text{P.2.23})$$

kde je

- $M$**  kladný ohybový moment, MN;
- $h$**  tloušťka desky, m.

Teplotní napětí se stanoví ze vztahu:

$$\sigma_T = 0,5E_T\alpha_T\Delta TC_T \quad (\text{P.2.24})$$

kde je

- $E_T$**  modul pružnosti betonu pro teplotní namáhání, MPa;
- $\alpha_T$**  součinitel délkové teplotní roztažnosti betonu  $0,00001 \text{ K}^{-1}$ ;
- $\Delta T$**  teplotní rozdíl v betonové desce podle rovnice (P.2.25), K;
- $C_T$**  součinitel, kterým se zohledňuje borcení desky podle tabulky P.2.4.

$$\Delta T = (18,6 - 0,6 T_m) + 28 (h - 0,22) \quad (\text{P.2.25})$$

kde je

- $T_m$**  průměrná roční teplota vzduchu, °C;
- $h$**  tloušťka cementobetonové desky, m.

**Tabulka P.2.4 – Součinitel  $C_T$  pro výpočet teplotního namáhání**

$L_x/l_T, L_y/l_T$	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
$C_T$	0,19	0,42	0,70	0,92	1,03	1,08	1,09	1,07
$L_x, L_y$ je délka, případně šířka desky, m, $l_T$ je poloměr relativní tuhosti pro výpočet teplotního namáhání, m Při výpočtu napětí u podélné hrany v závislosti na hodnotě poměru $L_x / l_T$ Při výpočtu napětí u příčné hrany v závislosti na hodnotě poměru $L_y / l_T$ Pro mezilehlé hodnoty platí lineární interpolace								



## **TECHNICKÉ PODMÍNKY – TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací**

<b>Schválilo:</b>	Ministerstvo dopravy, Odbor pozemních komunikací
<b>Zpracovatel:</b>	Ing. Jan Zajíček prof. Dr. Ing. Michal Varaus (Vysoké učení technické v Brně) doc. Ing. Ludvík Vébr, CSc. (České vysoké učení technické v Praze) Ing. Petr Mondschein, Ph.D. (České vysoké učení technické v Praze) Ing. Jiří Fiedler doc. Ing. Petr Frantík, Ph.D. (Vysoké učení technické v Brně)
<b>Počet stran:</b>	78
<b>Tech. redakční rada:</b>	Ing. Jiří Šmíd, Ph.D. (Ministerstvo dopravy) Ing. Jiří Klepáč (Ředitelství silnic a dálnic ČR) Ing. Jiří Škrabka (Ředitelství silnic a dálnic ČR) Ing. Miroslav Veverka (Ředitelství silnic a dálnic ČR) Ing. Petr Svoboda (Sdružení pro výstavbu silnic Praha) Ing. Václav Neuvirt, CSc. (Viakontrol s.r.o.) doc. Ing. Dušan Stehlík, Ph.D. (Vysoké učení technické v Brně) doc. Ing. Petr Hýzl, Ph.D. (Vysoké učení technické v Brně) Ing. Petr Bureš (Eurovia – VIALAB CZ s.r.o.) Ing. Jan David (TPA ČR, s.r.o.) Ing. Luděk Mališ (PavEx Consulting, s.r.o.)
<b>Zástupce koordinátora:</b>	Ing. Veronika Říhová (Ředitelství silnic a dálnic ČR)