

## VEDA, TECHNIKA A INOVÁCIE

### Technický pokrok v cestnom staveiteľstve

*prof. Ing. Ivan Gschwendt, DrSc. Slovenská cestná spoločnosť*

Úlohou cestného staveiteľstva – ako časti dopravných stavieb, je nielen pripraviť, ale najmä realizovať výstavbu ciest, diaľnic a miestnych komunikácií, ako aj starať sa o údržbu, opravu a obnovu vozoviek na cestách a diaľniciach. Všetky tieto činnosti sú technicky aj finančne náročné. Jedným z riešení ako znížiť stavebné náklady, zlepšiť kvalitu a predĺžiť životnosť stavebných objektov (najmä vozoviek), je využitie modernej techniky ako výsledku technického rozvoja, teda použitie nových cestných stavebných materiálov, zdokonalených stavebných postupov a nových technológií. Vývoj cestnej dopravy nadobudol také rozmery, že spoločnosť musí riešiť trvalo udržateľný rozvoj cestného staveiteľstva, teda taký, ktorý berie do úvahy životné prostredie a životný priestor pre ďalšie generácie. Veľmi vážny je problém energetickej náročnosti technológií stavieb a výroby stavebných materiálov. Pri otázkach trvalo udržateľného rozvoja cestného staveiteľstva musíme uvažovať najmä vývoj automobilovej cestnej dopravy.

#### Vývoj automobilovej cestnej dopravy

Napriek meniacim sa ekonomickým podmienkam (v SR, resp. v EÚ) výroba a predaj cestných motorových vozidiel rastie. Napr. v roku 2013 a tiež v roku 2014 vyrobili automobilky v Slovensku takmer 1 milión vozidiel! Prevažná časť tejto výroby sa exportovala, ale podľa evidencie motorových vozidiel môžeme v SR sledovať nasledovný vývoj:

- v roku 1990 registrovaných 1 209 577 vozidiel,
- v roku 2000 registrovaných 1 751 840 vozidiel, z toho 1 400 000 osobných,
- v roku 2010 registrovaných 1 954 000 vozidiel, z toho 1 669 000 osobných,
- v roku 2013 registrovaných 2 622 000 vozidiel, z toho 1 879 000 osobných.

V krajinách EÚ (28) bolo v roku 2012 registrovaných 246 miliónov osobných áut. Čo sa týka intenzity cestnej automobilovej dopravy, môže ju charakterizovať počet vozidiel na diaľnici D1 na úsekoch Bratislava – Senec a Senec – Trnava (všetky vozidlá za 24 hodín v oboch smeroch) v rokoch 1995, 2000 a 2005, pričom v roku 2010 to bolo už viac ako 70 000 vozidiel. Vývoj intenzity dopravy na diaľnici D1 je vidieť v tabuľke (obr.1).

D1	1995	2000	2005
Bratislava - Senec	15 023	22 072	51 307
Senec - Trnava	15 196	22 438	43 981

Obr. 1 Vývoj intenzity dopravy na diaľnici D1

Extrémne zaťažený je úsek D1 na vstupe a na výstupe z Bratislavy (Prístavný most). V rannej špičke a potom popoludní je to 4 000, resp. 3 700 vozidiel za 1 hodinu v jednom smere (podľa špeciálneho sčítania v lete 2014).

Cestná doprava, t. j. doprava osôb a tovarov v porovnaní s inými dopravami stále prevláda. Pri porovnaní výkonov v osobnej doprave bol v EÚ (podľa Eurostatu 2014) podiel cestnej dopravy 81,5% a železničnej iba 7,6%. Na Slovensku bol v roku 2012 podiel týchto výkonov 76,7% a 7,0%. Z dlhodobého hľadiska možno sledovať iba veľmi malý pokles výkonov cestnej osobnej dopravy a súčasne veľmi malý nárast výkonov železničnej osobnej dopravy. V nákladnej doprave (t.j. doprave surovín a tovarov) na cestách a na železnici takýto trend v SR ani v EÚ nepozorujeme.

Pomer výkonov v tkm na cestách v EÚ je asi 4,5 násobkom výkonov na železnici. Treba poznamenať, že z hľadiska životného prostredia je tento stav nepriaznivý. Najmä preto, lebo exhaláty, prach a hluk od dopravy veľmi zhoršujú kvalitu životného prostredia. Niektoré problémy energetickej náročnosti sú v nasledujúcej kapitole.

Na zvládnutie nárokov cestnej dopravy slúži cestná infraštruktúra. Je pomerne hustá (pozri obr. 2), ale na Slovensku je pomerne nízky podiel ciest vyššej kategórie (D, R). Na jej rozvoj a modernizáciu je plán, tzv. Operačný program ako časť operačného programu dopravy.



Obr. 2 Sieť ciest a diaľnic SR

### Energetická náročnosť v cestnom stavitelstve.

Energetická náročnosť cestných stavieb je relatívne veľká, pretože sú to líniové stavby, ktoré veľmi často vedú v členitom teréne. Pri úprave terénu a na stavbe cestného telesa sa ťaží, prepravuje a spracúva veľký objem zemín. Stroje na zemné práce musia byť výkonné a majú veľkú spotrebu pohonných hmôt. Na stavbu mostov a pri zakladaní rôznych stavebných objektov sa musia použiť aj stroje a technológie pri ktorých sa spotreba energie neposudzuje, lebo tieto sú nevyhnutné. Možno povedať, že aj na stavbu vozoviek sa používajú cestné stavebné materiály (zmesi), ktorých samotná výroba a potom spracovanie sú energeticky náročné.

Údaje o energetickej náročnosti výroby základných stavebných materiálov (kameniva, spojív), miešania, dopravy a spracovania zmesí na stavbe sa začali zisťovať pomerne neskoro, asi pred 25 až 30 rokmi. V roku 1987 sa u nás vypracoval „Katalóg energetickej náročnosti“ (TP 31 Katalóg energetickej náročnosti stavebných silničných materiálov, prací a konstrukci vozoviek, MV ČSR a MV SSR, 1987). Pomocou údajov v katalógu sa mohli napr. porovnávať energetické náročnosti rôznych druhov vozoviek. Priemerné hodnoty energetickej náročnosti výroby jednej tony základných materiálov vyjadrené hodnotami MJ sa uvádzali takto :

- kamenivo ťažené 25 až 50 MJ/t
- drvené 75 až 80 MJ/t
- cement priemerne 6 200 MJ/t
- asfalt ropný, destilačný 50 MJ/t

Energetická náročnosť stavby 1m<sup>2</sup> asfaltovej vozovky pre veľké dopravné zaťaženie bola približne 700 MJ a vozovky s cemento-betónovým krytom takmer 800 MJ. Pretože energetická náročnosť výroby cementu sa postupne zmenšovala, tieto dva druhy vozoviek sú v súčasnej dobe ( z hľadiska energetickej náročnosti) porovnateľné.

Pri porovnávaní energetickej náročnosti základných materiálov treba registrovať, že náročnosť na výrobu prírodného drveného kameniva je stále veľká, čo závisí s veľkou spotrebou vody a elektrickej energie na drvenie a triedenie frakcií kameniva.

Energetická náročnosť výroby asfaltových zmesí (na stavbu asfaltových vozoviek) závisí od typu obaľovacej súpravy a tiež od druhu média. Môžu to byť hodnoty od 300 MJ/t do 500 MJ/t zmesí. Celkové náklady na energiu pri výrobe asfaltových zmesí sa dajú od rôznych výrobcov ťažko zistiť, odhadujeme ich v rozsahu od 15 do 25% celkových nákladov. Ich zníženie výrobcovia sledujú, pretože to môže ovplyvniť celkovú efektívnosť výroby zmesí. Najčastejšie uvádzané spôsoby šetrenia (úspor) energiami na stavbe ciest sú :

- opätovné použitie vybúraných asfaltových zmesí v obaľovacích súpravách za horúca,
- opätovné použitie (recyklovanie) asfaltových zmesí z vrstiev na mieste za horúca,
- opätovné použitie (recyklovanie) asfaltových zmesí z vrstiev na mieste za studena,
- výroba asfaltových zmesí v obaľovacích súpravách pri nízkych teplotách (WMA – nízkoteplotné asfaltové zmesi).

Výskum v oblasti výroby asfaltových zmesí pri teplotách nižších ako sú štandardné (130 – 160°C) sa začal pred viac ako dvadsiatimi rokmi. Podľa súčasných poznatkov sa asfaltové zmesi môžu vyrábať pri teplotách o 20 až 50°C nižších ako sú štandardné a spracovať pri teplotách blízkyh 100°C. Zníženie teploty možno dosiahnuť pomocou chemických prísad, tzv. povrchovo aktívnych látok, ktoré zlepšujú priľnavosť asfaltového spojiva ku kamenivu, organických prísad a voskov, ktoré znižujú viskozitu asfaltového spojiva, špeciálnych postupov, ako je napr. spenenie asfaltu a jeho jemné rozptýlenie pri obaľovaní kameniva.

Podľa FHA (Federal Highway Administration, USA) bolo už v roku 2010 známych až 21 prísad, resp. technologických postupov na výrobu WMA zmesí. Prísada, ako napr. syntetický parafinický vosk, sa pridáva v množstve 0,8 až 4,0% hmotnosti asfaltového spojiva. Povrchovo aktívne látky sa pridávajú v množstve 1,5 až 2,0% hmotnosti asfaltu.

Rôzne prísady na trhu majú svoje obchodné názvy, napr.:

- Zycosoil – organicko – silikónová zlúčenina,
- Sasobit – organická prísada na báze voskov,
- Interflow – chemická prísada na báze aminozlúčenín.

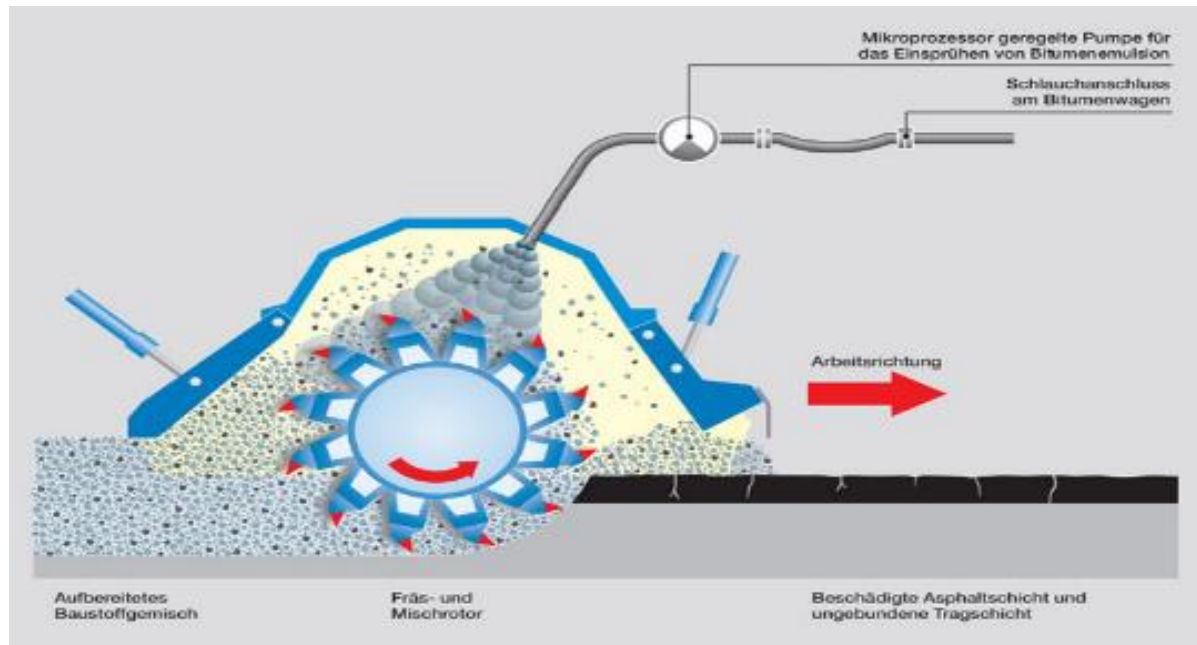
Niektoré veľké stavebné firmy vyrábajú nízkoteplotné zmesi, pre ktoré je celá technológia výroby a spracovania patentovaná. Je to napr. asfaltová zmes na obrusné vrstvy COMPOMAC VR a tiež EVOTHERM DAT 5.

### Opätovné použitie materiálov

Opätovné použitie asfaltových zmesí – ich recyklovanie, je jedným z riešení, ktorým sa dosahuje úspora energie, aj ochraňuje životné prostredie. Pri opätovnom použití vybúraných asfaltových zmesí (vrstiev asfaltovej vozovky) v obaľovacích súpravách sa musí venovať pozornosť úprave zrnitosti vyfrézovanej zmesi a jej homogenizácii. Prakticky to znamená, že frézovanie vrstiev treba robiť selektívne a potom upravovať zrnitosť zmesi. Návrh zloženia zmesi s obsahom R – materiálu sa robí na základe výsledkov laboratórnych skúšok. Zámerom je použitie čo najväčšieho množstva R – materiálu. Pri miešaní zmesi v obaľovacej súprave sa pridávajú prísady, ktorými sa regeneruje „staré“ asfaltové spojivo (pozn.: prísada sa v literatúre označuje „rejuvenátor“). Odporúčané a prípustné množstvo R – materiálu je v technických predpisoch, pričom orientačne je to :

- 20% R – materiálu v zmesi pre obrusnú vrstvu,
- 30% - 40% R- materiálu v zmesi pre ložné vrstvy,
- asi 60% R- materiálu v zmesi pre podkladové vrstvy.

Zatiaľ čo pri stavbe nových asfaltových vozoviek sa používa zmes s R – materiálom vyrobená v obalovacej súprave (za horúca), pri obnove a rekonštrukciách asfaltových vozoviek sa využíva recyklovanie asfaltových zmesí za studena na mieste. V odbornej literatúre je táto technológia hodnotená ako výhodná a efektívna. Kľúčovým strojom je tu fréza – recyklér, ktorá má taký výkon, že dokáže rozpojiť aj viacero vrstiev vozovky s celkovou hrúbkou až 400 mm a potom po pridaní asfaltového spojiva (asfaltovej emulzie alebo speneného asfaltu), prípadne aj hydraulického spojiva a vody potom zmes premiešať. S využitím frézy sa dá urobiť aj kombinácia úpravy podkladu a recyklovanie asfaltových vrstiev krytu. Schéma frézy – hlavného agregátu recykléra, je na obr.3.



Obr. 3 Schéma frézy na recyklovanie vrstiev vozovky

### Vývoj v konštrukciách cestných vozoviek

Samotná vozovka na cestných komunikáciách predstavuje pomerne jednoduchú stavebnú konštrukciu, ale jej prevádzková spôsobilosť a ďalšie vlastnosti podstatne ovplyvňujú funkčnosť cestnej komunikácie. Náklady na stavbu vozovky sú pritom pomerne veľké. Takisto náklady na opravu a obnovu (rehabilitáciu) vozoviek sú podstatnou časťou nákladov vynaložených počas ich životnosti.

Návrhové metódy vozoviek sa vyvíjajú, pričom sa v nich uplatňujú poznatky z mechaniky vozoviek a tiež z monitorovania a hodnotenia stavu tzv. experimentálnych/overovacích úsekov ciest. Časťou návrhovej metódy je dimenzovanie, teraz často nazývané aj výpočtové dimenzovanie. Pri výpočte napätí a pretvorení vrstiev vozovky, ktorých hodnoty sú kritériami a posudzujú sa, používame matematický model viacvrstvého systému. Každú vrstvu s hrúbkou  $h$  (mm) charakterizujú návrhové (výpočtové) hodnoty modulu pružnosti  $E$  (MPa) a Poissonovo číslo ( $\mu$ ). Mieru spolupôsobenia vrstiev možno diferencovať.

Pri zadanom dopravnom zaťažení, únosnosti podložia a ďalších podmienkach jestvuje viacero variantov typu a skladby vozovky. Z hľadiska nákladov, ako aj miery ochrany životného prostredia by sa mala robiť analýza nákladov životného cyklu (LCCA = Life Cycle Cost Analysis). Ukazuje sa a cituje v odbornej literatúre, že výhodné sú konštrukcie vozoviek s veľmi dlhou životnosťou. Podľa kategórie cestnej komunikácie je to najmenej tridsať rokov, ale vývoj PP (Perpetual Pavement) ukazuje až na päťdesiat rokov. Pri návrhu konštrukcie vozovky s dlhou životnosťou treba dôsledne aplikovať poznatky z mechaniky vozoviek a robiť aj úvahu o „hospodárení“ s vozovkou. Z hľadiska mechaniky by mali moduly (pretvárnosti, pružnosti) materiálov vrstiev postupne od vrchu klesať, pričom vzájomné pomery modulov vrstiev majú byť relatívne malé (zásadne nie v desiatkach).



Z hľadiska funkcie vrstiev a mechanických vlastností ich materiálov môžu byť vrstvy smerom k podložíu hrubšie. Jednoduchý záznam týchto pravidiel je :

$$h_1 < h_2 < h_3 < h_4 \dots$$

$$E_1 > E_2 > E_3 > E_4 \dots$$

$$E_1/E_2 \approx E_2/E_3 \approx E_3/E_4$$

Príklad návrhu konštrukcie asfaltovej vozovky s dlhou životnosťou s prihliadnutím na používané cestné stavebné materiály je na schéme:

- SMA 30 – 40 mm koberec asfaltový mastixový
- VMT 120 – 160 mm asfaltový betón s veľkou tuhosťou
- MSK 140 – 180 mm mechanicky spevnené kamenivo, alt. CBGM/C3/4
- ŠD 150 – 200 mm štrkodrvina 0 -32, 0 – 45
- UP 250 – 350 mm upravené podložie, stabilizovaná zemina.

Technický výbor medzinárodnej organizácie PIARC publikoval v roku 2009 príklady vozoviek s dlhou životnosťou, ktoré boli postavené v desiatich krajinách. Boli to asfaltové, betónové aj kompozitné konštrukcie. Pri navrhovaní týchto konštrukcií nemôže chýbať návrh hospodárenia, ktorého obsahom je : návrh cyklov obnovy krytu, prípadne častí konštrukcie, náklady spojené s týmito opatreniami a dĺžka analyzovaného obdobia.

Predpokladáme, že v inovovanom výpočtovom dimenzovaní vozoviek sa uplatnia funkčné charakteristiky cestných stavebných materiálov, najskôr asfaltových zmesí a potom aj ostatných materiálov.

## Záver

Medzi problémy, ktoré prináša budúcnosť v oblasti cestnej dopravy, patrí určite udržateľný rozvoj cestného staviteľstva. Riešenia môže priniesť najmä technický rozvoj tohto odvetvia stavebníctva, v ktorom sa budú uplatňovať nové a zlepšené cestné stavebné materiály, zdokonalené stavebné postupy a nové technológie, napríklad recyklovanie a opätovné použitie stavebných materiálov. Cieľom zostávajú energeticky úsporné cestné komunikácie (ich stavba aj obnova) s minimálnymi emisiami pri stavbe aj ich používaní. V súvislosti s cestami ako súčasťou životného priestoru vznikajú ďalšie nové požiadavky.

