

**Ministerstvo dopravy pôšt a telekomunikácií SR
Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií**

TP 3/2009

TECHNICKÉ PODMIENKY

NAVRHOVANIE NETUHÝCH A POLOTUHÝCH VOZOVIEK

účinnosť od: 3. 8. 2009

November 2008

OBSAH

| | | |
|--|--|----|
| Predhovor | 3 | |
| 1. Úvodná kapitola | 4 | |
| 1.1 Predmet technických podmienok | 4 | |
| 1.2 Použitie technických podmienok | 4 | |
| 1.3 Vypracovanie technických podmienok | 4 | |
| 1.4 Distribúcia technických podmienok | 4 | |
| 1.5 Účinnosť technických podmienok | 4 | |
| 1.6 Nahradenie predchádzajúcich predpisov | 4 | |
| 1.7 Súvisiace a citované právne predpisy | 4 | |
| 1.8 Súvisiace a citované normy | 5 | |
| 1.9 Súvisiace a citované technické podmienky | 6 | |
| 2. Termíny a definície | 6 | |
| 3. Princíp a opis návrhovej metódy | 8 | |
| 3.1 Všeobecne | 8 | |
| 3.2 Zaťaženie | 8 | |
| 3.3 Klimatické podmienky | 10 | |
| 3.4 Podmienky v podloží | 10 | |
| 3.5 Výpočet a posudzovanie konštrukcie vozovky | 10 | |
| 4. Návrh konštrukcie vozovky | 11 | |
| 4.1 Všeobecne | 11 | |
| 4.2 Konštrukčné zásady | 11 | |
| 4.3 Ochranná vrstva | 14 | |
| 4.4 Podložie, úprava podložia | 17 | |
| 5. Vstupné údaje | 17 | |
| 5.1 Zaťaženie vozoviek | 17 | |
| 5.2 Návrhová únosnosť podložia | 19 | |
| 5.2.1 Určovanie únosnosti zlepšeného (upraveného) podložia | 24 | |
| 5.3 Parametre prostredia - teplotný režim | 24 | |
| 6. Posúdenie návrhu konštrukcie vozovky | 25 | |
| 6.1 Model vozovky a jeho výpočty | 25 | |
| 6.2 Základné kritériá | 26 | |
| 6.3 Posúdenie netuhej vozovky | 27 | |
| 6.4 Posúdenie polotuhej vozovky | 31 | |
| PRÍLOHY | | |
| Príloha P1 (normatívna) | Výpočtové parametre návrhovej nápravy s hmotnosťou 10 ton a nápravy s hmotnosťou 11,5 tony | 34 |
| Príloha P2 (informatívna) | Výhľadové koeficienty rastu intenzity dopravy | 36 |
| Príloha P3 (normatívna) | Zvýšenie únosnosti podložia | 38 |
| Príloha P4 (informatívna) | Výpočtové hodnoty parametrov materiálov | 42 |
| Príloha P5 (informatívna) | Návrh obnovy konštrukcie vozovky a výpočty trvalých deformácií | 46 |
| Príloha P6 (informatívna) | Návrh a posúdenie asfaltovej vozovky- príklady výpočtov | 51 |

Predhovor

Technické podmienky na navrhovanie netuhých a polotuhých konštrukcií vozoviek obsahujú ustanovenia a odporúčania pre návrh a posúdenie týchto vozoviek. Ich splnenie má zabezpečiť spoľahlivosť konštrukcie pre zadané požiadavky a podmienky a tiež optimálne využitie materiálov.

Technické podmienky sú v súlade so základnými ustanoveniami na navrhovanie vozoviek na pozemných komunikáciách (STN 73 6114). Nadväzuje na technické podmienky v Typizačnej smernici (Dopravoprojekt, a.s., Bratislava, 1987) a sú v nich zapracované nové teoretické poznatky z oblasti mechaniky vozoviek, výsledky výskumu konštrukcií vozoviek, ako aj vlastností cestných stavebných materiálov a výrobných postupov. (Výsledky vedecko-technického projektu č. 0402840504, *Zefektívnenie výstavby diaľničnej siete v SR a zohľadnenie zvýšeného osového zaťaženia na úroveň EÚ*).

Technické podmienky sú v súlade s obdobnými zahraničnými predpismi. Pri ich spracúvaní sa zohľadnili aktuálne požiadavky na zvýšené zaťaženie náprav nákladných vozidiel podľa podmienok EÚ.

1 Úvodná kapitola

1.1 Predmet technických podmienok

Tieto TP špecifikujú metódu na navrhovanie, výpočty a posudzovanie konštrukcií asfaltových vozoviek, ktoré majú obrusnú, ložnú a prípadne aj ďalšie vrstvy z asfaltových zmesí a sú určené na pozemné komunikácie. TP neplatia pre návrh zosilňovania asfaltových vozoviek.

1.2 Použitie TP

TP obsahujú zásady návrhu konštrukčného usporiadania vozovky a postup pri posudzovaní dimenzií vrstiev a celej vozovky s uvažovaním zaťaženia od cestných vozidiel, únosnosti podložia, vodného a teplotného režimu vozovky, ako aj klimatických podmienok.

Základné kritériá, pomocou ktorých sa posudzujú konštrukcie vozoviek sú diferencované podľa veľkosti dopravného zaťaženia, pričom sa rešpektujú štandardné a neštandardné vplyvy a podmienky.

Technické podmienky reflektujú zmeny v technickej normalizácii a zmeny súvisiace so zavádzaním európskych noriem, najmä označovanie cestných stavebných materiálov a ich kategorizáciu.

1.3 Vypracovanie TP

Na základe požiadavky a objednávky SSC Bratislava technické podmienky vypracovala Katedra dopravných stavieb Stavebnej fakulty STU v Bratislave - zodpovedný riešiteľ prof. Ing. Ivan Gschwendt, DrSc. Spoluriešitelia : doc. Ing. Katarína Bačová, CSc., doc. Ing. Rudolf Staňo, CSc. a VUIS - Cesty, s.r.o. - Ing. Vladimír Řikovský, CSc., Ing. Adrián Fonód.

1.4 Distribúcia TP

TP sa po schválení zverejnia na webovej stránke MDPT – www.telecom.gov.sk (cestná doprava, cestná infraštruktúra, technické predpisy) a na webovej stránke SSC: www.ssc.sk, technické predpisy.

1.5 Účinnosť TP

TP nadobúdajú účinnosť schválením uvedeným na titulnej strane.

1.6 Nahradenie predchádzajúcich predpisov

Tieto TP nahradzujú v rozsahu netuhých vozoviek :

1. Typizačnú smernicu: Katalóg vozoviek miestnych komunikácií, časť A Základné ustanovenia a katalógové listy, časť B Technické podmienky. Spracovateľ : Dopravoprojekt Bratislava 1987, schválené MV ČSR - SD a MV SSR - SD /1987.
2. Typizačné smernice: Katalóg tuhých a netuhých vozoviek pozemných komunikácií. Dodatek 1,2,3. Dopravoprojekt Brno, 1990. Schválené MV ČSR-SD a MV SR - SD.
3. TS 0502 Navrhovanie netuhých a polotuhých vozoviek, MDPT: 2002

1.7 Súvisiace a citované právne predpisy

- Zákon č. 315/1996 Z.z. NR SR o premávke na pozemných komunikáciách v znení neskorších predpisov;
- Zákon č.725/2004 Z.z. o podmienkach prevádzky vozidiel v premávke na pozemných komunikáciách a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- Zákon č. 135/1961 Z.b. o pozemných komunikáciách v znení neskorších predpisov;
- Zákon č.90/1998 Z.z. o stavebných výrobkoch v znení neskorších predpisov.

1.8 Súvisiace a citované normy

| | |
|---------------------------------|---|
| STN 72 1001 | Pomenovanie a opis hornín v inžinierskej geológii |
| STN 72 1002 | Klasifikácia zemín pre dopravné stavby |
| STN 72 1006 | Kontrola zhutnenia zemín a sypanín |
| STN 72 1016 | Laboratórne stanovenie pomeru únosnosti zemín (CBR) |
| STN 72 1191 | Skúšanie miery namrzavosti zemín |
| STN 73 6100 | Názvoslovie pozemných komunikácií |
| STN 73 6114 | Vozovky pozemných komunikácií. Základné ustanovenia pre navrhovanie |
| STN 73 6121 | Stavba vozoviek. Hutnené asfaltové vrstvy |
| STN 73 6122 | Stavba vozoviek. Liate asfalty |
| STN 73 6124 | Stavba vozoviek. Kamenivo stmelené hydraulickým spojivom |
| STN 73 6125 | Stavba vozoviek. Stabilizované podklady |
| STN 73 6126 | Stavba vozoviek. Nestmelené vrstvy |
| STN 73 6127 | Stavba vozoviek. Prelievane vrstvy |
| STN 73 6128 | Stavba vozoviek. Vtláčané úpravy |
| STN EN 1097 (65 7208) | Asfalty a asfaltové spojivá. Súbor požiadaviek na asfalty modifikované polymérom |
| STN EN 12591 (65 7201) | Asfalty a asfaltové spojivá. Požiadavky na cestné asfalty |
| STN EN 12697-22+A1 (73 6160) | Asfaltové zmesi. Skúšobné metódy pre asfaltové zmesi spracúvané za horúca Časť 22: Skúška vyjazdovania kolesom (konsolidovaný text) |
| STN EN 12697-27 (73 6160) | Asfaltové zmesi. Skúšobné metódy pre asfaltové zmesi spracúvané za horúca. Časť 27: Odber vzoriek |
| STN EN 12697-35+A1 (73 6160) | Asfaltové zmesi. Skúšobné metódy pre asfaltové zmesi spracúvané za horúca. Časť 35: Laboratórna výroba asfaltových zmesí (konsolidovaný text) |
| STN EN 12697-36 (73 6160) | Asfaltové zmesi. Skúšobné metódy pre asfaltové zmesi spracúvané za horúca. Časť 36: Stanovenie hrúbky asfaltových vrstiev vozovky |
| STN EN 13108-1 (73 6163) | Asfaltové zmesi. Požiadavka na materiály. Časť 1: Asfaltový betón |
| STN EN 13108-2 (73 6163) | Asfaltové zmesi. Požiadavka na materiály. Časť 2: Asfaltový koberec veľmi tenký |
| STN EN 13108-3 (73 6163) | Asfaltové zmesi. Požiadavka na materiály. Časť 3: Mäkká asfaltová úprava |
| STN EN 13108-4 (73 6163) | Asfaltové zmesi. Požiadavka na materiály. Časť 4: Vtláčaná úprava |
| STN EN 13108-5 (73 6163) | Asfaltové zmesi. Požiadavka na materiály Časť 5: Asfaltový koberec mastixový |
| STN EN 13108-6 (73 6163) | Asfaltové zmesi. Požiadavka na materiály. Časť 6: Liaty asfalt |
| STN EN 13108-7 (73 6163) | Asfaltové zmesi. Požiadavka na materiály Časť 7: Asfaltový koberec drenážny |
| STN EN 13108-8 (73 6163) | Asfaltové zmesi. Požiadavka na materiály. Časť 8: R-materiál |
| STN EN 13108-20 (73 6163) | Asfaltové zmesi. Požiadavka na materiály Časť 20: Počiatočná skúška typu |
| STN EN 13285 (73 6182) | Nestmelené zmesi. Špecifikácia |
| STN EN 14023 (72 1187) | Skúšky na stanovenie mechanických a fyzikálnych vlastností kameniva |
| STN EN 14227-1 (73 6184) | Nestmelené a hydraulicky stmelené zmesi. Špecifikácie. Časť 1: Cementom stmelené zmesi pre podkladové vrstvy |

1.9 Súvisiace a citované technické predpisy

Katalógové listy kameniva, doplnok k platným TKP, MDPT SR: 2006

Katalógové listy asfaltov, doplnok k platným TKP, MDTP SR: 2009

Katalógové listy emulzií a zálievok, doplnok k platným TKP, MDTP SR: 2007

Katalógové listy asfaltových zmesí, doplnok k platným TKP, MDTP SR: 2008

2 Termíny a definície

Základné termíny a definície týkajúce sa navrhovania konštrukcií vozoviek na pozemných komunikáciách sú uvedené v STN 73 6114, týkajúce sa materiálov a stavby v STN 73 6121 až 31. Doplnujúce definície a spresnenie pojmov sú tieto :

ASFALTOVÁ VOZOVKA - konštrukcia vozovky, ktorej vrstvy krytu a podkladová vrstva, alebo aspoň kryt, sú z asfaltových zmesí. Z hľadiska mechaniky vozoviek sa správajú ako netuhé alebo polotuhé konštrukcie, a to v závislosti od tuhosti podkladových a ochrannej vrstvy.

NETUHÁ VOZOVKA - konštrukcia asfaltovej vozovky s nestmelenými podkladovými vrstvami a nestmelenou ochrannou vrstvou.

POLOTUHÁ VOZOVKA - konštrukcia asfaltovej vozovky s podkladovou vrstvou stmelenou hydraulickým spojivom.

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

PREVÁDZKOVÁ VÝKONOSŤ VOZOVKY - charakteristika odolnosti konštrukcie vozovky proti účinkom dopravného zaťaženia (pri štandardných podmienkach). Teoretická prevádzková výkonnosť sa vyjadruje počtom opakovaní zaťaženia návrhovou nápravou.

PREVÁDZKOVÁ SPÔSOBILOSŤ VOZOVKY - charakteristika prevádzkovej funkcie vozovky z hľadiska podmienok pre plynulú, bezpečnú a hospodárnu jazdu vozidiel. Vyjadruje sa indexom z hodnôt premenných parametrov (najmä rovnosti a drsnosti povrchu vozovky).

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

ŽIVOTNOSŤ VOZOVKY - obdobie od začiatku používania konštrukcie vozovky do dosiahnutia jej medzného stavu - porušenia (stratou únosnosti, alebo použiteľnosti), ktorý vyžaduje rekonštrukciu.

NÁVRHOVÁ NÁPRAVA - náprava nákladného vozidla s definovanými parametrami, pomocou ktorej sa vyjadruje agresívny účinok nákladných vozidiel v dopravnom prúde a ktorá sa uvažuje vo výpočtoch napätí a pretvorení modelov vozoviek.

PRÍPUSTNÁ NÁPRAVA - hnacia náprava nákladného vozidla, pričom podiel hmotnosti vozidla pripadajúci na túto nápravu je 11,5 tony. Je to hodnota podielu hmotnosti, ktorá nesmie byť prevyšovaná v zmysle zákona č. 315/1996 Z.z. a zákona č.725/2004 Z.z.

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

ÚNOSNOSŤ PODLOŽIA - charakteristika deformačných vlastností zemín (materiálov) pod konštrukciou vozovky, resp. zemín v polopriestore pod pláňou vozovky. Vo výpočtoch sa uvažuje návrhová hodnota modulu pružnosti, pri kontrole kvality modul pretvárnosti.

VODNÝ REŽIM PODLOŽIA - charakterizovanie rozdelenia vlhkosti v zemine v podloží a zmeny v jej rozdelení, ktoré závisia od hydrogeologických podmienok v podloží a zmien klimatických podmienok územia.

TEPLOTNÝ REŽIM VOZOVKY A PODLOŽIA - charakterizovanie zmien teploty povrchu vozovky, jej jednotlivých vrstiev a v aktívnej zóne podložia, závislé od klimatických podmienok územia.

SPOĽAHLIVOSŤ KONŠTRUKCIE VOZOVKY - charakteristika funkčnej spôsobilosti vozovky, ktorú možno rozlišovať z hľadiska prevádzkovej spôsobilosti a prevádzkovej výkonnosti.

NEŠTANDARDNÉ ZAŤAŽENIE - dopravné zaťaženie, ktorého parametre definuje návrhová metóda a pre výpočty a posúdenie účinkov, ktorého sú stanovené doplňujúce kritériá.

NEŠTANDARDNÉ PODMIENKY - podmienky pri používaní konštrukcií vozoviek, ktoré vytvárajú nepriaznivé klimatické podmienky, alebo podmienky v podloží (alebo ich kombinácia) a ktorých vplyv treba riešiť v návrhu konštrukcie napr. úpravou podložia, skladbou vrstiev vozovky a výberom materiálov.

3 Princíp a opis návrhovej metódy

3.1 Všeobecne

Návrhová metóda obsahuje pravidlá, požiadavky a kritériá, ktoré treba uplatniť pri navrhovaní, vo výpočtoch a pri posudzovaní konštrukcií asfaltových vozoviek na cestných komunikáciách.

Analytická, teoreticko-empirická návrhová metóda je uceleným systémom, ktorý tvorí návrh konštrukcie vozovky, výpočty modelov a posudzovanie konštrukcie asfaltovej vozovky. Systém a jeho časti sú na obr. č. 3.1.

Zásady a pravidlá, ktoré sa týkajú návrhu skladby konštrukcií vozoviek, materiálov a hrúbok jednotlivých vrstiev tvoria samostatnú časť smernice a sú tiež obsiahnuté v aktuálnych technických normách a materiálových a technologických predpisoch.

Pri navrhovaní konštrukcie vozovky a posudzovaní návrhu sa uvažuje štandardné zaťaženie cestnými vozidlami a štandardné podmienky pri jej používaní, t.j. podmienky v podloží vozovky a klimatické podmienky. Návrh konštrukcie musí riešiť aj predpokladané neštandardné zaťaženie a neštandardné podmienky pre používanie vozovky alebo ich kombináciu.

3.2 Zaťaženie

Štandardné zaťaženie podľa týchto TP je zaťaženie konštrukcie vozovky statickými a dynamickými účinkami cestných vozidiel, ktoré spĺňajú podmienky premávky vozidiel na pozemných komunikáciách vymedzené platnými zákonmi a zákonom č.725/2004 Z.z. o podmienkach prevádzky vozidiel v premávke na pozemných komunikáciách, ktorou sa vykonáva zákon č.315/1996 Z.z.

Neštandardné zaťaženie je definované veľkosťou a účinkami zaťaženia nákladnými vozidlami, ktoré sú :

- zaťaženie nápravou $2P > 115$ kN alebo s merným tlakom pneumatík $p_a > 1,0$ MPa,
- počet ekvivalentných návrhových náprav v jednom (dimenzovanom) pruhu je väčší ako 2800 za 24 h,
- trvanie zaťaženia nápravou vozidla v dimenzovanom mieste $t > 60$ s, alebo striedanie brzdenia, státia a akcelerácie vozidiel spojené s účinkami kolies rovnobežne s povrchom vozovky.

Výpočtové parametre návrhovej nápravy s hmotnosťou 10 ton a hnacej nápravy s prípustnou najväčšou hmotnosťou 11,5 tony sú v prílohe P1.

A Návrh vozovky

A1 Konštrukčné zásady
Materiálové a technologické normy

A2 Vstupné údaje

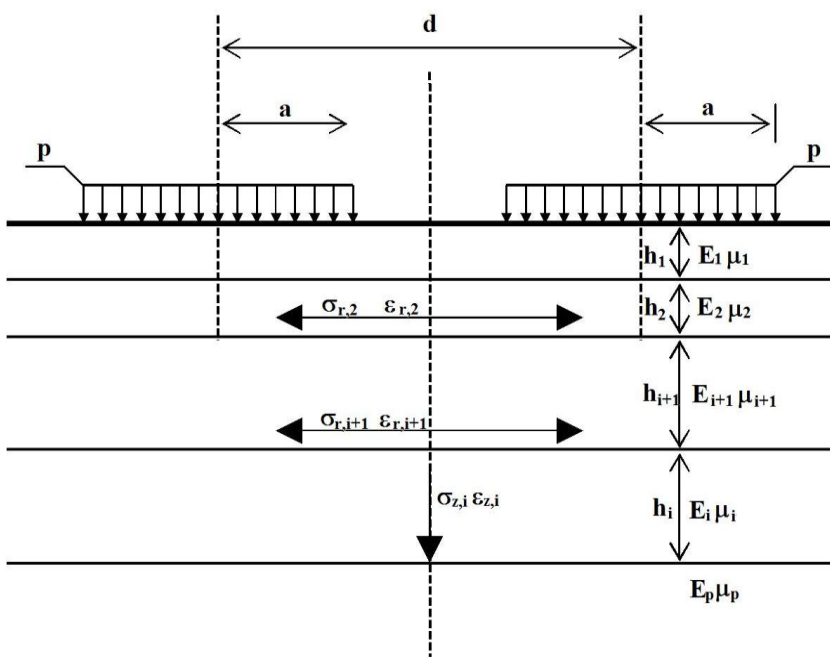
Dopravné zaťaženie
 - počet nákladných vozidiel
 - podiel náprav 115 kN
 - ekviv. počet návrhových náprav
 - návrhové obdobie
 - výhľadové koeficienty dopravy

Podložie
 - klasifikácia zeminy
 - klasifikácia vodného režimu
 - návrhové parametre zeminy
 - pevnosť zeminy a návrhová únosnosť podložia

Klimatické podmienky
 - priemerná ročná teplota vzduchu
 - ekv. teplota asfaltových vrstiev
 - index mrazu

Vlastnosti materiálov
 - deformačné charakteristiky
 - pevnostné charakteristiky
 - tepelno-technické vlastnosti
 - únava materiálov

B Model vozovky



Obr.3.1: Návrh a posudzovanie asfaltových vozoviek

C Posúdenie a optimalizácia

C1 Výpočet napätí a deformácií
 - $-\sigma_r, \sigma_z, \epsilon_r, \epsilon_z, y (z = 0, h_1, h_2 \dots)$

C2 Posúdenie vozovky

Kritéria netuhej vozovky
 - ochrana proti účinkom premŕzania
 - pevnosť stmelенých a stabilita nestmelенých materiálov
 - stabilita podložia

Kritéria polotuhej vozovky
 - ochrana proti účinkom premŕzania
 - pevnosť stmelенých materiálov

C3 Optimalizácia
 - opakovaný návrh a posúdenie

3.3 Klimatické podmienky

Štandardné klimatické podmienky sú charakterizované :

- návrhovou hodnotou indexu mrazu územia

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

$$I_{m,n} \leq 650^{\circ}\text{C}, \text{ deň pre periodicitu } n = 0,15,$$

- priemernou maximálnou teplotou asfaltových vrstiev

$$T_{m,asf} \leq 34^{\circ}\text{C}, \text{ ktorá sa vyráta z empirickej rovnice}$$

$$T_{m,asf} = 1,32 T_{m,v} + 20,8^{\circ}\text{C}$$

kde $T_{m,v}$, je priemerná ročná teplota vzduchu v regióne stavby vozovky.

Klimatické podmienky v mieste stavby vozovky hodnotíme ako neštandardné, ak návrhové hodnoty indexu mrazu $I_{m,n}$ alebo priemerná maximálna teplota asfaltových vrstiev $T_{m,asf}$ sú väčšie ako je stanovené v článkoch týchto TP.

3.4 Podmienky v podloží

Štandardné podmienky v podloží sú charakterizované

- návrhovou únosnosťou podložia vozovky, ktorá pre veľké zaťaženie (trieda I) je

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

- návrhovou únosnosťou podložia vozovky, ktorá pre stredné zaťaženie (triedy II a III) je

$$E_{p,n} \geq 40 \text{ MPa}, \text{ alebo}$$

- návrhovou únosnosťou podložia vozovky, ktorá pre malé dopravné zaťaženie (triedy dopravného zaťaženia IV, V a VI) je

$$E_{p,n} \geq 30 \text{ MPa}.$$

V prípadoch, ak návrhová únosnosť podložia je menšia ako je uvedené pre štandardné podmienky, treba navrhnuť úpravu (zlepšenie) podložia (kap. 5.2). Pre diaľnice sa odporúča urobiť úpravu na dosiahnutie únosnosti podložia $E_{p,n} \geq 90 \text{ MPa}$.

3.5 Výpočet a posudzovanie konštrukcie vozovky

Mechanická účinnosť a spoľahlivosť konštrukcie asfaltovej vozovky sa posudzuje pomocou kritérií. Základnými kritériami sa posudzuje ochrana vozovky proti účinkom premfzania, pevnosť stmelých a stabilita nestmelých materiálov vrstiev a stabilita podložia. Pre technicko-ekonomické hodnotenie alternatív návrhu a plánovanie obnovy vozovky sa môžu uplatniť doplňujúce kritériá. Odporúčané doplňujúce kritériá sa môžu týkať trvalých deformácií (hlbky koľají), ale nemôžu sa používať ako kritérium pre dodávateľsko-odberateľské vzťahy.

Pre výpočet odozvy a vplyvu faktorov a podmienok na napätia a pretvorenia konštrukcie vozovky sa použije model, ktorý tvorí viacvrstvový pružný polopriestor s vrstvami vozovky a podložím. Model vozovky je definovaný geometricky (hrúbkami vrstiev) a výpočtovými (návrhovými) hodnotami deformačných parametrov materiálov jednotlivých vrstiev, ako aj mierou spolupôsobenia na stykoch týchto vrstiev.

Pri posudzovaní navrhnutej konštrukcie asfaltovej vozovky pre štandardné podmienky a jej zaťaženie opakovaným zaťažením a jednorázovým (statickým) zaťažením sa použijú kritériá, pri aplikovaní ktorých treba rozlíšiť :

- netuhú konštrukciu vozovky s vrstvami z asfaltových zmesí na nestmelenej podkladovej a nestmelenej ochrannej vrstve,
- polotuhú konštrukciu vozovky s vrstvami z asfaltových zmesí na cementom stmelenej podkladovej vrstve a nestmelenej alebo stmelenej ochrannej vrstve.

4 Návrh konštrukcie vozovky

4.1 Všeobecne

Konštrukciu asfaltovej vozovky tvoria kryt z asfaltových zmesí - obvykle obrusná a ložná vrstva, nosné podkladové vrstvy a ochranná vrstva.

Podstatou návrhu konštrukcie vozovky je výber materiálov pre jednotlivé konštrukčné vrstvy, voľba hrúbok vrstiev, ako aj návrh úpravy podložia vozovky.

Hlavné faktory, ktoré majú rozhodujúci vplyv na konštrukciu vozovky a jej dimenzie, a ktoré treba uvážiť, sú :

- dopravné zaťaženie,
- inžinierskogeologické podmienky v podloží a jeho únosnosť,
- klimatické podmienky miesta (oblasti),
- vlastnosti cestných stavebných materiálov.

Okrem týchto majú na realizáciu a potom na vlastnosti vozoviek vplyv ďalšie významné faktory, ktoré treba uvážiť. Sú to :

- využitie miestnych materiálov, vedľajších priemyselných produktov a opätovné použitie cestných stavebných materiálov,
- cykly obnovy konštrukcie a s tým súvisiace náklady na stavbu a celkové náklady vrátane nákladov na údržbu a obnovu,
- ochrana životného prostredia - tak počas realizácie, ako aj počas používania vozovky.

V návrhu konštrukcie vozovky treba riešiť obmedzenie účinkov dopravného zaťaženia, ktoré je definované ako neštandardné, ako aj vplyvy neštandardných klimatických podmienok a podmienok v podloží (únosnosť podložia).

Odporúča sa, aby časťou návrhu konštrukcie asfaltovej vozovky bol aj návrh obnovy konštrukcie. Obsah a postup takéhoto návrhu sú uvedené v informačnej prílohe P5.

4.2 Konštrukčné zásady

V skladbe konštrukcií asfaltových vozoviek sa štandardne uplatňujú materiály s postupom výroby a vlastnosťami podľa technických noriem alebo predpisov. Predpokladá sa, že všetky materiály majú fyzikálne vlastnosti požadované a definované v technických normách. Hlavné druhy materiálov do jednotlivých vrstiev vozovky sú :

a) pre vrstvy krytu

- asfaltový betón, liaty asfalt, zmesi na asfaltové koberce (mastixový, drenážny, tenký), mäkká asfaltová úprava, vtláčaná úprava,
- nátery, kaly a veľmi tenké vrstvy vyrobené tzv. studenými technológiami,

b) pre nosné (podkladové) vrstvy

- asfaltový betón, asfaltom penetrovaný makadam, vsypný makadam a tzv. prelievané úpravy,
- stabilizácia, kamenivo spevnené hydraulickým spojivom, valcovaný a podkladový betón,
- štrkopiesok, štrkodrvina, vibrovaný štrk, mechanicky spevnené kamenivo,

c) pre ochrannú vrstvu

- štrkodrvina a štrkopiesok,
- mechanicky spevnená zemina a zemina stmelená hydraulickým spojivom.

Z hľadiska mechaniky vozoviek a mechanickej účinnosti vrstiev je účelné navrhovať skladbu vozovky tak, aby sa tuhosť vrstiev postupne od podložia zväčšovala, pričom pomer modulov pružnosti susediacich vrstiev by nemal byť väčší ako 1 : 10.

Hutnené a liate asfaltové zmesi na vrstvy asfaltových vozoviek vyberáme s ohľadom na triedu dopravného zaťaženia vozovky. Odporúčané kombinácie zmesí podľa ich kvality a vlastností a hrúbky vrstiev v súlade so súborom noriem STN EN a Katalógových listov asfaltových zmesí (KLAZ 1/2008,) sú uvedené v tab. 4.1.

Poznámka: v tabuľke 4.1 nie sú asfaltové zmesi podľa STN 13108-3 Mäkká asfaltová úprava SA a STN EN 13108-4 Vtláčaná úprava HRA, ktoré nie sú v Katalógových listoch asfaltových zmesí KLAZ 1/2008).

Tabuľka 4.1 Odporúčané kombinácie vrstiev asfaltových vozoviek

| Trieda dopravného zaťaženia | Vrstva asfaltovej vozovky | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|------------------|-------------|--|
| | obrusná | | ložná | | horná podkladová | | |
| | označenie | hrúbka [mm] | označenie | hrúbka [mm] | označenie | hrúbka [mm] | |
| I, II a III | AC 11 O; I | 35 až 50 | AC 16 L; I | 40 až 60 | AC 16 P; I | 50 až 70 | |
| | AC 16 O; I | 45 až 60 | AC 16 L; I | 50 až 70 | AC 16 P; I | 50 až 80 | |
| | AC 16 O; I | 45 až 60 | AC 22 L; I | 60 až 90 | AC 22 P; I | 60 až 120 | |
| | SMA 8 | 20 až 40 | AC 16 L; I | 40 až 60 | AC 16 P; I | 50 až 70 | |
| | SMA 11 | 30 až 50 | AC 16 L; I | 50 až 70 | AC 16 P; I | 50 až 80 | |
| | SMA 16 | 40 až 60 | AC 22 L; I | 60 až 80 | AC 22 P; I | 60 až 120 | |
| | PA 8 | 35 až 45 | AC 16 L; I | 50 až 70 | AC 16 P; I | 50 až 80 | |
| | PA 11 | 40 až 55 | AC 22 L; I | 60 až 80 | AC 22 P; I | 60 až 100 | |
| | BBTM | 8A-I | 20 až 30 | AC 16 L; I | 50 až 80 | | |
| | | 8B-I | 20 až 30 | | | | |
| | | 11A-I | 25 až 30 | AC 22 L; I | 50 až 80 | | |
| | | 11B-I | 25 až 30 | | | | |
| | | 11C-I | 25 až 30 | | | | |
| | MA 8 | 25 až 40 | AC 16 L; I | 50 až 80 | | | |
| MA 11 | 30 až 40 | AC 22 L; I | 60 až 100 | | | | |
| IV, V a VI | AC 8 O; II | 30 až 40 | AC 16 L; II | 50 až 70 | AC 16 P; II | 50 až 70 | |
| | AC 11 O; II | 35 až 50 | AC 16 L; II | 50 až 70 | AC 22 P; II | 60 až 80 | |
| | AC 16 O; II | 40 až 60 | AC 22 L; II | 60 až 80 | AC 22 P; II | 60 až 80 | |
| | AC 16 O; II | 40 až 60 | AC 22 L; II | 60 až 90 | AC 32 P; II | 70 až 150 | |
| | SMA 8 | 20 až 40 | AC 16 L; II | 50 až 70 | AC 22 P; II | 50 až 70 | |
| | SMA 11 | 30 až 50 | AC 16 L; II | 50 až 70 | AC 22 P; II | 60 až 80 | |
| | SMA 16 | 40 až 60 | AC 22 L; II | 60 až 80 | AC 22 P; II | 60 až 80 | |
| | SMA 16 | 40 až 60 | AC 22 L; II | 60 až 90 | AC 32 P; II | 70 až 150 | |
| | BBTM | 8A-II | 20 až 30 | AC 16 L; II | 50 až 70 | | |
| | | 8B-II | 20 až 30 | AC 16 L; II | 50 až 70 | | |
| | | 11B-II | 25 až 35 | AC 22 L; II | 60 až 80 | | |
| | | 11C-II | 25 až 35 | AC 22 L; II | 60 až 90 | | |
| | | | | | | | |

Označenie asfaltových zmesí

AC Asfaltový betón pre vrstvu obrusnú (O), ložnú (L) a podkladovú (P) podľa STN EN 13108-1 a KLAZ kvalitatívnej triedy I. resp. II. bez označenia druhu asfaltu

SMA Asfaltový koberec mastixový STN EN 13108-5

PA Asfaltový koberec drenážny STN EN 13108-7

BBTM Asfaltový koberec veľmi tenký STN EN 13108-2

MA Liaty asfalt STN EN 13108-6

V miestach (na úsekoch) komunikácie kde sú účinky zaťaženia neštandardné, t.j. kde je veľký počet nákladných vozidiel, kde je premávka vozidiel usmernená v jednej stope, alebo kde vozidlá opakovane brzdia, stoja a akcelerujú, treba navrhnuť konštrukciu asfaltovej vozovky s takou skladbou a z takých materiálov, ktoré obmedzia vznik a vývoj trvalých deformácií. Sú to najmä zmesi a materiály:

- pre obrusnú vrstvu : asfaltový betón AC s modifikovaným spojivom
asfaltový koberec mastixový SMA
- pre ložnú vrstvu : asfaltový betón AC 22 L
- pre hornú podkladovú vrstvu : asfaltový betón AC 16 P s modifikovaným spojivom
- pre spodnú podkladovú vrstvu : kamenivo spevnené cementom

Podkladové vrstvy z asfaltových zmesí sa navrhujú najmä do konštrukcií pre väčšie dopravné zaťaženie (triedy I, II, resp. III). Druhy zmesí, ich kvalita a hrúbky sú uvedené v tabuľke 4.1.

Hydraulickým spojivom (cementom, pomaly tuhnúcim spojivom) stmelené podkladové vrstvy ako sú stabilizácia a kamenivo spevnené cementom sa navrhujú najmä pre vozovky s väčším dopravným zaťažením. Cementová stabilizácia môže mať podľa kvalitatívnych tried (STN 73 6125) hrúbku 100 mm až 200 mm a to v závislosti od zaťaženia vozovky (tab. 4.2). Odporúčaná najmenšia hrúbka je 150 mm.

Tabuľka 4.2 Potrebná kvalita stabilizovaných podkladových vrstiev

| Vrstva vozovky | CBGM C _{5/6} | CBGM C _{3/4} | CBGM C _{1,5/2} |
|--------------------------|---|-----------------------|-------------------------|
| | Trieda dopravného zaťaženia vozovky (STN 73 6114) | | |
| Horná podkladová vrstva | I, II, III | II, III, IV | - |
| Spodná podkladová vrstva | I, II, III | II, III, IV | IV, V, VI |

Kamenivo spevnené cementom CBGM C_{12/15}, CBGM C_{8/10} a ostatné druhy kameniva stmeleného hydraulickým spojivom (STN 73 6124) sú vhodné do hornej podkladovej vrstvy vozoviek s dopravným zaťažením triedy I až IV a spodnej podkladovej vrstvy vozoviek pre všetky triedy dopravného zaťaženia. Hrúbky vrstiev môžu byť :

$$\text{CBGM C}_{12/15} : 120 \text{ mm až } 250 \text{ mm}$$

$$\text{CBGM C}_{8/10} : 150 \text{ mm až } 300 \text{ mm}$$

Podkladový betón a valcovaný betón môžu mať hrúbky 100 mm až 250 mm. Kamenivo spevnené cementom, resp. podkladový valcovaný betón sa kladú na nestmelenú vrstvu podľa STN 73 6126 alebo stabilizáciu podľa STN 73 6125.

Nestmelené vrstvy z kameniva alebo iného vhodného materiálu (STN 73 6126) bez použitia spojiva sa navrhujú pre vozovky s triedou dopravného zaťaženia I až VI do podkladových vrstiev podľa tab. 4.3.

Tabuľka 4.3 Použitie nestmeleného kameniva

| Technológia - materiál | Horná podkladová vrstva | Spodná podkladová vrstva |
|----------------------------------|---|--------------------------|
| | Trieda dopravného zaťaženia vozovky (STN 73 6114) | |
| Mechanicky spevnené kamenivo MSK | V, VI | I až VI |
| Vibrovaný štrk ŠV | V, VI | I až VI |
| Štrkodrvina ŠD | VI | I až VI |

Celková hrúbka nestmelených vrstiev môže byť 150 mm až 350 mm, pričom hrúbka jednotlivých vrstiev pri kladení je obmedzená technologicky. Podmienky sú uvedené v technických predpisoch.

4.3 Ochranná vrstva

Ochranná vrstva vozoviek sa obvykle navrhuje z nestmeleného kameniva : štrkodrviny (ŠD) alebo štrkopiesku (ŠP), ktoré majú filtračnú a drenážnu funkciu a z mechanicky spevnenej zeminy alebo zeminy spevnenej cementom (CBGM C_{1,5/2}). Ochrannú vrstvu zo štrkopiesku sa odporúča použiť len vo vozovkách pre dopravné zaťaženie tried IV, V a VI. Všetky materiály musia byť nenamfzavé.

Ochrannú vrstvu s drenážnou a filtračnou funkciou netreba navrhnuť v násype na vrstve nenamfzavého materiálu s hrúbkou najmenej 500 mm pod pláňou a v odkope s priaznivým aj nepriaznivým vodným režimom v podloží na vrstve z nenamfzavého materiálu s hrúbkou najmenej 300 mm.

Na zamedzenie vzájomnej infiltrácie nestmelenej vrstvy a podložia musia materiály z hľadiska zrnitosti spĺňať kritériá STN 73 6126.

Najmenšia hrúbka ochrannej vrstvy je 150 mm a závisí od pevnosti zeminy (CBR) v podloží (tab. 4.4).

Tabuľka 4.4 Hrúbky ochrannej vrstvy (mm)

| Materiál ochrannej vrstvy | Pevnosť zeminy | | |
|---|----------------|--------------|----------|
| | CBR ≤ 5 | 5 < CBR < 10 | CBR ≥ 10 |
| Štrkopiesok ŠP | 300 | 250 | 150 |
| Štrkodrvina ŠD | 250 | 150 | 150 |
| Mechanicky spevnené kamenivo MSK | 300 | 200 | 150 |
| Stabilizácia cementom CBGM C _{1,5/2} | 200 | 150 | 150 |

Celková hrúbka ochrannej vrstvy je závislá predovšetkým od požiadaviek na ochranu vozovky pred premŕzaním podložia: tepelný odpor vozovky musí mať hodnotu požadovanú technickými podmienkami, ktoré závisia od klimatických podmienok, namfzavosti zeminy v podloží, aj od veľkosti dopravného zaťaženia (tab. 4.5). Odporúčaná celková hrúbka vozovky s ochrannou vrstvou a vrstiev z nenamfzavých materiálov vyjadrená ako časť hĺbky premŕzania h_{pr} podľa zeminy v podloží a vodného režimu je uvedená v tab. 4.6.

Tabuľka 4.6 Odporúčaná celková hrúbky vozovky

| Vodný režim | Mierne namfzavá a namfzavá zemina | | | Nebezpečne namfzavá zemina | | |
|-------------------------------|--|---------|-------|----------------------------|---------|-------|
| | Vozovka pre skupinu dopravného zaťaženia (STN 73 6114) | | | | | |
| | I, II | III, IV | V, VI | I, II | III, IV | V, VI |
| Difúzny (priaznivý) | 0,6 | 0,55 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,5 |
| Pendulárny (nepriaznivý) | 0,65 | 0,6 | 0,55 | 0,75 | 0,7 | 0,6 |
| Kapilárny (veľmi nepriaznivý) | 0,75 | 0,65 | 0,6 | 0,8 | 0,75 | 0,65 |

Poznámka.: hĺbku premŕznutia možno vyrátať zo vzorca $h_{pr} = 0,05\sqrt{I_{m,n}}$ pre periodicitu n podľa triedy dopravného zaťaženia :

pre triedu I a II $n = 0,10$
 III a IV $n = 0,15$
 V a VI $n = 0,25$

Tabuľka 4.5 Potrebný tepelný odpor netuhých a polotuhých vozoviek $R_{v,p}$ (m^2KW^{-1})

| Návrhový index mrazu $I_{m,n}$ ($^{\circ}C,deň$) | Vodný režim | Namrzavosť a druh zeminy | | | | | | | | |
|--|-------------|---|---------|-------|--|---------|-------|--|---------|-------|
| | | Mierne namrzavá a namrzavá | | | Namrzavá a nebezpečne namrzavá | | | | | |
| | | piesčitá zemina $\lambda_z \approx 2,18 Wm^{-1}K^{-1}$ | | | hlinitá zemina $\lambda_z \approx 1,93 Wm^{-1}K^{-1}$ | | | ílovitá zemina $\lambda_z \approx 1,68 Wm^{-1}K^{-1}$ | | |
| | | Trieda dopravného zaťaženia vozovky | | | | | | | | |
| | | I, II | III, IV | V, VI | I, II | III, IV | V, VI | I, II | III, IV | V, VI |
| 200 | difúzny | 0,155 | 0,132 | 0,086 | 0,136 | 0,11 | 0,058 | 0,082 | 0,052 | - |
| | pendulárny | 0,177 | 0,155 | 0,109 | 0,188 | 0,162 | 0,11 | 0,141 | 0,112 | 0,052 |
| | kapilárny | 0,223 | 0,2 | 0,155 | 0,24 | 0,214 | 0,136 | 0,201 | 0,171 | 0,082 |
| 300 | difúzny | 0,219 | 0,195 | 0,15 | 0,2 | 0,174 | 0,123 | 0,146 | 0,117 | 0,057 |
| | pendulárny | 0,242 | 0,219 | 0,173 | 0,252 | 0,226 | 0,174 | 0,206 | 0,176 | 0,117 |
| | kapilárny | 0,288 | 0,265 | 0,219 | 0,304 | 0,278 | 0,2 | 0,265 | 0,236 | 0,146 |
| 400 | difúzny | 0,27 | 0,247 | 0,201 | 0,251 | 0,225 | 0,173 | 0,197 | 0,167 | 0,108 |
| | pendulárny | 0,293 | 0,27 | 0,224 | 0,303 | 0,277 | 0,225 | 0,257 | 0,227 | 0,167 |
| | kapilárny | 0,339 | 0,316 | 0,27 | 0,355 | 0,329 | 0,251 | 0,316 | 0,287 | 0,197 |
| 500 | difúzny | 0,312 | 0,289 | 0,244 | 0,294 | 0,269 | 0,216 | 0,24 | 0,21 | 0,15 |
| | pendulárny | 0,335 | 0,312 | 0,266 | 0,345 | 0,32 | 0,268 | 0,299 | 0,269 | 0,21 |
| | kapilárny | 0,381 | 0,358 | 0,312 | 0,397 | 0,371 | 0,294 | 0,358 | 0,329 | 0,24 |
| 600 | difúzny | 0,349 | 0,326 | 0,28 | 0,331 | 0,305 | 0,253 | 0,277 | 0,247 | 0,187 |
| | pendulárny | 0,372 | 0,349 | 0,303 | 0,382 | 0,356 | 0,305 | 0,336 | 0,306 | 0,247 |
| | kapilárny | 0,418 | 0,395 | 0,349 | 0,434 | 0,408 | 0,331 | 0,396 | 0,366 | 0,277 |
| 700 | difúzny | 0,382 | 0,359 | 0,313 | 0,363 | 0,337 | 0,286 | 0,309 | 0,28 | 0,22 |
| | pendulárny | 0,405 | 0,382 | 0,336 | 0,415 | 0,389 | 0,337 | 0,369 | 0,339 | 0,28 |
| | kapilárny | 0,451 | 0,428 | 0,382 | 0,467 | 0,441 | 0,363 | 0,428 | 0,399 | 0,309 |

4.4 Podložie, úprava podložia

Pri navrhovaní konštrukcií asfaltových vozoviek a vo výpočtoch modelov sa používajú návrhové parametre únosnosti podložia. Odvodzujú sa z laboratórnych skúšok fyzikálnych vlastností zemín v podloží vozovky a z ich klasifikácie (zatriedenia). V približných (orientačných) výpočtoch sa môžu návrhové parametre odhadnúť z klasifikácie a zatriedenia zemín a predpokladu o vodnom režime v podloží.

Základné členenie zemín, ich názov a symboly sa určujú podľa zrnitosti a klasifikačných diagramov v STN 72 1001 a STN 72 1002.

Vzhľadom na význam vlastností podložia pre mechanickú účinnosť vozovky a jej životnosť treba vždy posúdiť inžiniersko-geologické podmienky v podloží, možnosti zvýšiť jeho únosnosť a navrhnúť úpravu podložia. Návrh musí rešpektovať materiálové a technologické možnosti realizácie.

Konštrukčné a technologické riešenia na zvýšenie únosnosti podložia vozoviek sú :

1. Zlepšenie (regulácia) vodného a teplotného režimu podložia s alternatívami :
 - 1.1 zníženie hladiny podzemnej vody,
 - 1.2 zmenšenie hĺbky premrznania vozovky a podložia.
2. Zlepšenie vlastnosti zeminy v podloží :
 - 2.1 zlepšenie fyzikálnych vlastností zeminy (zlepšenie spracovateľnosti úpravou zrnitosti alebo pridaním malého množstva spojiva, mechanické a chemické spracovanie zeminy),
 - 2.2 výmena vrstvy zeminy pod pláňou za materiál (zeminu) s kvalitatívne lepšími vlastnosťami,
 - 2.3 prídanie ďalšej vrstvy mechanicky spevnenej zeminy, alebo zeminy (materiálu) spevnenej hydraulickým spojivom.
3. Vystuženie podložia geosyntetikou: geotextíliami, geosieťami, geomrežami alebo geokompozitom (aplikácia geodosky).

Návrh úpravy podložia treba robiť tak, aby sa vytvorili z hľadiska únosnosti homogénne a dostatočne dlhé úseky. Odporúča sa 500 m, avšak najmenej 200 m.

5 Vstupné údaje

5.1 Zaťaženie vozoviek

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

Podkladom pre výpočet dopravného zaťaženia vozoviek môžu byť výsledky :

- periodického sčítania cestnej dopravy,
- špeciálneho sčítania dopravy,
- dopravno-inžinierskeho prieskumu, ako aj informácie získané z váženia náprav nákladných vozidiel.

Dopravné zaťaženie pre diaľnice a rýchlostné komunikácie musí zadať investor. Pre výpočet návrhového dopravného zaťaženia sa uvažujú len nákladné vozidlá a autobusy, ktoré sa zistia zo sčítania dopravy súčtom :

$$NV = N1 + N2 + PN2 + N3 + PN3 + NS + A + PA \quad (5.1)$$

| | | |
|-----|-----|--|
| kde | N1 | ľahké nákladné automobily do 3,5 tony užitočnej hmotnosti, |
| | N2 | stredné nákladné automobily od 3,5 tony do 10 ton užitočnej hmotnosti, |
| | PN2 | prívěsy stredných nákladných automobilov od 3,5 tony do 10 ton, |
| | N3 | ťažké nákladné automobily s užitočnou hmotnosťou nad 10 ton, |
| | PN3 | prívěsy ťažkých nákladných automobilov, |
| | NS | návesové súpravy, |
| | A | autobusy, |
| | PA | prívěsy autobusov. |

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

$$NV_p = 0,5 (\delta_z + \delta_k) \cdot NV \quad (5.2)$$

kde: δ_z , δ_k sú koeficienty rastu intenzity nákladnej dopravy (počtu nákladných vozidiel) pre obdobie od sčítania dopravy po rok začatia dopravy a ukončenia návrhového obdobia, ktoré pre diaľnice a rýchlostné komunikácie stanovuje investor.

V prípade, ak nie sú k dispozícii podrobnejšie údaje o prognóze intenzity dopravy, sa používajú koeficienty uvádzané Slovenskou správou ciest (tabuľky v prílohe P2).

Pred určením celkového počtu nákladných automobilov za návrhové obdobie NV_c sa určí najprv redukovaný počet nákladných vozidiel v jednom smere a v jednom (dimenzovanom) pruhu :

$$NV_{red} = C1 \cdot C2 \cdot C3 \cdot C4 \cdot NV_p \quad (5.3)$$

- kde:
- $C1$ súčiniteľ prevodu dopravného zaťaženia cestnej komunikácie na jeden smer a jeden pás, ktorý sa určí podľa smerovania vozidiel zo sčítania dopravy, pričom pri dimenzovaní sa uvažuje väčšia hodnota. Ak nie sú údaje o smerovaní, možno uvažovať hodnotu 0,5.
 - $C2$ súčiniteľ vyjadrujúci pravdepodobnosť prejazdov vozidiel v priečnom profile v určitej stope: pre diaľnice a rýchlostné komunikácie, ako aj cesty so šírkou pruhu 3,75m a 3,5m uvažujeme hodnotu $C2 = 0,9$, pre cesty so šírkou pruhu 3,0m a miestne komunikácie sa uvažuje hodnota $C2 = 1,0$.
 - $C3$ súčiniteľ vyjadrujúci účinok nákladných vozidiel podľa miery vyťaženia ich nosnosti. Určuje sa výpočtom a podľa účinkov vozidiel na asfaltové vozovky sa berie :
 - pri vyťažení 90% 0,81 ,
 - pri vyťažení 80% 0,65 ,
 - (čo je odporúčaná hodnota pre diaľničné vozovky)
 - pri vyťažení 70% 0,53 ,
 - (čo je odporúčaná hodnota pre cestné vozovky)
 - pri vyťažení 60% 0,43 ,
 - pri vyťažení 50% 0,35 .
 - $C4$ súčiniteľ vyjadrujúci zvýšený účinok vozidiel a neštandardné zaťaženie, ktorý sa odvodí teoreticky, ale v jednotlivých prípadoch sa môže uvažovať:
 - pre vozovky na zaraďovacích a stúpajúcich pruhoch na cestách 1,30 ,
 - pre vozovky na zaraďovacích a stúpajúcich pruhoch na diaľniciach 1,20 ,
 - pre vozovky na miestnych komunikáciách na úsekoch kde vozidlá brzdia a stoja 2,0

Celkový počet nákladných vozidiel za návrhové obdobie :

$$NV_c = NV_{red} \cdot 365 \cdot n_o \quad (5.4)$$

kde: n_o je návrhové obdobie v rokoch, ktoré obvykle stanovuje investor.

Pri určovaní n_o sa vychádza z významu a účelu pozemnej komunikácie. Pre asfaltové vozovky s dopravným zaťažením tried I a II sa odporúča 20 rokov (na diaľniciach najmenej 25 rokov), pre menej zaťažené vozovky úmerne kratšie, ale pre skupinu dopravného zaťaženia V a VI nie menej ako 5,5 roka.

Celkový počet návrhových náprav (s parametrom $2P = 100$ kN) s ekvivalentným účinkom bude

$$N_c = C5 \cdot NV_c \quad (5.5)$$

kde: $C5$ súčiniteľ prevodu účinkov rôznych typov nákladných vozidiel zastúpených v dopravnom prúde na účinok návrhovej nápravy. Vyrátame ho zo vzťahu

$$C5 = \sum \alpha_j \cdot \frac{P_j}{100} \quad (5.6)$$

kde: α prevodový súčiniteľ nákladných vozidiel,
 j označenie typu nákladného vozidla
 p percento podielu určitého nákladného vozidla z celkového počtu nákladných vozidiel v dopravnom prúde

Prevodový súčiniteľ účinku určitej nápravy nákladného vozidla je definovaný pomerom prejazdov návrhovej nápravy $N_{c,n}$ a prejazdov nápravy i , t.j. $N_{c,i}$ s rovnakým účinkom (miery porušenia) :

$$\alpha_i = \frac{N_{c,n}}{N_{c,i}} \quad (5.7)$$

Súčinitele prevodu $C5$ pre skupiny nákladných vozidiel (podľa ich označenia v sčítaní dopravy) pre výpočet podľa vzťahu (5.6) berieme odhadom podľa tabuľky 5.1 :

Tabuľka 5.1 Súčinitele $C5$

| Typ vozidla | N1 | N2 | PN2 | N3 | PN3 | NS | A | PA |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|
| C5 | 0,5 | 1,4 | | 2,7 | 2,2 | 2,4 | | 1,8 |

V prípadoch, ak nie sú k dispozícii údaje o skladbe dopravného prúdu, hmotnosti nákladných vozidiel a o zaťažení ich náprav, môžeme uvažovať pre:

- netuhé vozovky $C5 = 2,00$,
- pre polotuhé $C5 = 1,82$.

5.2 Návrhová únosnosť podložia

Pri navrhovaní konštrukcií asfaltových vozoviek, vo výpočtoch modelov a pri posudzovaní vozoviek uvažujeme a používame návrhové parametre únosnosti podložia. Odvodzujú sa z laboratórnych skúšok fyzikálnych vlastností zemín v podloží vozovky a ich klasifikácie (zatriedení). V približných (orientačných) výpočtoch sa môžu návrhové parametre odhadnúť z klasifikácie a zatriedenia zemín pre predpokladaný vodný režim v podloží.

Parametrom únosnosti podložia vo viacvrstvovom pružnom polpriestore je modul pružnosti E (MPa) v špeciálnych prípadoch môže byť aj modul reakcie podložia k ($MN \cdot m^{-3}$).

Návrhová hodnota modulu pružnosti $E_{p,n}$ (MPa) sa odvodzuje z výsledku laboratórnej skúšky CBR (STN 72 1016) pri návrhových podmienkach (CBR_n) pomocou diagramu na obr. 5.1.

Návrhové podmienky sú definované :

- návrhovou objemovou hmotnosťou zeminy $\rho_{d,n}$ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$),
- návrhovou vlhkosťou W_n (%).

Návrhové podmienky treba stanoviť rozdielne pre jemnozrnné zeminy (F) a pre hrubozrnné zeminy (S,G).

Pre jemnozrnné sa stanovuje:

- návrhová vlhkosť W_n zo vzťahu

$$W_n = W_{opt,PS} + \Delta W \quad (5.8)$$

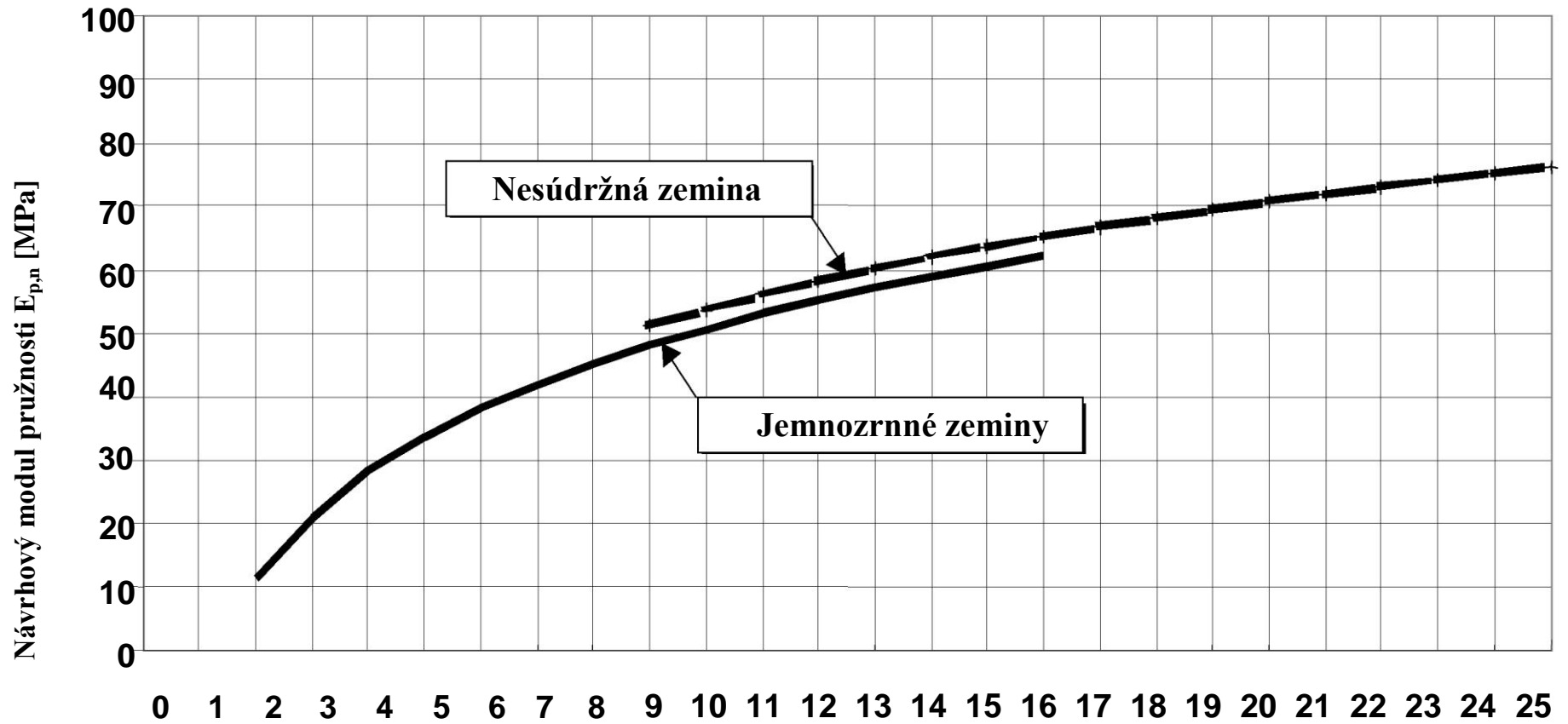
- návrhová objemová hmotnosť zo vzťahu

$$\rho_{d,n} = \frac{\xi}{\frac{W_n}{100} + \frac{\xi}{\rho_s}} \quad (5.9)$$

- kde: $W_{opt,PS}$ optimálna vlhkosť zeminy stanovená laboratórnou skúškou zhutniteľnosti pre zhutňovaciau prácu PS,
 ΔW prírastok vlhkosti podľa tab. 5.2,
 ξ saturácia pórov zeminy podľa tab. 5.2,
 ρ_s merná hmotnosť zeminy.

Tabuľka 5.2 Prírastok vlhkosti ΔW a saturácia pórov zeminy ξ

| Druh zeminy (klasifikácia) | Symbol | Prírastok vlhkosti ΔW % | Návrhová hodnota saturácie ξ |
|-------------------------------|-----------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Hlina s nízkou plasticitou | ML | 1 | 0,80 |
| Hlina, hlina piesčitá | MS, M I | 2 | 0,87 |
| Hlina s vysokou plasticitou | MH | 3 | 0,93 |
| Piesčité zeminy | S, SW, SF | 0 | 0,60 |



Pevnosť CBR_n pri návrhových podmienkach

Obrázok 5.1 Graf na určenie návrhovej únosnosti podložia

Pre hrubozrnné (piesčité a štrkovité) zeminy sa stanovuje:

- návrhová vlhkosť W_n zo vzťahu

$$W_n = \xi_n \left(\frac{1}{\rho_d} - \frac{1}{\rho_s} \right) * 100 \quad (5.10)$$

- návrhová objemová hmotnosť zo vzťahu

$$\rho_{d,n} = \rho_{d,I_D}$$

kde: ξ_n saturácia pórov, berie sa hodnota 0,60 ,
 ρ_{d,I_D} objemová hmotnosť, ktorá zodpovedá hmotnosti pre relatívnu uľahlosť I_D predpísanú normou STN 72 1006 pre vrstvu zeminy pod pláňou.

Redukovanú (zmenšenú) návrhovú hodnotu modulu pružnosti podložia so zvýšenou saturáciou v období jarného odmäku $E_{p,n,j}$ stanovíme prenásobením návrhovej hodnoty modulu pružnosti $E_{p,n}$ redukčným súčiniteľom u podľa vzťahu

$$E_{p,n,j} = u \cdot E_{p,n} \quad (5.11)$$

Hodnota redukčného súčiniteľa u je funkciou vodného režimu vozovky, namŕzavosti zeminy podložia a pomeru hrúbky vozovky H_v a hĺbky premŕzania vozovky a podložia h_{pr} - H_v/h_{pr} podľa tabuľky 5.3.

Tabuľka 5.3 Redukčný súčiniteľ u

| Vodný režim podložia | Namŕzavosť zeminy podľa STN 72 1002 | Pomer hrúbky vozovky a hĺbky premŕzania H_v/h_{pr} | | | | |
|----------------------|-------------------------------------|--|-----------|-----------|-----------|------|
| | | > 0,8 | 0,7 - 0,8 | 0,6 - 0,7 | 0,5 - 0,6 | 0,5 |
| Difúzny | mierne namŕzavá | 0,96 | 0,93 | 0,990 | 0,87 | 0,84 |
| | nebezpečne namŕzavá | 0,93 | 0,90 | 0,87 | 0,84 | 0,80 |
| Pendulárny | mierne namŕzavá | 0,90 | 0,86 | 0,82 | 0,78 | 0,74 |
| | nebezpečne namŕzavá | 0,85 | 0,80 | 0,75 | 0,70 | 0,65 |
| Kapilárny | mierne namŕzavá | 0,85 | 0,80 | 0,75 | 0,70 | 0,65 |
| | nebezpečne namŕzavá | 0,80 | 0,75 | 0,70 | 0,65 | 0,55 |

Poznámka: Hodnotu hĺbky premŕznutia asfaltovej vozovky a podložia je možné uvažovať približnou hodnotou stanovenou podľa vzťahu $h_{pr} = 0,05 \sqrt{I_{m,n}}$ (m).

Namŕzavosť zeminy sa môže pre účely dimenzovania vozoviek hodnotiť:

- podľa zrnitosti (STN 72 1002),
- na základe výsledku priamej skúšky namŕzavosti (STN 72 1191).

Namŕzavosť zemín v podloží vozoviek na diaľniciach a cestách s dopravným zaťažením triedy I a II sa odporúča stanoviť priamou skúškou namŕzavosti a hodnotiť parametrom β .

Namŕzavosť zemín v podloží vozoviek na komunikáciách so zaťažením tried III,IV, V a VI sa stanovuje pomocou čiar zrnitosti (STN 72 1002).

Na charakterizovanie a hodnotenie vodného režimu v podloží sú rozhodujúce :

- úroveň hladiny podzemnej vody (jej poloha voči pláni),
- výška kapilárneho výstupu (pri plnom nasýtení pórov zeminy),
- hĺbka premŕzania vozovky a podložia.

Vodný režim sa klasifikuje pomocou schém na obr. 5.2 ako difúzny (priaznivý), pendulárny (nepriaznivý) a kapilárny (veľmi nepriaznivý), pričom kritériá sa vyjadrujú nerovnosťami :

- pre difúzny vodný režim $h_{pv} \geq h_{pr} + 2h_s$ (5.12)

- pre pendulárny vodný režim $h_{pr} + h_s < h_{pv} < h_{pr} + 2h_s$ (5.13)

- pre kapilárny vodný režim $h_{pv} \leq h_{pr} + h_s$ (5.14)

kde: h_{pv} vzdialenosť priemernej úrovne hladiny podzemnej vody od nivelety vozovky (m),
 h_{pr} hĺbka premrznutia vozovky určená pre určitú periodicitu n v závislosti od dopravného zaťaženia alebo inak vyjadrenej dôležitosti cestnej komunikácie (m),
 h_s kapilárna výška pre plné nasýtenie zeminy (m), ktorá sa môže určiť i na základe zrnitosti zeminy v podloží, napr. v závislosti od obsahu zrn menších ako 0,02 mm podľa tabuľky 5.4

Tabuľka 5.4 Kapilárna výška h_s [m]

| Obsah zrn menších ako 0,02 mm, % | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| h_s [m] | 0,90 | 1,25 | 1,70 | 2,22 | 2,80 | 3,40 | 4,00 |

V prípade násypu treba urobiť opatrenia, aby nevznikol nepriaznivý alebo veľmi nepriaznivý vodný režim. Priaznivý režim pod pláňou v násype predpokladáme, ak výška násypu h_n je väčšia ako je hĺbka premrznutia vozovky a podložia :

$$h_n > h_{pr} \quad (5.15)$$

Na klasifikovanie vodného režimu v predbežnom návrhu vozovky môžeme vypočítať hĺbku premrznutia vozovky a podložia pomocou rovnice

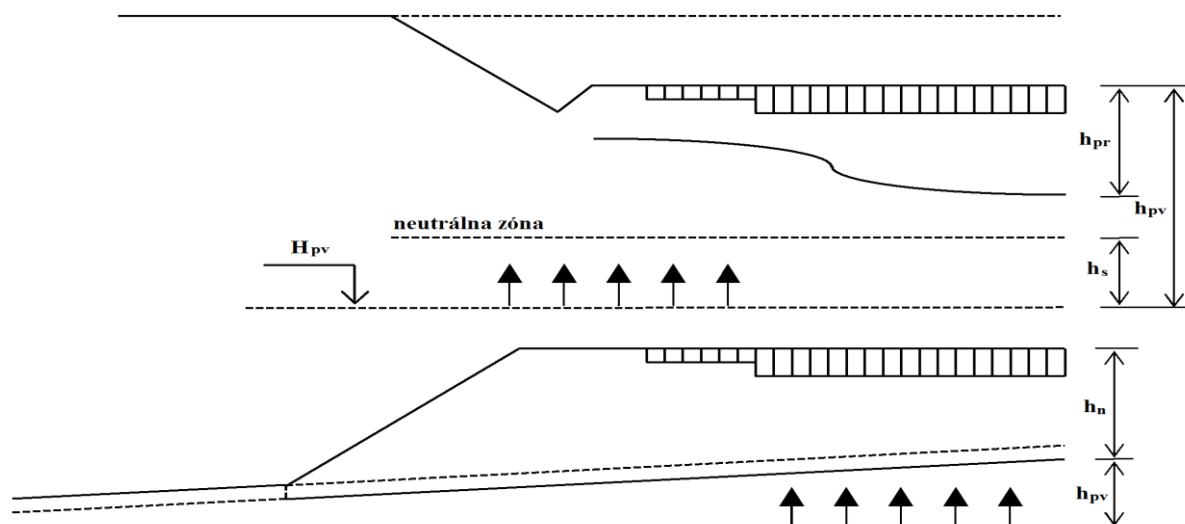
$$h_{pr} = 0,05 \sqrt{I_{m,n}} \quad (5.16)$$

Presnejší výpočet hĺbky premrznutia vozovky a podložia sa robí s uvažovaním tepelného odporu vozovky R_v a súčiniteľa tepelnej vodivosti zamrznutej zeminy λ_z .

Hrúbka vrstvy zamrznutej zeminy v podloží $h_{z,pr}$ sa vypočíta pomocou empirickej rovnice

$$(5.17) \quad h_{z,pr} = \lambda_z \left(\frac{0,178 \cdot I_{m,n}^{0,3}}{\lambda_0} \right) - R_v$$

kde λ_0 tepelná vodivosť vzťažného materiálu = $1,75 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.



Obr. 5.2 Schémy pre klasifikáciu vodného režimu

5.2.1 Určovanie únosnosti zlepšeného (upraveného) podložia

Návrhová únosnosť zlepšeného podložia (charakterizovaná výpočtovou hodnotou $E_{p,n,u}$) sa určuje v jednotlivých prípadoch podľa konštrukčného riešenia (kap. 4).

Vrstvu upraveného podložia a ďalšiu vrstvu materiálu v hrúbke najmenej 200 mm možno uvažovať vo výpočtoch modelov vozovky samostatne, alebo zahrnúť do podložia (pružného polopriestoru) a zmeniť hodnoty parametrov takéhoto (upraveného) podložia : $E_{p,n,u}$ [MPa] a μ_p .

Návrhový modul pružnosti upraveného podložia $E_{p,n,u}$ možno stanoviť pomocou grafov v prílohe P3, pričom moduly pružnosti materiálov zlepšujúcej vrstvy sa uvažujú :

| | | |
|--|-----|---------|
| - nestmelený zrnitý materiál (štrkopiesok) | ŠP | 120 MPa |
| - mechanicky spevnená zemina | MS | 150 MPa |
| - štrkodrvina | ŠD | 350 MPa |
| - mechanicky spevnené kamenivo | MSK | 600 MPa |

- Poznámka: 1) grafy v prílohe P3 možno využiť aj na určenie hrúbky zlepšujúcej vrstvy z určitého materiálu na dosiahnutie požadovanej hodnoty ekvivalentného modulu,
 2) zlepšenie fyzikálnych vlastností zeminy v podloží a najmä zlepšenie jej spracovateľnosti pridaním malého množstva spojiva (napr. 2 % cementu, prípadne vápna a cementu) do vrstvy zeminy hrubej do 200 mm sa o zmene návrhovej únosnosti neuvažuje.

5.3 Parametre prostredia - teplotný režim

Teplotný režim asfaltových vozoviek a ich podložia charakterizujú teploty povrchu, priemerné teploty jednotlivých vrstiev a podložia v priebehu roka a priemerné ročné hodnoty týchto teplôt. Priemerné denné teploty vzduchu a priemerná ročná teplota vzduchu v mieste stavby vozovky, z ktorých sa odvodzujú teploty povrchu asfaltových vrstiev sa musia vypočítať z dlhodobých meraní, najmenej 25 rokov.

Pri navrhovaní a vo výpočtoch asfaltových vozoviek na cestných komunikáciách v extraviláne sa uvažujú ekvivalentné teploty vrstiev z asfaltových zmesí. Výpočtové hodnoty ekvivalentnej teploty asfaltových vrstiev v štandardných podmienkach sú v tab. 5.5.

Tabuľka 5.5 Ekvivalentné teploty

| Obdobie | Trvanie obdobia | | Ekvivalentná teplota [°C] |
|------------|------------------|-------------------|---------------------------|
| | počet dní v roku | pomerná časť roka | |
| Zima | 75 | 0,2 | 0 |
| Jar, jeseň | 186 | 0,5 | +11 |
| Leto | 104 | 0,3 | +27 |

V zvláštnych prípadoch konštrukcií vozoviek, napr. s výkonnými tepelnoizolačnými vrstvami, alebo s veľmi tenkými asfaltovými vrstvami, možno rátať s rozdelením teplôt vo vozovke aplikovaním teórie o vedení tepla s využitím poznatkov o tepelno-technických vlastnostiach cestných stavebných materiálov. V týchto prípadoch je potom potrebné odvodiť deformačné a pevnostné charakteristiky asfaltových zmesí.

Pre výpočet priemernej hodnoty maximálnej teploty asfaltových vrstiev (hrúbky 220 mm) s krátkym trvaním sa použije empirický vzťah :

$$T_{m,asf} = 1,32 T_{m,r} + 20,8^{\circ}\text{C} \quad (5.19)$$

kde: $T_{m,r}$, priemerná ročná teplota vzduchu v regióne stavby.

Medzi charakteristiky teplotného režimu nie je zahrnutý extrémne prudký pokles teploty povrchu (tzv. teplotný šok), pri ktorom môžu vzniknúť v asfaltovom kryte trhliny.

Pri výpočte hĺbky premrzania vozovky a podložia a posudzovaní ochrany vozovky proti poruchám mrazom sa režim charakterizuje indexom mrazu I_m (°C, deň). Návrhová hodnota indexu mrazu sa berie podľa STN 73 6114 pre rôznu periodicitu v závislosti od triedy dopravného zaťaženia vozovky. Index mrazu v zastavanom území možno uvažovať ako redukovanú hodnotu

$$\text{red } I_{m,n} = 0,85 I_{m,nb} \quad (5.20)$$

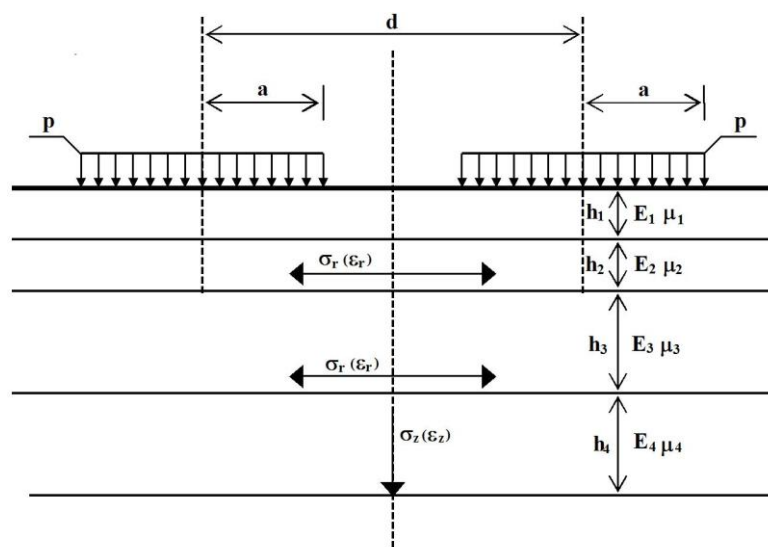
6 Posúdenie návrhu konštrukcie vozovky

Správnosť návrhu a miera spoľahlivosti konštrukcie asfaltovej vozovky sa posudzujú pomocou kritérií. Navrhnutá konštrukcia musí vyhovovať základným kritériám, pričom vo výpočtoch sa použije jej model.

6.1 Model vozovky a jeho výpočty

Pre výpočty a posudzovanie návrhu konštrukcie asfaltovej vozovky sa použije fyzikálny model, ktorý je definovaný geometricky, vlastnosťami materiálov jednotlivých vrstiev a podložia a spolupôsobením vrstiev. Skutočné zaťaženie vozovky kolesami vozidiel sa nahradí kolesami návrhovej nápravy (10 t) a nápravy s najväčšou prípustnou hmotnosťou (11,5 t).

Parametre modelu konštrukcie asfaltovej vozovky pre výpočet napätí a pretvorení sú na obrázku 6.1.



Obr. 6.1 Model konštrukcie vozovky

Význam označení na obrázku :

| | | |
|---------|--|--------|
| p | dotykový tlak na ploche kruhových plôch | (MPa), |
| d | osová vzdialenosť dvoch kruhových plôch | (m), |
| a | polomer zaťažovacej kruhovej dosky | (m), |
| h_i | hrúbka i -tej vrstvy konštrukcie vozovky | (m), |
| E_i | modul pružnosti materiálu i -tej vrstvy | (MPa), |
| μ_i | Poissonovo číslo materiálu i -tej vrstvy | (-), |
| E_p | modul pružnosti podložia vozovky | (MPa), |
| μ_p | Poissonovo číslo podložia vozovky | (-). |

Výpočet napätí a pretvorení fyzikálneho modelu vozovky možno urobiť matematickým riešením, ktoré umožňuje meniť parametre modelu a pre ktoré je výpočtový program (napr. program LAYMED a jeho verzie).

Výpočtové hodnoty parametrov materiálov vrstiev pre výpočet napätí a pretvorení fyzikálnych modelov sú uvedené v prílohe P4 s rozdelením na asfaltové zmesi, zmesi stmelené hydraulickým spojivom (cementom, pomaly tuhnúcim spojivom) a nestmelené materiály.

Vzhľadom na veľký vplyv teploty na deformačné vlastnosti asfaltových zmesí treba výpočty modelu asfaltovej vozovky urobiť najmenej pre tri teplotné stavy, ktoré sú charakterizované ekvivalentnými teplotami vrstiev z asfaltových zmesí :

$$0^{\circ}\text{C}, +11^{\circ}\text{C} \text{ a } +27^{\circ}\text{C}.$$

Vo výpočtoch a pri posudzovaní konštrukcií asfaltových vozoviek treba z hľadiska mechaniky rozlišovať netuhé a polotuhé konštrukcie a to v zmysle definícií tejto smernice. Príklady skladby vrstiev týchto typov vozoviek a ich materiálov sú na schémach na obr. 6.2.

6.2 Základné kritériá

Základnými kritériami, pomocou ktorých sa posudzuje návrh konštrukcie asfaltovej vozovky sú:

- A. *Ochrana vozovky proti účinkom premrznania*
- B. *Pevnosť a únava stmelených materiálov*
- C. *Stabilita nestmelených materiálov*
- D. *Stabilita podložia*

Návrh konštrukcie musí spĺňať základné kritériá na posudzovanie účinkov opakovaného zaťaženia prejazdmi nákladných vozidiel, ktoré sú vyjadrené účinkami návrhovej nápravy s hmotnosťou 10 ton ($2P = 100 \text{ kN}$) a pre jednorázové zaťaženie prípustnou nápravou s hmotnosťou 11,5 tony ($2P = 115 \text{ kN}$).

Vzhľadom na rôzne dĺžky návrhového obdobia vozoviek (ako aj počet klimatických cyklov) treba pri posudzovaní netuhých a polotuhých vozoviek rozlišovať kritériá pre štandardné zaťaženie s veľkosťou $N_c < 1 \cdot 10^5$ a v rozsahu $1 \cdot 10^5$ až $25 \cdot 10^6$ a pre neštandardné zaťaženie $N_c > 25 \cdot 10^6$.

Návrh konštrukcie vozovky musí vyhovovať súčasne všetkým základným kritériám. Aplikácia kritérií na posudzovanie netuhých a polotuhých vozoviek je uvedená v kapitolách 6.3 a 6.4.

6.3 Posúdenie netuhej vozovky



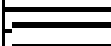
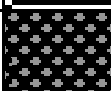

Posúdenie návrhu netuhej vozovky s vrstvami krytu (prípadne ďalšej vrstvy) z asfaltových zmesí na nestmelených vrstvách sa robí na základe výsledkov výpočtov napätí (a pretvorení) modelu konštrukcie. Pre netuhú konštrukciu sú rozhodujúce základné kritériá, ktorými sa posudzuje :

- A. *Ochrana vozovky proti účinkom premrznania*

Návrh vozovky vyhovuje, ak tepelný odpor konštrukcie R_V je rovný alebo väčší ako potrebný tepelný odpor $R_{V,p}$, vyplývajúci z požiadavky nepripustiť väčšie premrznutie zeminy v podloží, ako je dovolené, čo je vyjadrené podmienkou :






$$R_V \geq R_{V,p} \quad (6.1)$$

POLOTUHÁ VOZOVKA

| | | | |
|-------------------|---|---|--|
| Kryt | 1 |  | asfaltové zmesi (AC, SMA, PA) |
| | 2 |  | asfaltové zmesi (AC, AC –modifik.) |
| | 3 |  | asfaltové zmesi (AC, AC –modifik.) |
| Podkladové vrstvy | 4 |  | zmesi stmelené hydraulickým spojivom (CBGM: C _{5/6} , C _{3/4} , C _{12/15}) |
| | 5 |  | nestmelený materiál, kamenivo (ŠD, ŠP) |
| Ochranná vrstva | | | |
| Podložie | | | |

Obr. 6.2 Príklady skladby vrstiev polotuhej vozovky

NETUHÁ VOZOVKA

| | | | |
|-------------------|---|---|---|
| Kryt | 1 |  | asfaltové zmesi (AC, SMA, PA) |
| | 2 |  | asfaltové zmesi (AC, AC –modifik.) |
| | 3 |  | asfaltové zmesi (AC, AC –modifik.) |
| Podkladové vrstvy | 4 |  | Nestmelený materiál, kamenivo (ŠD, MSK) |
| | 5 |  | nestmelený materiál, kamenivo (ŠD, ŠP) |
| Ochranná vrstva | | | |
| Podložie | | | |

Obr. 6.3 Príklady skladby vrstiev netuhej vozovky

Tepelný odpor vozovky sa vyráta z rovnice:

$$R_V = \sum_i \frac{h_i}{\lambda_i} \quad (6.2)$$

kde: h_i hrúbka vrstvy vozovky (m),
 λ_i výpočtová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti materiálu vrstvy ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$),

pričom potrebný tepelný odpor vozovky v prípadoch s mierne namrzavou, namrzavou a nebezpečne namrzavou zeminou v podloží je daný rovnicou

$$R_{V,p} = \frac{0,178 \cdot I_{m,n}^{0,3}}{\lambda_0} - \frac{h_{z,dov}}{\lambda_z} \quad (6.3)$$

kde: $I_{m,n}$ návrhová hodnota indexu mrazu (0°C , deň) v mieste (regióne) stavby pre periodicitu n ,
 $h_{z,dov}$ dovolená hrúbka zamrzutej zeminy v podloží (m),
 λ_0 súčiniteľ tepelnej vodivosti vzťažného materiálu = $1,75 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
 λ_z súčiniteľ tepelnej vodivosti zmrznutej zeminy (výpočtová hodnota $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), ktorého hodnoty sú v prílohe P4.

B. Pevnosť a únava stmelенých materiálov

Pevnosť stmelенých materiálov v jednotlivých vrstvách netuhej vozovky sa posudzuje porovnaním napätia v ťahu pri ohybe a redukovanej pevnosti materiálu v ťahu pri ohybe.

- B1. V prípade, kedy je dopravné zaťaženie vyjadrené počtom opakovaní zaťaženia $N_c < 1.10^5$ treba pevnosť stmelенých materiálov posúdiť porovnaním s napätím v ťahu pri ohybe vyvedenom jednorázovým zaťažením $2P = 115 \text{ kN}$ pri nepriaznivých podmienkach, ktoré sú pre asfaltové vozovky v lete a sú charakterizované ekvivalentnou teplotou vrstiev z asfaltových zmesí $+27^\circ\text{C}$. Návrh konštrukcie vyhovie, ak bude splnená podmienka

$$\frac{\sigma_{r,i,l}}{R_{i,l}} \leq SV, \quad (6.4)$$

kde: $\sigma_{r,i,l}$ najväčšie radiálne napätie materiálu i -tej vrstvy v ťahu pri ohybe od zaťaženia nápravou hmotnosti $11,5 \text{ t}$ (MPa),

$R_{i,j}$ výpočtová pevnosť materiálu vrstvy i v ťahu pri ohybe pre podmienky v lete, (MPa),

SV súčiniteľ využitia pevnosti materiálu, ktorého hodnota sa uvažuje pre všetky stmelенé materiály hodnotou $0,95$.

- B2. V prípade, kedy je návrhové dopravné zaťaženie $N_c = 1.10^5$ až 25.10^6 posudzuje sa pevnosť stmelенých materiálov vo všetkých vrstvách tak, že vplyvom únavy redukovaná pevnosť v ťahu pri ohybe sa porovnáva s napätím v ťahu pri ohybe naspodku vrstvy (pri osovo symetrickom zaťažení je to radiálne napätie).

Kritérium bude splnené vtedy, ak v kritickej vrstve je splnená podmienka vyjadrená nerovnosťou

$$\sum_j q_j \frac{\sigma_{r,i,j}}{S_{N,i} \cdot R_{i,j}} \leq SV \quad (6.5)$$

kde: q_j relatívna doba j s podmienkami namáhania konštrukcie, ktorá sa uvažuje $0,2$ pre zimné obdobie, $0,3$ pre leto a $0,5$ pre jar a jeseň so strednými ročnými podmienkami,

$\sigma_{r,i,j}$ napätie v ťahu pri ohybe v kritickej vrstve od zaťaženia nápravou s hmotnosťou 10 ton ($2P = 100 \text{ kN}$) pri podmienkach v jednotlivých obdobiach j , (MPa)

$S_{N,i}$ súčiniteľ únavy materiálu pre N opakovaní zaťaženia vrstvy i ,

$R_{i,j}$ výpočtová hodnota pevnosti materiálu posudzovanej vrstvy i v jednotlivých obdobiach j (podľa prílohy P4),

SV súčiniteľ využitia pevnosti materiálu, ktorý je ako najväčšia prípustná relatívna hodnota rozdielny pre vozovky s rôznou triedou dopravného zaťaženia (v tab. 6.1):

Tabuľka 6.1 Súčiniteľ využitia SV

| Trieda dopravného zaťaženia (STN 73 6114) | I | II | III, IV a V |
|---|------|------|-------------|
| SV | 0,80 | 0,85 | 0,90 |

Súčiniteľ únavy materiálu, ktorým sa redukuje výpočtová pevnosť v závislosti od počtu opakovaní zaťaženia je závislý od druhu stmelенého materiálu (hydraulické spojivo, alebo obalovaný asfalt) a kvality zmesi, pričom sa predpokladá platnosť rovnice

$$S_{N,i} = a_i - b_i \log N_c, \quad (6.6)$$

kde: a_i, b_i sú parametre únavy materiálu.

Výpočtové hodnoty parametrov a_i , b_i sú v tabuľkách (s ostatnými parametrami) v prílohe P4.

Rozpísaný tvar základnej rovnice (6.5) pre štandardné klimatické podmienky bude :

$$0,20 \frac{\sigma_{r,i,z}}{S_{N,i} \cdot R_{i,z}} + 0,5 \frac{\sigma_{r,i,j}}{S_{N,i} \cdot R_{i,j}} + 0,3 \frac{\sigma_{r,i,l}}{S_{N,i} \cdot R_{i,l}} \leq SV \quad (6.7)$$

kde: index z označuje podmienky v zime,
 j označuje podmienky na jar a jeseň,
 l označuje podmienky v lete,
 i označuje vrstvu.

C. Stabilita nestmelených materiálov

Stabilita nestmelených materiálov v podkladových vrstvách netuhej vozovky sa posudzuje porovnaním radiálneho napätia vo vrstve a efektívnej (výpočtovej) pevnosti nestmeleného materiálu.

C1. V prípade dopravného zaťaženia vozovky $N_c < 1.10^5$ je kritérium stability nestmeleného materiálu vyjadrené rovnicou

$$SV_f = \frac{\sigma_{r,i,\max.115}}{0,95 \cdot R_{i,f}} \quad (6.8)$$

kde: $\sigma_{r,i,\max.115}$ maximálna hodnota napätia v ťahu pri ohybe vypočítaná vo vrstve i z nestmeleného materiálu od jednorázového zaťaženia nápravou $2P = 115$ kN v nepriaznivých podmienkach (v letnom období s ekvivalentnou teplotou asfaltových zmesí $+ 27$ °C).
 $R_{i,f}$ výpočtová efektívna hodnota pevnosti nestmeleného materiálu vrstvy i v ťahu pri ohybe, ktorá je uvedená v prílohe P4.

Kritérium bude splnené, ak hodnota mechanickej stability SV_f bude menšia alebo rovná ako 1,0.

C2. Stabilita nestmelených materiálov vrstiev netuhej vozovky pre dopravné zaťaženie N_c v rozsahu 1.10^5 až 25.10^6 sa posudzuje pomocou vzťahu

$$SV_f = \frac{\sigma_{r,i,\max.100}}{0,85 \cdot R_{i,f}} \quad (6.9)$$

kde: $\sigma_{r,i,\max.100}$ maximálna hodnota napätia v ťahu pri ohybe vypočítaná vo vrstve i z nestmeleného materiálu od jednorázového zaťaženia nápravou $2P = 100$ kN v nepriaznivých podmienkach (v letnom období s ekvivalentnou teplotou asfaltových zmesí $+ 27$ °C).

Kritérium sa splnené, ak hodnota mechanickej stability SV_f bude menšia alebo rovná ako 1,0.

D. Stabilita podložia

Pri posudzovaní stability podložia netuhej vozovky sa požaduje, aby maximálne vertikálne napätie na pláni bolo menšie, ako prípustné napätie.

D1. Pri posudzovaní stability podložia vozovky pre dopravné zaťaženie $N_c < 1.10^5$ sa požaduje, aby maximálne vertikálne napätie na pláni vyvozené nápravou s hmotnosťou 11,5 t ($2P = 115$ kN) bolo menšie, ako prípustné napätie :

$$\sigma_{z,\max} \leq \sigma_{z,dov} \quad (6.10)$$

pričom

$$\sigma_{z,dov} = k' \cdot E_{p,n,j} \quad (6.11)$$

kde: $\sigma_{z,max}$ napätie vyrátané pre najmenšie hodnoty modulov pružnosti asfaltových vrstiev (ekvivalentná teplota + 27 °C),
 $E_{p,n,j}$ redukovaná (zmenšená) hodnota modulu pružnosti podložia podľa (5.11),
 k' redukčný súčiniteľ, ktorý má hodnotu $1 \cdot 10^{-3}$.

D2. Pri posudzovaní stability podložia netuhej vozovky pre dopravné zaťaženie $N_c \geq 1 \cdot 10^5$ sa požaduje, aby maximálne vertikálne napätie na pláni vyvedené návrhovou nápravou ($2P = 100$ kN) bolo menšie, ako prípustné napätie, t.j. :

$$\sigma_{z,max} \leq \sigma_{z,dov} \quad (6.12)$$

pričom

$$\sigma_{z,dov} = \frac{k \cdot E_{p,n}}{1 + 0,7 \log N_c}, \quad (6.13)$$

kde: $E_{p,n}$ návrhová únosnosť podložia, (MPa),
 k súčiniteľ závislý od triedy dopravného zaťaženia vozovky:
 pre triedu dopravného zaťaženia I až III $k = 3,46 \cdot 10^{-3}$
 pre triedu dopravného zaťaženia IV až V $k = 4,50 \cdot 10^{-3}$
 pre triedu dopravného zaťaženia VI $k = 5,80 \cdot 10^{-3}$
 N_c počet opakovaní zaťaženia (návrhových náprav) za celé návrhové obdobie.

6.4 Posúdenie polotuhej vozovky

Posúdenie návrhu polotuhej vozovky s vrstvami krytu z asfaltových zmesí na cementom stmelenej podkladovej vrstve a ochranej vrstve sa robí na základe výsledkov výpočtov napätí (a pretvorení) modelu konštrukcie pomocou základných a doplňujúcich kritérií. Pre polotuhú konštrukciu sú rozhodujúce kritériá, ktorými sa posudzuje :

A. Ochrana vozovky proti účinkom premrzania

Návrh konštrukcie vyhovuje, ak tepelný odpor vozovky R_V je rovný alebo väčší ako potrebný tepelný odpor $R_{V,p}$, vyplývajúci z požiadavky nepripustiť väčšie premrznutie zeminy v podloží, ako je dovolené :

$$R_V \geq R_{V,p} \quad (6.1)$$

Tepelný odpor vozovky a potrebný tepelný odpor sa vyrátajú pomocou rovníc (6.2) a (6.3).

B. Pevnosť stmelených materiálov

Pevnosť stmelených materiálov v konštrukcii polotuhej vozovky sa posudzuje s uvažovaním ich únavy. Redukovaná pevnosť materiálu v ťahu pri ohybe sa porovnáva s radiálnym napätím naspodku vrstvy.

B1. V prípade, keď je dopravné zaťaženie vyjadrené počtom opakovaní zaťaženia $N_c < 1 \cdot 10^5$ treba pevnosť stmelených materiálov posúdiť porovnaním napätia v ťahu pri ohybe vyvedenom jednorázovým zaťažením $2P = 115$ kN v nepriaznivých podmienkach v lete charakterizovaných teplotou asfaltových zmesí + 27°C. Návrh konštrukcie vyhoví, ak bude splnená podmienka

$$\frac{\sigma_{r,i,l}}{R_{i,l}} \leq SV \quad (6.14)$$

kde $R_{i,l}$ výpočtová pevnosť materiálu vrstvy i v ťahu pri ohybe (MPa),

SV súčiniteľ využitia, ktorého hodnota pre všetky stmelené materiály sa uvažuje 0,85.

B2. V prípade dopravného zaťaženia polotuhej vozovky v rozsahu 1.10^5 až 25.10^6 treba pri posudzovaní stmeleného materiálu v kritickej vrstve splniť podmienku vyjadrenú nerovnosťou

$$\sum_j q_j \frac{\sigma_{r,i,j}}{S_{N,i} \cdot R_{i,j}} \leq SV \quad (6.15)$$

kde: q_j relatívna doba j s určitými podmienkami namáhania konštrukcie vozovky, ktorá sa uvažuje v trvaní 0,2 pre zimné obdobie, 0,3 pre leto a 0,5 pre jar a jeseň so strednými ročnými podmienkami,

$\sigma_{r,i,j}$ napätie v ťahu pri ohybe (radiálne napätie naspodku posudzovanej vrstvy) od zaťaženia nápravou s hmotnosťou 10 t ($2P = 100$ kN),

$S_{N,i}$ súčiniteľ únavy stmeleného materiálu pre N opakovaní zaťaženia vrstvy, pre výpočet ktorého platí vzťah

$$S_{N,i} = a_i - b_i \log N_c$$

kde: a_i, b_i sú parametre únavy materiálu vrstvy i (podľa prílohy P4),

$R_{i,j}$ výpočtová hodnota pevnosti stmeleného materiálu posudzovanej vrstvy i v jednotlivých obdobiach j (podľa prílohy P4),

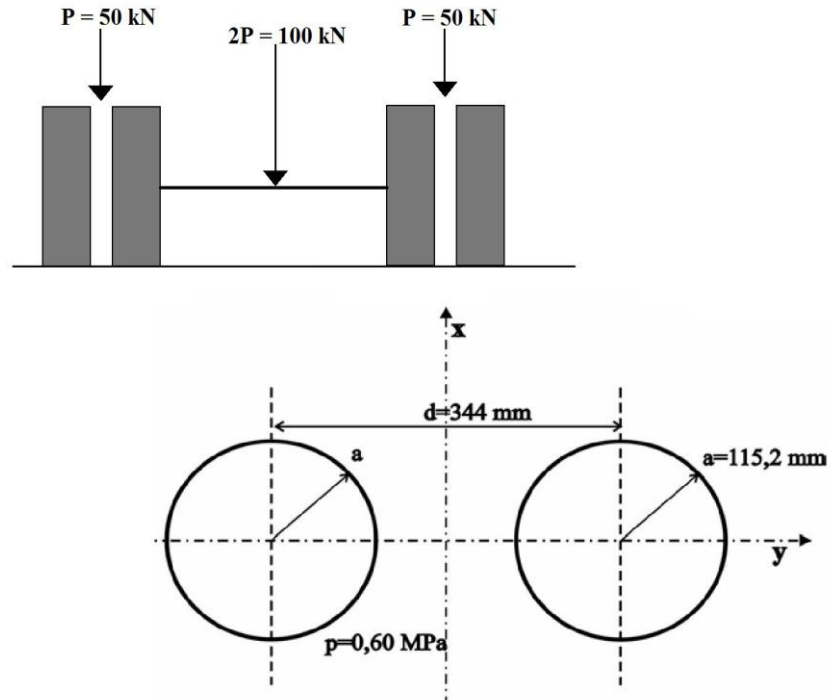
SV súčiniteľ využitia pevnosti materiálu, ktorého najväčšia prípustná hodnota závisí od triedy dopravného zaťaženia a je uvedená v tabuľke 6.1.

Poznámka: Prehľadná tabuľka o aplikovaní základných kritérií pre posudzovanie návrhu konštrukcie asfaltovej vozovky s rôznou skladbou a pre rôzne dopravné zaťaženie je v prílohe P6. V tejto prílohe sú aj príklady výpočtov netuhej a polotuhej vozovky.

PRÍLOHA 1**Výpočtové parametre návrhovej nápravy s hmotnosťou 10 t a nápravy s hmotnosťou 11,5 t**

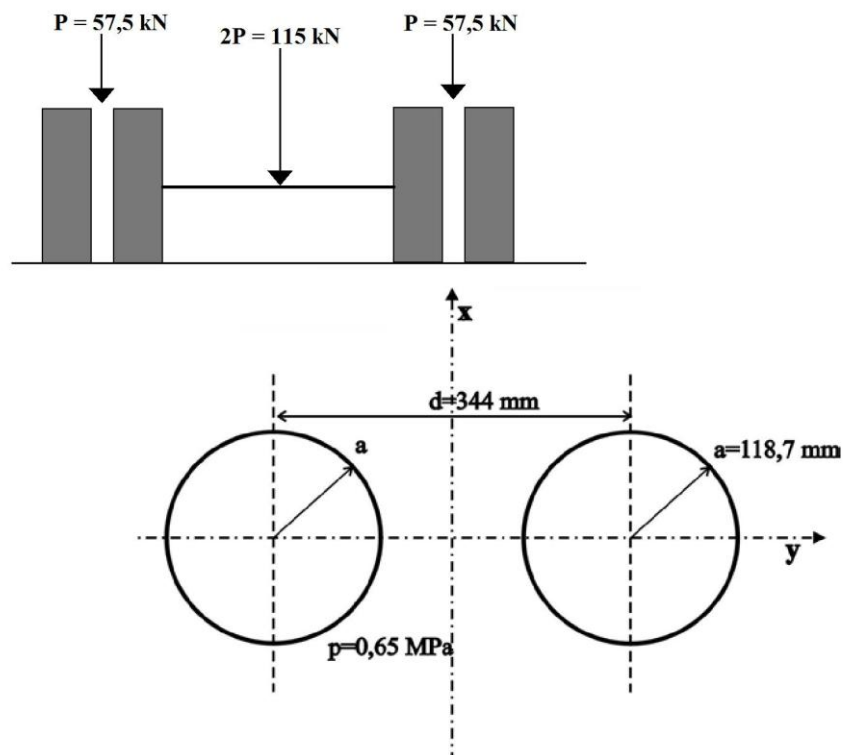
Výpočtové parametre návrhovej nápravy s hmotnosťou 10 t sú:

$$\begin{aligned} 2P &= 100 \text{ kN} \\ P &= 50 \text{ kN} \\ d &= 344 \text{ mm} \\ a &= 115,2 \text{ mm} \\ p &= 0,60 \text{ MPa} \end{aligned}$$



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

$$\begin{aligned} 2P &= 115 \text{ kN} \\ P &= 57,5 \text{ kN} \\ d &= 344 \text{ mm} \\ a &= 118,7 \text{ mm} \\ p &= 0,65 \text{ MPa} \end{aligned}$$



PRÍLOHA 2**Výhľadové koeficienty rastu intenzity dopravy do roku 2040
(podľa Slovenskej správy ciest zo sčítania v roku 2005)**

Výhľadové koeficienty rastu intenzity dopravy na cestnej sieti SR

| Rok | Diaľnice | Rýchlostné cesty | I. trieda | II. trieda | III. trieda | Súčet |
|------|----------|------------------|-----------|------------|-------------|-------|
| 2005 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2010 | 1,21 | 1,14 | 1,11 | 1,39 | 1,06 | 1,18 |
| 2015 | 1,37 | 1,29 | 1,22 | 1,16 | 1,13 | 1,19 |
| 2020 | 1,63 | 1,44 | 1,32 | 1,23 | 1,18 | 1,28 |
| 2025 | 1,83 | 1,59 | 1,42 | 1,30 | 1,24 | 1,38 |
| 2030 | 2,19 | 1,73 | 1,52 | 1,37 | 1,30 | 1,48 |
| 2035 | 2,21 | 1,87 | 1,61 | 1,45 | 1,36 | 1,56 |
| 2040 | 2,37 | 2,01 | 1,69 | 1,50 | 1,41 | 1,63 |

Výhľadové koeficienty rastu dopravy podľa druhu vozidiel

Diaľnice

| Rok | Ťažké | Ľahké (O+M) | Súčet |
|------|-------|-------------|-------|
| 2005 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2010 | 1,18 | 1,23 | 1,21 |
| 2015 | 1,27 | 1,47 | 1,40 |
| 2020 | 1,54 | 1,71 | 1,65 |
| 2025 | 1,72 | 1,93 | 1,86 |
| 2030 | 1,89 | 2,32 | 2,18 |
| 2035 | 2,08 | 2,34 | 2,25 |
| 2040 | 2,21 | 2,53 | 2,09 |

Rýchlostné cesty

| Rok | Ťažké | Ľahké (O+M) | Súčet |
|------|-------|-------------|-------|
| 2005 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2010 | 1,13 | 1,15 | 1,14 |
| 2015 | 1,26 | 1,32 | 1,30 |
| 2020 | 1,40 | 1,47 | 1,45 |
| 2025 | 1,54 | 1,63 | 1,60 |
| 2030 | 1,67 | 1,79 | 1,75 |
| 2035 | 1,80 | 1,94 | 1,89 |
| 2040 | 1,93 | 2,09 | 2,04 |

Cesty I. triedy

| Rok | Ťažké | Ľahké (O+M) | Súčet |
|------|-------|-------------|-------|
| 2005 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2010 | 1,10 | 1,12 | 1,11 |
| 2015 | 1,19 | 1,24 | 1,22 |
| 2020 | 1,28 | 1,36 | 1,33 |
| 2025 | 1,37 | 1,47 | 1,44 |
| 2030 | 1,46 | 1,57 | 1,53 |
| 2035 | 1,54 | 1,67 | 1,62 |
| 2040 | 1,61 | 1,76 | 1,71 |

Cesty II. triedy

| Rok | Ťažké | Ľahké (O+M) | Súčet |
|------------|--------------|--------------------|--------------|
| 2005 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2010 | 1,07 | 1,08 | 1,07 |
| 2015 | 1,14 | 1,17 | 1,16 |
| 2020 | 1,20 | 1,25 | 1,23 |
| 2025 | 1,27 | 1,33 | 1,31 |
| 2030 | 1,33 | 1,41 | 1,38 |
| 2035 | 1,39 | 1,51 | 1,47 |
| 2040 | 1,44 | 1,55 | 1,51 |

Cesty III. triedy

| Rok | Ťažké | Ľahké (O+M) | Súčet |
|------------|--------------|--------------------|--------------|
| 2005 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2010 | 1,05 | 1,07 | 1,06 |
| 2015 | 1,11 | 1,14 | 1,13 |
| 2020 | 1,16 | 1,20 | 1,19 |
| 2025 | 1,21 | 1,27 | 1,25 |
| 2030 | 1,26 | 1,34 | 1,31 |
| 2035 | 1,31 | 1,40 | 1,37 |
| 2040 | 1,35 | 1,46 | 1,42 |

Výhľadové koeficienty podľa druhu vozidiel pre celú cestnú sieť

| Rok | Ťažké | Ľahké (O+M) | Súčet |
|------------|--------------|--------------------|--------------|
| 2005 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2010 | 1,12 | 1,10 | 1,10 |
| 2015 | 1,22 | 1,21 | 1,21 |
| 2020 | 1,35 | 1,32 | 1,33 |
| 2025 | 1,37 | 1,42 | 1,40 |
| 2030 | 1,42 | 1,52 | 1,49 |
| 2035 | 1,49 | 1,64 | 1,59 |
| 2040 | 1,56 | 1,70 | 1,65 |

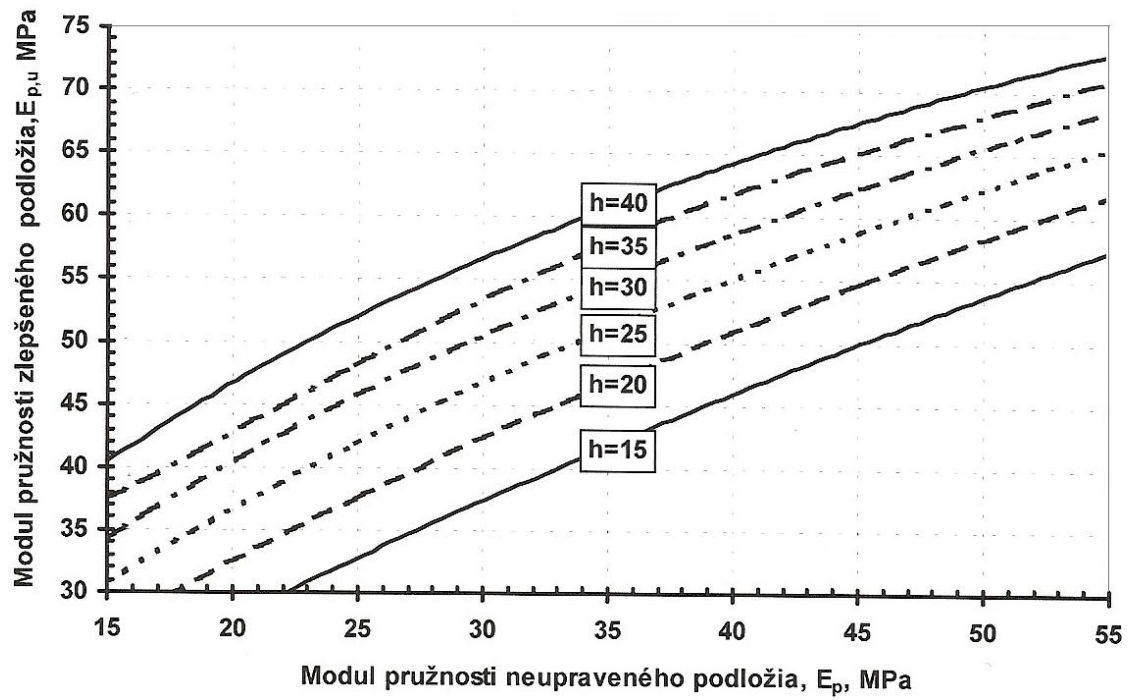
Legenda:

Ťažké – ťažké vozidlá

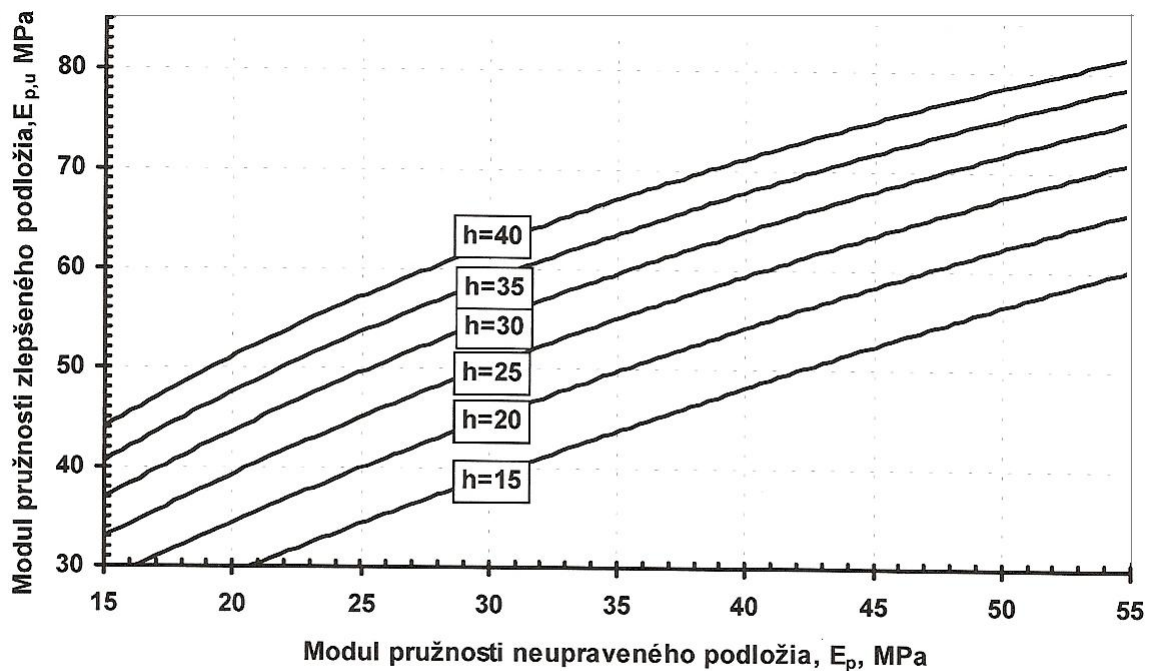
Ľahké (O+M) – ľahké vozidlá (osobné vozidlá + motocykle)

PRÍLOHA 3

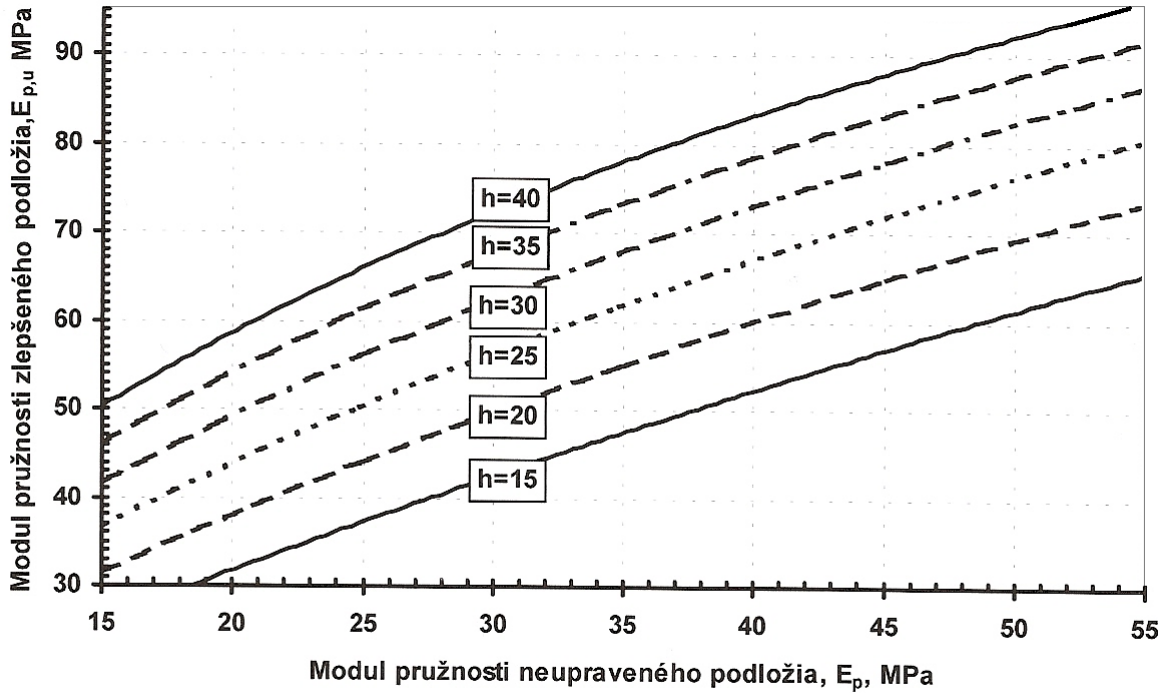
- P3.1 Zvýšenie únosnosti podložia vrstvou s výpočtovým modulom pružnosti
 $E = 120 \text{ MPa}$
- P3.2 Zvýšenie únosnosti podložia vrstvou s výpočtovým modulom pružnosti
 $E = 150 \text{ MPa}$
- P3.3 Zvýšenie únosnosti podložia vrstvou s výpočtovým modulom pružnosti
 $E = 200 \text{ MPa}$
- P3.4 Zvýšenie únosnosti podložia vrstvou s výpočtovým modulom pružnosti
 $E = 350 \text{ MPa}$
- P3.5 Zvýšenie únosnosti podložia vrstvou s výpočtovým modulom pružnosti
 $E = 600 \text{ MPa}$



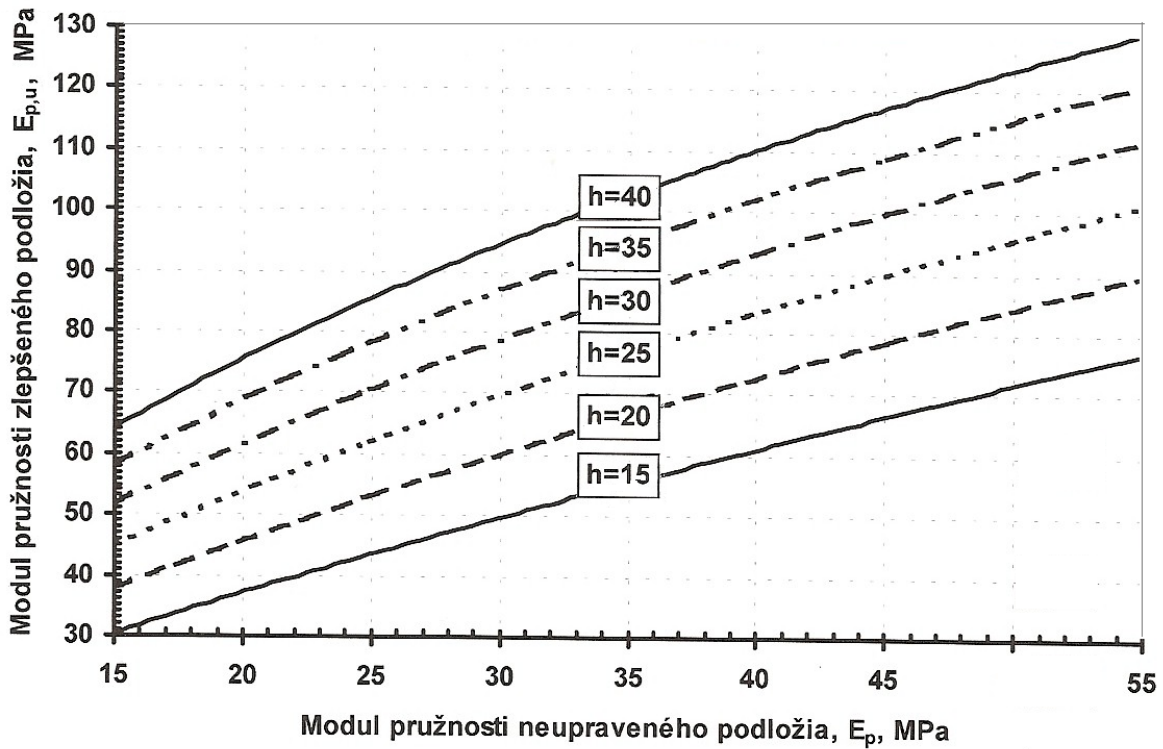
Obr. P 3.1 Zvýšenie únosnosti podložia vrstvou s modulom pružnosti $E = 120$ MPa



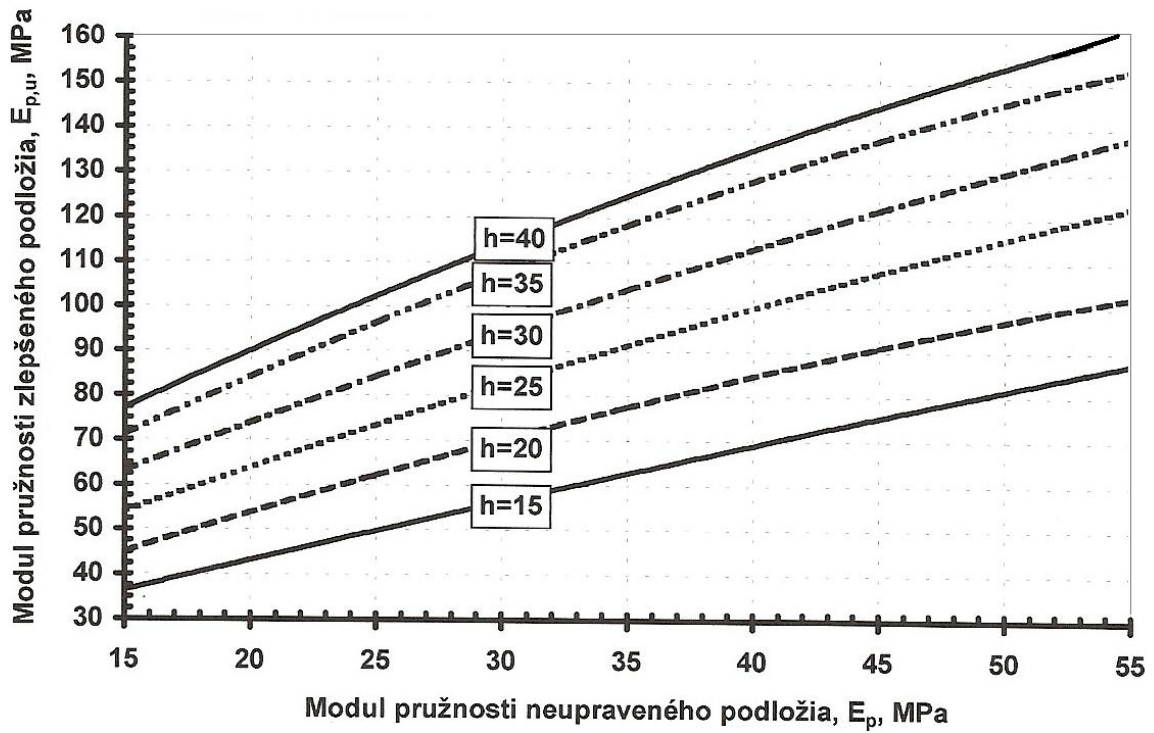
Obr. P 3.2 Zvýšenie únosnosti podložia vrstvou s modulom pružnosti $E = 150$ MPa



Obr. P 3.3 Zvýšenie únosnosti podlažia vrstvou s modulom pružnosti $E = 200$ MPa



Obr. P 3.4 Zvýšenie únosnosti podlažia vrstvou s modulom pružnosti $E = 350$ MPa



Obr. P 3.5 Zvýšenie únosnosti podložia vrstvou s modulom pružnosti $E = 600$ MPa

PRÍLOHA 4.1

Výpočtové hodnoty parametrov cementovej stabilizácie a kameniva stmeleného hydraulickým spojivom (STN EN 1097, STN EN 14227 – 1, STN 73 6124)

| Materiál (zmes) | Modul pružnosti E (MPa) | Poissonovo číslo μ | Pevnosť v ťahu pri ohybe R (MPa) | Parametre únavy | | Súčiniteľ λ W.m ⁻¹ K ⁻¹ |
|-------------------------|-------------------------------|------------------------------|--|-----------------|-------|---|
| | | | | a | b | |
| CBGM C _{5/6} | 1 200 | 0,25 | 0,50 | 1,0 | 0,095 | 1,75 |
| CBGM C _{3/4} | 1 000 | 0,25 | 0,40 | 1,0 | 0,097 | 1,75 |
| CBGM C _{1,5/2} | 700 | 0,30 | 0,30 | 1,0 | 0,099 | 1,50 |
| CBGM C _{12/15} | 2 500 | 0,22 | 1,00 | 1,0 | 0,091 | 2,15 |
| CBGM C _{8/10} | 2 000 | 0,22 | 0,80 | 1,0 | 0,093 | 2,15 |
| B I | 27 000 | 0,20 | 3,50 | 1,0 | 0,078 | 2,55 |
| B II | 23 000 | 0,20 | 2,10 | 1,0 | 0,078 | 2,50 |
| B III | 18 000 | 0,20 | 1,60 | 1,0 | 0,078 | 2,50 |
| VB I | 23 500 | 0,20 | 3,50 | 1,0 | 0,100 | 2,50 |
| VB II | 20 000 | 0,20 | 3,00 | 1,0 | 0,100 | 2,50 |
| MCB | 6 000 | 0,20 | 1,10 | 1,0 | 0,090 | 1,20 |

PRÍLOHA 4.2

Výpočtové hodnoty parametrov nestmeleného kameniva pre hornú a spodnú podkladovú vrstvu a pre ochrannú vrstvu (STN 73 6126, STN EN 13285)

| Materiál (zmes) | Modul pružnosti E (MPa) | Poissonovo číslo μ | Pevnosť v ťahu pri ohybe R (MPa) | Súčiniteľ λ w.m ⁻¹ K ⁻¹ |
|--------------------|-------------------------------|------------------------------|--|---|
| ŠP | 120 | 0,35 | 0,025 | 2,30 |
| ŠD | 350 | 0,30 | 0,070 | 2,00 |
| ŠV | 500 | 0,25 | 0,080 | 2,10 |
| MSK | 600 | 0,25 | 0,100 | 1,80 |

PRÍLOHA 4.3**Výpočtové hodnoty parametrov asfaltových zmesí typov AC, SMA, BBTM a PA**

| Materiál (zmes) | Modul pružnosti E (Mpa) | | | Poissonovo číslo μ | | | Pevnosť v ťahu pri ohybe R (MPa) | | | Parametre únavy | | Modul pružnosti t = 60 s, MPa | | Poissonovo číslo t = 60 s | | Súčiniteľ λ W.m ⁻¹ .K ⁻¹ |
|---------------------------------|----------------------------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|--|-------|-------|--------------------|-------|-------------------------------------|-------|------------------------------|-------|---|
| | 0 °C | 11 °C | 27 °C | 0 °C | 11 °C | 27 °C | 0 °C | 11 °C | 27 °C | a | b | 11 °C | 27 °C | 11 °C | 27 °C | |
| AC obrus; I ¹⁾ | 7500 | 5500 | 3000 | 0,21 | 0,3 | 0,4 | 4 | 3,1 | 1,4 | 0,95 | 0,12 | 3000 | 1500 | 0,35 | 0,47 | 1,4 |
| AC lož; I ¹⁾ | 5700 | 4200 | 2000 | 0,21 | 0,3 | 0,4 | 3,4 | 2,70 | 1,2 | 0,95 | 0,11 | 2400 | 1000 | 0,35 | 0,47 | 1,4 |
| AC podklad; I ¹⁾ | 4500 | 3050 | 1250 | 0,21 | 0,33 | 0,44 | 3,2 | 2,4 | 0,95 | 0,95 | 0,11 | 2000 | 800 | 0,35 | 0,47 | 1,15 |
| AC obrus, modifik ²⁾ | 7500 | 6000 | 3750 | 0,21 | 0,3 | 0,4 | 4 | 3,2 | 1,75 | 0,97 | 0,105 | 4800 | 2400 | 0,35 | 0,47 | 1,5 |
| AC lož; modifik. ²⁾ | 5700 | 4600 | 2800 | 0,21 | 0,3 | 0,4 | 3,4 | 2,8 | 1,3 | 0,95 | 0,11 | 3200 | 1600 | 0,35 | 0,47 | 1,4 |
| SMA ³⁾ | 7500 | 6000 | 3750 | 0,21 | 0,3 | 0,4 | 4 | 3,2 | 1,75 | 0,97 | 0,105 | 4800 | 2400 | 0,35 | 0,47 | 1,5 |
| BBTM ⁴⁾ | 7500 | 6000 | 3750 | 0,21 | 0,3 | 0,4 | 4 | 3,2 | 1,75 | 0,97 | 0,105 | 4800 | 2400 | 0,35 | 0,47 | 1,55 |
| PA ⁵⁾ | 7500 | 5000 | 3000 | 0,21 | 0,3 | 0,4 | 4 | 3,1 | 1,4 | 0,95 | 0,12 | 1600 | 800 | 0,35 | 0,47 | 1,4 |

Poznámka:

- 1) Asfaltový betón podľa STN EN 13108-1 s vlastnosťami podľa KLAZ 1/2008
- 2) Asfaltový betón s modifikovaným spojivom podľa STN EN 13108-1 s vlastnosťami podľa KLAZ 1/2008
- 3) Asfaltový koberec mastixový podľa STN EN 13108-5 s vlastnosťami podľa KLAZ 1/2008
- 4) Asfaltový koberec veľmi tenký podľa STN EN 13108-2 s vlastnosťami podľa KLAZ 1/2008
- 5) Asfaltový koberec drenážny podľa STN EN13108-7 s vlastnosťami podľa KLAZ 1/2008

PRÍLOHA 4.4**Výpočtové hodnoty parametrov liatych asfaltových zmesí typu MA (STN 73 6122)**

| Materiál (zmes) | Modul pružnosti E (MPa) | | | Poissonovo číslo μ | | | Pevnosť v ťahu pri ohybe R (MPa) | | | Parametre únavy | | Modul pružnosti t = 60 s, MPa | | Poissonovo číslo t = 60s | | Súčiniteľ λ |
|---------------------------|----------------------------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|--|-------|-------|--------------------|------|-------------------------------------|-------|-----------------------------|-------|------------------------------------|
| | 0 °C | 11 °C | 27 °C | 0 °C | 11 °C | 27 °C | 0 °C | 11 °C | 27 °C | a | b | 11 °C | 27 °C | 11 °C | 27 °C | W.m ⁻¹ .K ⁻¹ |
| MA 8, MA 11 ¹⁾ | 7500 | 5000 | 3000 | 0,21 | 0,33 | 0,44 | 4,00 | 3,10 | 1,40 | 0,95 | 0,12 | 3000 | 1500 | 0,35 | 0,47 | 1,55 |
| MA 16 ¹⁾ | 5700 | 4200 | 2000 | 0,21 | 0,33 | 0,44 | 3,4 | 2,70 | 1,20 | 0,95 | 0,11 | 2400 | 1000 | 0,35 | 0,47 | 1,40 |

Poznámka :

¹⁾ Zmesi liateho asfaltu podľa zrnitosti kameniva s vlastnosťami podľa KLAZ 1/2008, SSC.**PRÍLOHA 4.5****Výpočtové hodnoty parametrov prelievaných vrstiev (STN 73 6127) a vtláčaných úprav (STN 73 6128, STN EN 13108-4)**

| Materiál (zmes) | Modul pružnosti E (Mpa) | | | Poissonovo číslo μ | | | Pevnosť v ťahu pri ohybe R (MPa) | | | Parametre únavy | | Súčiniteľ λ |
|--------------------|----------------------------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|--|-------|-------|--------------------|------|------------------------------------|
| | 0 °C | 11 °C | 27 °C | 0 °C | 11 °C | 27 °C | 0 °C | 11 °C | 27 °C | a | b | W.m ⁻¹ .K ⁻¹ |
| ACB | 8000 | 6500 | 4500 | 0,2 | 0,28 | 0,37 | 5 | 4 | 2,1 | 0,97 | 0,1 | 1,55 |
| KAPS I | | 2000 | | | 0,25 | | | 0,8 | | 0,97 | 0,1 | 1,55 |
| KAPS II | | 1200 | | | 0,25 | | | 0,5 | | 0,95 | | |
| PMJ, PMH | 1900 | 1100 | 500 | 0,21 | 0,33 | 0,44 | 1,3 | 1 | 0,35 | 0,95 | 0,1 | 1,65 |
| VAB I, VAB II * | 7500 | 5500 | 3000 | 0,21 | 0,33 | 0,44 | 4 | 3,1 | 1,4 | 0,95 | 0,12 | 1,4 |
| VM | 1900 | 1100 | 500 | 0,21 | 0,33 | 0,44 | 1,3 | 1 | 0,35 | 0,95 | 0,11 | 1,65 |

Poznámka:

* obvykle používaný pri opravách.

PRÍLOHA 5.1**Návrh obnovy konštrukcie vozovky**

Návrh obnovy konštrukcie vozovky obsahuje technické riešenie (prípadne variantné riešenia) obnovy funkčnej spôsobilosti vozovky pozemnej komunikácie a jeho technické posúdenie (z hľadiska mechaniky vozovky) a technicko-ekonomické posúdenie. Návrh obnovy by mal obsahovať aj opis predpokladov o prevádzkovej spôsobilosti a životnosti jednotlivých vrstiev počas životnosti vozovky (scenár rehabilitácie).

Odporúčané časti a obsah návrhu :

- A Predpoklady o degradácii konštrukcie vozovky ako celku a jednotlivých parametrov :
 - a) rovnosť povrchu vozovky,
 - b) drsnosť povrchu,
 - c) únosnosť (mechanická účinnosť) vozovky.
- B Definovanie degradačných modelov a degradačných funkcií
- C Materiálové a technologické varianty obnovy vozovky
- D Návrh cyklov obnovy (termíny) počas návrhového obdobia
- E Technicko-ekonomické posúdenie a porovnanie variantov, pričom medzný stav treba posudzovať podľa aktuálnych kritérií správcu pozemných komunikácií .

PRÍLOHA 5.2**Výpočty trvalých deformácií**

Deformačné vlastnosti asfaltových vozoviek a ich odozva pri štandardnom a neštandardnom zaťažení sú také, že pre výpočet trvalých deformácií a odvodzovanie hĺbky koľají treba rozlišovať prípady :

- A) vozovka je netuhá - NT
 - B) vozovka je polotuhá - PT
- pričom môžu byť zaťažované
- a) štandardným zaťažením: pohybujúcimi sa vozidlami, resp. nákladnými automobilmi priemernou rýchlosťou 60 km/h ,
 - b) štandardným aj neštandardným zaťažením, t.j. aj vozidlami, ktoré brzdia, stoja a akcelerujú.

Výpočet trvalej deformácie netuhej asfaltovej vozovky

Trvalá deformácia asfaltovej vozovky s netuhou konštrukciou sa vyráta pomocou modelu, pričom sa urobí súčet trvalých deformácií jednotlivých vrstiev (a podložia). Súčet sa vyjadruje všeobecnou rovnicou

$$Y_{trv,NT} = K_p \cdot y_p + \sum_{i=1}^{i=n} K_i (y_{pr,i} - y_{pr,i+1}) \quad (P 5.1)$$

- kde:
- y_p pružný priehyb na povrchu podložia vyrátaný pomocou modelu vozovky,
 - $y_{pr,i}$ pružný priehyb naspodku vrstvy i ,
 - $y_{pr,i+1}$ pružný priehyb naspodku vrstvy $i+1$ (hornej vrstvy),
 - K_p, K_i deformačné súčinitele, ktoré vyjadrujú pomer pružnej a trvalej deformácie zeminy v podloží a rôznych materiálov vrstiev vozovky, ktoré sú závislé od počtu opakovania zaťaženia N .

Pružné priehyby sa vypočítajú od zaťaženia návrhovou nápravou s hmotnosťou 10 ton ($2P = 100$ kN). Vo výpočtoch trvalých deformácií netuhej asfaltovej vozovky od pohybujúcich vozidiel sa uvažuje dopravné zaťaženie pripadajúce na ročné obdobia jar a jeseň a v lete.

S uvážením veľkosti zaťaženia a podmienok bude tvar rovnice (P 5.1) nasledovný:

$$Y_{trv,NT} = K_p \cdot y_p + \sum_{i=1}^n K_{i,l} (y_{pr,i,l} - y_{pr,i-1,l}) + \sum_{i=1}^n K_{i,j} (y_{pr,i,j} - y_{pr,i-1,j}) \quad (\text{P 5.2})$$

kde: $K_{i,l}$ je deformačný súčiniteľ materiálu vrstvy i , ktorý sa vyráta pomocou rovnice:

$$K_{i,l} = m \cdot N_l^n \quad (\text{P 5.3})$$

pričom $N_l = 0,3 \cdot N_c$ a súčiniteľ m , respektíve exponent n sú pre rôzne materiály v tab. P 5.1.

$K_{i,j}$ deformačný súčiniteľ materiálu vrstvy i , pričom $N_j = 0,5 \cdot N_c$,

K_p deformačný súčiniteľ zeminy v podloží, ktorý je uvedený v tab. P 5.2

pričom

$$N_{def} = 0,5 N_c + 0,3 N_c$$

kde N_c je návrhové dopravné zaťaženie (pre celé návrhové obdobie) vyjadrené počtom návrhových náprav.

Tabuľka P 5.1 Súčiniteľ m a exponent n pre výpočet deformačného súčiniteľa K

| Materiál | m | n |
|------------------------|-----|------|
| Asfaltové zmesi AC, PA | 4,5 | 0,23 |
| AC modifik., SMA, BBTM | 3,5 | 0,22 |
| MA | 4,5 | 0,21 |
| AC podklad. | 4,5 | 0,25 |
| AC podklad, modifik. | 4,4 | 0,24 |
| Nestmelené kamenivo | | |
| ŠP | 2,0 | 0,30 |
| ŠD, ŠV | 2,0 | 0,25 |
| MSK | 2,5 | 0,22 |
| Makadamy | | |
| VA, PM | 4,0 | 0,25 |
| Vtláčaná úprava | | |

Tabuľka P 5.2 Deformačný súčiniteľ K_p zeminy v podloží

| Parametre podložia | K_p |
|------------------------|---------------------------|
| $E_{p,n} \leq 45$ MPa | $1,3 + 0,70 \log N_{def}$ |
| $E_{p,n}$ 45 až 60 MPa | $1,3 + 0,65 \log N_{def}$ |
| $E_{p,n} > 60$ MPa | $1,3 + 0,60 \log N_{def}$ |

Vo výpočte trvalých deformácií netuhej asfaltovej vozovky od štandardného aj neštandardného zaťaženia vozidlami, ktoré brzdia, stoja a akcelerujú (prípady a, b), treba z počtu návrhových náprav N_{def} určiť časť, ktorá predstavuje neštandardné zaťaženie. V prípade, že investorom (zadávatelom) toto nie je definované, potom uvažujeme, že časť vozidiel s nepriaznivými účinkami tvorí 60 % (N_{def}). Z počtu vozidiel, ktorých účinkov sa uvažuje pri stredných podmienkach (jar, jeseň) je ich časť

$$0,6 \times 0,5 N_c = 0,30 N_c \quad (\text{P 5.4})$$

a pri podmienkach v lete

$$0,6 \times 0,3 N_c = 0,18 N_c \quad (\text{P 5.5})$$

Pri výpočte trvalých deformácií od týchto vozidiel treba upraviť vstupné údaje a parametre modelu vozovky tak, že deformačné parametre (E , μ) materiálov vrstiev sa uvažujú pre trvanie zaťaženia $t = 60$ s (príloha P4).

Počet návrhových náprav so štandardným účinkom, ktorý sa uvažuje časťou 40 % je pri výpočtoch deformačného súčiniteľa :

$$\begin{aligned} - K_{i,j} \text{ (pre stredné podmienky)} & 0,4 \times 0,5 N_c = 0,20 N_c \\ - K_{i,l} \text{ (pre podmienky v lete)} & 0,4 \times 0,3 N_c = 0,12 N_c \end{aligned}$$

Výpočet trvalej deformácie polotuhej asfaltovej vozovky

Trvalá deformácia asfaltovej vozovky s polotuhou konštrukciou sa vyráta pomocou modelu, pričom sa urobí súčet trvalých deformácií len asfaltových vrstiev na polotuhých alebo tuhých nosných vrstvách. Súčet sa vyjadruje rovnicou

$$Y_{trv,PT} = \sum_{i=1} K_i (y_{pr,i} - y_{pr,i+1}) \quad (\text{P 5.6})$$

kde: $y_{pr,i}$ pružný prieťah naspodku vrstvy i ,
 $y_{pr,i+1}$ pružný prieťah naspodku vrstvy $i+1$ (hornej vrstvy, resp. pre vrstvu $i = 1$ na povrchu vozovky),
 K_i deformačný súčiniteľ materiálu vrstvy i , závislý od počtu opakovaní zaťaženia N_{def} .

Pružné prieťahy sa vypočítajú od zaťaženia návrhovou nápravou pre podmienky na jar a jeseň a podmienky v lete. S uvážením veľkosti zaťaženia (počtu opakovaní zaťaženia) a podmienok sa rozpisuje tvar rovnice (P 5.6) nasledovne :

$$Y_{trv,PT} = \sum_{i=1}^n K_{i,l} (y_{pr,i,l} - y_{pr,i+1}) + \sum_{i=1}^n K_{i,j} (y_{pr,i,j+1,j}) \quad (\text{P 5.7})$$

kde: $K_{i,l}$ deformačný súčiniteľ materiálu i , ktorý sa vyráta pomocou rovnice (P 5.3),
 $K_{i,j}$ deformačný súčiniteľ materiálu vrstvy i , pričom $N_j = 0,5 N_c$.

Pri výpočte trvalých deformácií od štandardného aj neštandardného zaťaženia sa uvažuje, že iba 40 % vozidiel (resp. návrhových náprav) sa plynulo pohybuje a má štandardné účinky, ale 60 % vozidiel má neštandardné účinky, lebo vozidlá brzdia, stoja a akcelerujú. Z počtu vozidiel, ktorých účinkov sa uvažuje pri stredných podmienkach (jar, jeseň) je ich časť

$$0,6 \times 0,5 N_c = 0,30 N_c$$

a pri podmienkach v lete

$$0,6 \times 0,3 N_c = 0,18 N_c$$

Pri výpočte trvalých deformácií od týchto vozidiel treba upraviť vstupné údaje a parametre modelu vozovky tak, že deformačné parametre (E , μ) materiálov vrstiev sa uvažujú pre trvanie zaťaženia $t = 60$ s (príloha P4).

PRÍLOHA 5.3

Kritériá pre hĺbku koľají

Hĺbka koľají na povrchu netuhej vozovky sa vyráta pomocou empirického vzťahu

$$H_K = 1,40 \cdot Y_{trv,NT} \quad (P 5.8)$$

Hĺbka koľají na povrchu polotuhej vozovky sa vyčíta pomocou empirického vzťahu

$$H_K = 1,20 \cdot Y_{trv,PT}. \quad (P 5.9)$$

Návrh konštrukcie asphaltovej vozovky z hľadiska tvorby koľají vyhovuje, ak hĺbka koľají H_K bude menšia, ako prípustné hodnoty :

- pre vozovky na diaľnici a rýchlostných komunikáciách 20,0 mm,
- pre vozovky na cestách I. a II. triedy 25,0 mm,
- pre vozovky na cestách III. triedy 30,0 mm.

Poznámka: Investor komunikácie môže dopĺňujúce kritériá hĺbky koľají upraviť.

PRÍLOHA 6.1**Posúdenie návrhu konštrukcie asfaltovej vozovky, aplikácia základných kritérií**

| Aplikácia základných kritérií | | Dopravné zaťaženie N_c | | | Poznámky | | |
|-------------------------------|----------|--------------------------|---------------------|----------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|
| | | $\leq 1.10^5$ | $1.10^5 - 25.10^6$ | $> 25.10^6$ | | | |
| Konštrukcia vozovky | Netuhá | A | (6.1), (6.2), (6.3) | | | $R_v \geq R_{v,potr}$ | |
| | | B | B1 | (6.4) | | $SV \leq 0,95$ | |
| | | | B2 | | (6.5), (6.6), (6.7) | (6.7) a doplň. kritériá | SV podľa tab. 6.1 * |
| | | C | C1 | (6.8) | | | $SV_f < 1,0(0,95R)$ |
| | | | C2 | | (6.9) | | $SV_f < 1,0(0,85R)$ |
| | | D | D1 | (6.10), (6.11) | | | $k' = 1.10^{-3}$ |
| | D2 | | | (6.12), (6.13) | | $k = f(N_c)$ | |
| | Polotuhá | A | (6.1), (6.2), (6.3) | | | $R_v \geq R_{v,potr}$ | |
| | | B | B1 | (6.14) | | $SV \leq 0,85$ | |
| | | | B2 | | (6.15) | (6.15) a doplň. kritériá | SV podľa tab. 6 |

* Poznámka.: Doplňujúce kritériá stanoví investor, pričom môže upraviť súčiniteľ využitia pevnosti materiálov uvedený v tab. 6.1.

PRÍLOHA 6.2**Príklad výpočtu netuhej vozovky****1. Návrh a posúdenie netuhej vozovky****1.1 Základné údaje**

- dopravné zaťaženie: podľa sčítania dopravy v r.2000 na danom úseku cesty II. triedy bolo 35 nákladných vozidiel za 24 hodín v jednom smere,
- klimatické podmienky v regióne možno charakterizovať indexom mrazu $I_{m,n} = 400 \text{ }^{\circ}\text{C}$, deň.
- v podloží vozovky sú jemnozrnné namrzavé zeminy; na väčšej časti úseku sa predpokladá pendulárny vodný režim a návrhová únosnosť podložia $E_{p,n} = 30 \text{ MPa}$.

1.2 Vstupné údaje

- vzhľadom na malé dopravné zaťaženie a kategóriu cesty uvažuje sa návrhové obdobie $n_o = 5,5$ roka; návrhové dopravné zaťaženie sa vypočíta na základe výsledkov sčítania dopravy v r. 2000 s uvážením rastu dopravy pre roky 2005 (začiatok používania cesty) a 2010. Podľa údajov SSC sú výhľadové koeficienty rastu dopravy na cestách II. triedy :

- pre rok 2005 1,15

- pre rok 2010 1,35.

Priemerný počet nákladných vozidiel pre celé návrhové obdobie (za 24 hodín v jednom smere) :

$$NV_p = 0,5 (1,15 + 1,35) \cdot 35 = 43,75$$

Redukovaný počet nákladných vozidiel podľa vzťahu (5.3) bude

$$NV_{red} = NV_p \cdot C1 \cdot C2 \cdot C3 \cdot C4$$

kde jednotlivé súčinitele majú hodnoty :

$C1$ - rozdelenie dopravy do smerov - neuvažujeme, pretože zo sčítania sme vzali údaj len pre jeden smer (dimenzovaný pruh),

$C2$ - rozdelenie v priečnom profile - uvažujeme 1,0 lebo pôjde o šírku pruhu 3,0 m, $C3$ - vyťaženie vozidiel - na základe predpokladu vyťaženia 70 % je hodnota 0,53, $C4$ - zvýšený účinok vozidiel neuvažujeme (= 1,0)

$$NV_{red} = 43,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,53 = 23,18.$$

Celkový počet nákladných vozidiel za návrhové obdobie bude

$$NV_c = NV_{red} \cdot 365 \cdot n_o$$

$$NV_c = 23,18 \cdot 365 \cdot 5,5$$

$$NV_c = 46533,85$$

Celkový počet návrhových náprav s ekvivalentným účinkom bude

$$N_c = C5 \cdot NV_c$$

kde $C5$ budeme uvažovať pre netuhú vozovku 2,0

$$N_c = 2 \times 46533,85$$

$$N_c = 93\,067,7$$

Pre ďalšie výpočty uvažujeme $N_c = 100\,000$ ($1 \cdot 10^5$)

1.3 Návrh konštrukcie

Na základe skúseností a poznatkov a s uvažovaním podmienok navrhujeme vozovku s vrstvami :

1. 40 mm asfaltový betón AC 11 O; II
2. 50 mm asfaltový betón AC 22 L; II
3. 80 mm obaľované kamenivo AC 22 P; II
4. 150 mm štrkodrvina ŠD
5. 200 mm štrkopiesok ŠP

Na posúdenie návrhu konštrukcie vozovky je nutné vykonať výpočet napätí (σ_z , σ_r) vo vrstvách a to pre zaťaženie :

- a) štandardnou nápravou 2P = 100 kN s parametrami :
 $p = 0,60$ MPa, $a = 115,2$ mm, $d = 344$ mm
- b) nápravou s prípustným zaťažením 2P = 115 kN s parametrami :
 $p = 0,65$ MPa, $a = 118,7$ mm, $d = 344$ mm.

1.4 Výpočty

Výpočet urobíme programom LAYMED a to pre tri obdobia s teplotami asfaltových vrstiev 0, +11 a +27°C s modulmi pružnosti pre tieto podmienky E (MPa) / Poissonovo číslo (μ) :

| | | | |
|-------------|-----------|-----------|-----------|
| 1. vrstva : | 7500/0,21 | 5500/0,30 | 3000/0,40 |
| 2. vrstva : | 7500/0,21 | 5500/0,33 | 3000/0,44 |
| 3. vrstva : | 4500/0,21 | 3050/0,33 | 1250/0,44 |
| 4. vrstva : | 350/0,30 | 350/0,30 | 350/0,30 |
| 5. vrstva : | 120/0,35 | 120/0,35 | 120/0,35 |
| podložie: | 30/0,45 | | |

Pri dokonalom spojení jednotlivých vrstiev boli vypočítané vertikálne napätia a radiálne napätia naspodku vrstiev. Pre účely posúdenia návrhu vozovky možno urobiť nasledovný prehľad (výpis) hodnôt napätí :

| Vrstva č. | z cm | Teplota °C | 2P = 100 kN | | 2P = 115 kN | |
|--------------|---------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | σ_z MPa | σ_r MPa | σ_z MPa | σ_r MPa |
| 3 | 17 | 0 | | 0,758 | | 0,875 |
| | | 11 | | 0,642 | | 0,743 |
| | | 27 | | 0,327 | | 0,379 |
| | | (11) | | 0,687 | | 0,794 |
| 4 | 32 | 0 | | 0,800 | | 0,092 |
| | | 11 | | 0,090 | | 0,104 |
| | | 27 | | 0,114 | | 0,131 |
| | | (11) | | 0,104 | | 0,119 |
| 5 | 52 | 0 | -0,014 | 0,031 | -0,016 | 0,035 |
| | | 11 | -0,015 | 0,034 | -0,018 | 0,039 |
| | | 27 | -0,018 | 0,042 | 0,021 | 0,048 |
| | | (11) | 0,012 | 0,046 | -0,013 | 0,053 |

1.5 Posúdenie

Pri posudzovaní návrhu konštrukcie netuhej vozovky použijeme kritériá, ktoré sú uvedené v smernici.

A. Ochrana proti účinkom premŕzania

$$R_V \geq R_{V,potr.}$$

$$R_V = \sum \frac{h_i}{\lambda_i} = \frac{0,04}{1,40} + \frac{0,05}{1,40} + \frac{0,08}{1,15} + \frac{0,15}{2,0} + \frac{0,20}{2,30}$$

Tepelný odpor navrhutej vozovky je $R_V = 0,2957 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

Potrebný tepelný odpor zistíme z tab. 4.5 pre triedu dopravného zaťaženia V - VI, namŕzavú zeminu, pendulárny vodný režim a návrhový index mrazu 400°C , deň : $R_{V,potr.} = 0,224 \text{ W.m}^{-1} \text{ .K}^{-1}$. Kritérium je splnené, pretože $R_V > R_{V,potr.}$.

B. Pevnosť a únava stmelených materiálov

Pretože $N_c < 1.10^5$ berieme kritérium podľa vzťahu (6.4)

$$\frac{\sigma_{r,i,l}}{R_{i,l}} \leq SV$$

kde: $\sigma_{r,i,l}$ je najväčšie radiálne napätie vo vrstve od zaťaženia $2P = 115 \text{ kN}$. Podľa výpisu vo vrstve č.3 pre $z = 17 \text{ cm}$ je to $0,379 \text{ MPa}$.

Podmienka $\frac{\sigma_r}{R_i}$ bude $\frac{0,379}{0,95} = 0,399$

Kritérium je splnené, pretože $0,399 < 0,95$.

C. Stabilita nestmeleného materiálu

Pre $N_c < 1.10^5$ bude platiť podmienka (6.8) :

$$SV_f = \frac{\sigma_{r,i,max,115}}{0,95 \cdot R_{i,f}} \leq 1,0$$

kde: $\sigma_{r,i,max,115}$ vo vrstve č. 4 pre $z = 32 \text{ cm}$ je $0,131 \text{ MPa}$. Efektívna pevnosť štrkodrviny je $0,070 \text{ MPa}$.

$$SV_f = \frac{0,131}{0,95 \cdot 0,070} = 1,9699 > 1,0$$

Kritérium nie je splnené, pretože $1,97 > 1,0$.

D. Stabilita podložia

Pri posudzovaní stability podložia sa požaduje splnenie kritéria $\sigma_{z,max} \leq \sigma_{z,dov}$. (6.10)

Vyrátané maximálne vertikálne napätie pre $2P = 115 \text{ kN}$ na podloží ($z = 52 \text{ cm}$) je $-0,021 \text{ MPa}$.

Dovolené vertikálne napätie je

$$\sigma_{z,dov} = 0,001 \cdot E_{p,n,j} \quad (6.11)$$

$$\sigma_{z,dov} = 0,001 \cdot 18 = 0,018 \text{ MPa}$$

Kritérium nie je splnené, pretože $0,021 > 0,018$.

Záver: návrh vozovky vyhovuje pre pevnosť a únavu stavebných materiálov a nevyhovuje kritériu stability nestmelených materiálov a stability podložia. Pre splnenie týchto kritérií treba zväčšiť hrúbku ŠD a výpočet opakovať.

PRÍLOHA 6.3**Príklad výpočtu polotuhej vozovky****2. Návrh a posúdenie polotuhej vozovky****2.1 Základné údaje :**

- dopravné zaťaženie : podľa sčítania dopravy v r. 2000 na danom úseku cesty I. triedy bolo 2450 nákladných vozidiel za 24 hodín v oboch smeroch;
- klimatické podmienky v mieste stavby sú charakterizované návrhovou hodnotou indexu mrazu $I_{m,n} = 500^\circ \text{C}$, deň
- v podloží vozovky je jemnozrnná mierne namrzavá zemina; na väčšej časti úseku sa predpokladá pendulárny vodný režim a únosnosť podložia hodnotou $E = 30 \text{ MPa}$.

2.2 Vstupné údaje

Vzhľadom na veľké dopravné zaťaženie a kategóriu cesty uvažujeme návrhové obdobie $n_o = 20$ rokov.

Návrhové dopravné zaťaženie vyrátame z počtu nákladných vozidiel v r. 2000 s uvážením rastu dopravy. Výhľadové koeficienty (podľa údajov Slovenskej správy ciest) rastu dopravy na cestách I. triedy sú :

- pre rok 2005 1,39
- pre rok 2025 1,87.

Priemerný počet nákladných vozidiel (počas 20 rokov)

$$NV_p = 0,5 (1,39 + 1,87) \cdot 2450 = 3394$$

Redukovaný počet nákladných vozidiel podľa vzťahu (5.3) bude

$$NV_{red} = NV_p \cdot C1 \cdot C2 \cdot C3 \cdot C4$$

pričom jednotlivé súčinitele majú hodnoty :

- $C1$ - rozdelenie dopravy do smerov, 0,5
- $C2$ - rozdelenie v priečnom profile pre cesty I. triedy, 0,9
- $C3$ - vyťaženie vozidiel - uvažujeme 80 %, 0,65
- $C4$ - zvýšený účinok vozidiel neuvažujeme (1,0).

Po dosadení hodnôt súčiniteľov dostaneme

$$NV_{red} = 3394 \cdot 0,5 \cdot 0,9 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 1168,09$$

Celkový počet nákladných vozidiel za návrhové obdobie (na dimenzovanom pruhu cesty) bude

$$NV_c = NV_{red} \cdot 365 \cdot 20$$

$$NV_c = 1168,09 \cdot 365 \cdot 20$$

$$NV_c = 8\,527\,121$$

Celkový počet návrhových náprav ($2P = 100 \text{ kN}$) s ekvivalentným účinkom bude

$$N_c = C5 \cdot NV_c$$

kde $C5$ budeme uvažovať pre polotuhú vozovku 1,82 :

$$N_c = 1,82 \cdot 8\,527\,121$$

$$N_c = 15\,553\,469$$

Pre ďalšie výpočty uvažujeme $N_c = 15 \cdot 10^6$.

Na väčšej časti úseku cesty sa predpokladá únosnosť podložia 30 MPa. Podľa požiadaviek uvedených

v smernici treba, aby na cestách pre stredné dopravné zaťaženie návrhová únosnosť bola najmenej 40 MPa (inak by to boli tzv. neštandardné podmienky). V súlade s ustanoveniami technických podmienok bola navrhnutá úprava s pridaním ďalšej vrstvy mechanicky spevnenej zeminy hrubej 200 mm (s modulom pružnosti $E = 150$ MPa). Podľa grafov v prílohe P3 môžeme zistiť, že na úrovni tejto vrstvy bude modul pružnosti $E \approx 45$ MPa. Čo sa týka ďalších výpočtov vozovky budeme vrstvu uvažovať samostatne.

2.3 Návrh konštrukcie

Na základe skúseností a s uvážením konštrukčných zásad a technických podmienok navrhujeme konštrukciu vozovky s vrstvami :

1. 40 mm asfaltový koberec mastixový SMA 11
2. 60 mm asfaltový betón AC 22 L; I
3. 100 mm obalované kamenivo AC 22 P; II
4. 170 mm cementová stabilizácia CBGM C_{5/6}
5. 200 mm štrkodrvina ŠD
6. 200 mm mechanicky spevnená zemina MS

2.4 Výpočty

Pre posúdenie návrhu konštrukcie vozovky je nutné vykonať výpočet napätí (σ_z , σ_r) vo vrstvách a to pre zaťaženie :

- a) štandardnou nápravou $2P = 100$ kN s parametrami :
 $p = 0,60$ MPa, $a = 115,2$ mm, $d = 344$ mm
- b) nápravou s prípustným zaťažením $2P = 115$ kN s parametrami :
 $p = 0,65$ MPa, $a = 118,7$ mm, $d = 344$ mm.

Výpočty sa vykonávajú programom LAYMED a to pomocou modelu, pričom pre vrstvy z asfaltových zmesí uvažujeme deformačné parametre pre tri teploty : 0°C , $+11^\circ\text{C}$ a $+27^\circ\text{C}$.
 Stručný zápis parametrov E (MPa)/ Poissonovo číslo (μ) pre jednotlivé vrstvy :

| | | | |
|----------|-------------|-------------|-------------|
| 1. | 7500 / 0,21 | 6000 / 0,30 | 3750 / 0,40 |
| 2. | 7500 / 0,21 | 5500 / 0,30 | 3000 / 0,40 |
| 3. | 5700 / 0,21 | 4200 / 0,30 | 2000 / 0,40 |
| 4. | 1200 / 0,25 | 1200 / 0,25 | 1200 / 0,25 |
| 5. | 350 / 0,30 | 350 / 0,30 | 350 / 0,30 |
| 6. | 150 / 0,30 | 150 / 0,30 | 150 / 0,30 |
| podložie | 30 / 0,45 | 30 / 0,45 | 30 / 0,45 |

Pre účely posúdenia návrhu konštrukcie vozovky - z hľadiska mechaniky polotuhej vozovky, treba urobiť výpis (prehľad) potrebných hodnôt. Vzhľadom na rozsah výsledkov sa uvedú len radiálne napätia vo vrstvách 3 (AC 22 P; II), 4 (CBGM C_{5/6}) a to pri 0°C , $+11^\circ\text{C}$ a $+27^\circ\text{C}$. Okrem toho na posúdenie stability podložia potrebujeme poznať σ_z (pre $z = 57$ cm), teplotu $+27^\circ\text{C}$ so zaťažením $2P = 115$ kN.

| Vrstva č. | z cm | Teplota oC | σ_r MPa 2P = 100 kN | σ_z MPa 2P = 115 kN |
|--------------|---------|---------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 3 | 20 | 0 | 0,344 | |
| | | 11 | 0,267 | |
| | | 27 | 0,090 | |
| 4 | 37 | 0 | 0,113 | |
| | | 11 | 0,120 | |
| | | 27 | 0,135 | |
| 5 | 57 | | | -0,016 |

2.5 Posúdenie

A. Ochrana proti účinkom premrzania

$$R_V \geq R_{V,potr.}$$

$$R_V = \sum \frac{h_i}{\lambda_i} = \frac{0,04}{1,50} + \frac{0,06}{1,40} + \frac{0,1}{1,40} + \frac{0,17}{1,75} + \frac{0,20}{2,0}$$

$$R_V = 0,33807 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Potrebný teplotný odpor zistíme z tab. 4.5 pre triedu dopravného zaťaženia I, II, mierne namrzavú zeminu, pendulárny vodný režim a návrhový index mrazu $I_{m,n} = 500 \text{ }^\circ\text{C}$, deň: $R_{V,potr} = 0,335$. Kritérium je splnené, $R_V > R_{V,potr}$.

B. Pevnosť a únava stmelených materiálov

Pretože $N_c > 1 \cdot 10^5$ ($15 \cdot 10^6$) aplikujeme kritérium podľa vzťahu (6.15) a to pre vrstvu AC 22 P; I a tiež pre vrstvu CBGM C_{5/6}. Podmienku vyjadrenú vzťahom

$$\sum_j q_j \frac{\sigma_{r,i,j}}{S_{N,i} \cdot R_{i,j}} \leq SV$$

rozpíšeme:

$$0,20 \frac{\sigma_{r,i,z}}{S_{N,i} \cdot R_{i,z}} + 0,5 \frac{\sigma_{r,i,j}}{S_{N,i} \cdot R_{i,j}} + 0,3 \frac{\sigma_{r,i,l}}{S_{N,i} \cdot R_{i,l}} \leq SV$$

Pre vrstvy AC 22 P; I a CBGM C_{5/6} potrebujeme poznať výpočtové pevnosti R_i (MPa) :

$$\begin{array}{lll} \text{AC 22 P; I} & 0 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 3,20 \text{ MPa} & 11 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 2,40 \text{ MPa} & 27 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 0,95 \text{ MPa} \\ \text{CBGM C}_{5/6} & & 0,50 \text{ MPa} & \end{array}$$

okrem toho aj únavu, resp. parametre a_i , b_i a rovnice :

- pre AC 22 P; I $SN = 0,95 - 0,11 \cdot \log 15 \cdot 10^6$
 $SN = 0,1606$
- pre CBGM C_{5/6} $SN = 1,0 - 0,095 \log 15 \cdot 10^6$
 $SN = 0,31827$

Po dosadení do rovnice pre súčiniteľ využitia dostaneme :

- vrstva AC 22 P; I :
$$SV = 0,2 \frac{0,344}{0,1606.3,20} + 0,5 \frac{0,267}{0,1606.2,40} + 0,3 \frac{0,09}{0,1606.0,95}$$

$$SV = 0,65718$$

Požadovaná hodnota SV je 0,80, kritérium je splnené.

- vrstva CBGM C_{5/6} :
$$SV = 0,2 \frac{0,113}{0,31827.0,5} + 0,5 \frac{0,120}{0,31827.0,5} + 0,3 \frac{0,135}{0,31827.0,5}$$

$$SV = 0,7735$$

Požadovaná hodnota SV je 0,80, kritérium je splnené.

D. Stabilita podložia

Stabilitu podložia polotuhej vozovky nemusíme posudzovať, môžeme tak urobiť iba pre informáciu a to s uvážením jednorázového zaťaženia nápravou $2P = 115$ kN. Vertikálne napätie na úrovni pláne - zlepšeného odložia je - 0,016 MPa.

$$\sigma_{z,dov} = \frac{k \cdot E_p}{1 + 0,7 \log N_c}$$

$$\sigma_{z,dov} = \frac{3,46 \cdot 10^{-3} \cdot 45}{1 + 0,7 \log 15 \cdot 10^6}$$

$$\sigma_{z,dov} = 0,0258 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{z,max} \leq \sigma_{z,dov} , \text{ kritérium je splnené}$$

Záver : základné kritériá sa splnili, návrh konštrukcie vyhovel.