



ROZBOROVÁ ÚLOHA

**ANALÝZA MOŽNOSTÍ POUŽITIA ASFALTOVÝCH
ZMESÍ V CESTNÝCH TUNELOCH Z HĽADISKA ICH
PROTIPOŽIARNEJ BEZPEČNOSTI**

Bratislava november 2021

OBSAH

1	Všeobecné údaje	4
1.1	Cieľ úlohy	4
1.2	Vypracovanie RÚ	4
1.3	Doba riešenia	4
1.4	Súvisiace a citované právne predpisy	4
1.5	Súvisiace a citované normy	5
1.6	Súvisiace a citované Technické predpisy rezortu (TPR)	6
1.7	Súvisiace zahraničné predpisy	6
1.9	Použité skratky	8
2	Úvod do problematiky	9
2.1	Definícia základných pojmov	12
2.2	Hlavné príčiny vzniku požiaru v tuneloch	13
2.3	Mechanizmus horenia v tuneli	14
2.4	Elektromobilita	15
2.5	Preprava nebezpečných vecí	16
2.6	Spomaľovače horenia	18
3	Analýza poznatkov z uplatnenia asfaltových zmesí v tuneloch v zahraničí	19
4	Základné charakteristiky asfaltových zmesí vhodných na použitie v tuneloch	21
5	Vplyv zložiek asfaltovej zmesi na požiarne charakteristiky asfaltovej zmesi	22
5.1	Vplyv asfaltového spojiva na požiarne charakteristiky asfaltovej zmesi	22
5.2	Vplyv zloženia kameniva na požiarne charakteristiky asfaltovej zmesi	23
5.3	Vplyv prísady na požiarne charakteristiky asfaltovej zmesi	23
6	Súčasný stav legislatívy v tejto oblasti	24
6.1	Legislatíva Európskej únie, koncepcia protipožiarnej bezpečnosti tunela	24
6.2	Slovenská legislatíva	25
7	Stanovenie požiarnych charakteristík vybraných typov asfaltových zmesí	25
8	Skúšky asfaltových zmesí	26
8.1	Výsledky skúšok poskytnuté COLAS Slovakia, a. s.	26
8.2	Skúšky v rámci RÚ	27
8.3	Výsledky skúšok reakcie na oheň	29
8.4	Vyhodnotenie skúšok reakcie na oheň	35
9	Klasifikácia reakcie na oheň	36
10	Zásady návrhu vozovky a chodníkov v tuneloch	36
10.1	Vozovky v tuneloch	36
10.2	Chodníky v tuneloch	37
11	Posudzovanie a overovanie nemennosti parametrov asfaltových zmesí	37
11.1	Činnosti výrobcu asfaltovej zmesi a notifikovanej osoby	37
11.2	Uvádzanie na trh	38

11.3	Špecifiká asfaltových zmesí na vozovky v tuneloch.....	38
11.4	Posudzovanie nemennosti parametrov asfaltových zmesí použitých v tuneloch.....	38
12	Závery	38
12.1	Návrh na aktualizáciu súvisiacich TPR.....	39
13	Zosúladenie s požiadavkami praxe	42
14	Návrh Vzorových listov s asfaltovými vozovkami.....	43

1 Všeobecné údaje

1.1 Cieľ úlohy

Cieľom rozborovej úlohy (RÚ) je preukázať možnosť použitia asfaltových zmesí v cestných tuneloch bez zníženia ich bezpečnosti z hľadiska požiarnej ochrany.

Pre splnenie tohto cieľa sa vykonala analýza súčasných poznatkov v zahraničí, stav legislatívy u nás a v EÚ a overili sa reálne požiarne charakteristiky vybraných asfaltových zmesí. Následne bol spracovaný návrh jednotného postupu na preukazovanie protipožiarnej bezpečnosti asfaltových zmesí ich výrobcami v závislosti od maximálne prípustného obsahu asfaltu v zmesi.

V záveroch RÚ sú uvedené návrhy na aktualizáciu súvisiacich Technických predpisov rezortu (TPR).

1.2 Vypracovanie RÚ

Túto RÚ na základe objednávky Slovenskej správy ciest (SSC) vypracovala spoločnosť VUIS – CESTY, spol. s r. o., Lamačská cesta 8, 811 04 Bratislava.

Zodpovední riešitelia: Mgr. Adriana Czímerová, PhD., mobil: 0903 606 142, email: czimerova@vuis-cesty.sk; Ing. Róbert Kovács, mobil: 0911 286 123, e-mail: kovacs@vuis-cesty.sk; Ing. Ľubomír Polakovič, CSc., mobil: 0948 636 317, email: lubopol@gmail.com

Členovia pracovnej skupiny:

Ing. Daniela Čanigová, SSC

Ing. Zuzana Drgon, SSC

Ing. Juraj Fajtl, MV SR, Prezídium HaZZ SR

Ing. Peter Koval', SAAV

Ing. Zora Abaffyová, COLAS Slovakia, a.s.

Ing. Pavol Haršány, NDS, a. s.

1.3 Doba riešenia

Začiatok riešenia apríl 2021, ukončenie december 2021.

1.4 Súvisiace a citované právne predpisy

- [Z1] Zákon č. 135/1961 Zb. o pozemných komunikáciách (cestný zákon), v znení neskorších predpisov;
- [Z2] vyhláška FMD č. 35/1984 Zb., ktorou sa vykonáva zákon o pozemných komunikáciách (cestný zákon);
- [Z3] zákon č. 8/2009 Z. z. o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z4] vyhláška MV SR č. 9/2009 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z5] zákon č. 133/2013 Z. z. o stavebných výrobkoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov, v znení neskorších predpisov;
- [Z6] zákon č. 314/2001 Z. z. o ochrane pred požiarimi;
- [Z7] zákon č. 315/2001 Z. z. o hasičskom a záchrannom zbore v znení neskorších predpisov;
- [Z8] vyhláška MDVRR SR č. 162/2013 Z. z., ktorou sa ustanovuje zoznam skupín stavebných výrobkov a systémy posudzovania parametrov, v znení neskorších predpisov;

- [Z9] nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 305/2011 z 9. marca 2011, ktorým sa ustanovujú harmonizované podmienky uvádzania stavebných výrobkov na trh a ktorým sa ruší smernica Rady 89/106/EHS v platnom znení;
- [Z10] zákon Národnej rady SR č. 42/1994 Z. z. o civilnej ochrane obyvateľstva;
- [Z11] vyhláška Ministerstva vnútra SR č. 699/2004 Z. z. o zabezpečení stavieb vodou na hasenie požiarov;
- [Z12] smernica Európskeho parlamentu a Rady 2004/54 / ES z 29. apríla 2004 o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v transeurópskej cestnej sieti;
- [Z13] nariadenie vlády SR č. 344/2006 Z. z. o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v cestnej sieti;
- [Z14] delegované nariadenie komisie EÚ č. 568/2014, ktorým sa mení príloha V k nariadeniu Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 305/2011, pokiaľ ide o posudzovanie a overovanie nemennosti parametrov stavebných výrobkov;
- [Z15] delegované nariadenie Komisie (EÚ) č. 574/2014 z 21. februára 2014, ktorým sa mení príloha III k nariadeniu Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 305/2011 o vzore, ktorý sa použije na vypracovanie vyhlásenia o parametroch pre stavebné výrobky.

1.5 Súvisiace a citované normy

STN 73 6121	Stavba vozoviek. Hutnené asfaltové zmesi
STN 73 6123	Stavba vozoviek. Cementobetónové kryty
STN 73 7501	Navrhovanie konštrukcií razených podzemných objektov. Spoločné ustanovenia
STN 73 7507	Projektovanie cestných tunelov
STN 92 0101	Požiar na bezpečnosť stavieb. Názvoslovie
STN EN 206+A2 (73 2403)	Betón. Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda
STN EN 12620 + A1 (72 1502)	Kamenivo do betónu (Konsolidovaný text)
STN EN 12697-1 (73 6160)	Asfaltové zmesi. Skúšobné metódy pre asfaltové zmesi spracúvané za horúca. Časť 1: Obsah rozpustného spojiva
STN EN 12697-5 (73 6160)	Asfaltové zmesi. Skúšobné metódy pre asfaltové zmesi spracúvané za horúca. Časť 5: Stanovenie maximálnej objemovej hmotnosti
STN EN 12697-6 (73 6160)	Asfaltové zmesi. Skúšobné metódy pre asfaltové zmesi spracúvané za horúca. Časť 6: Stanovenie objemovej hmotnosti asfaltových skúšobných telies
STN EN 12697-8 (73 6160)	Asfaltové zmesi. Skúšobné metódy pre asfaltové zmesi spracúvané za horúca. Časť 8: Stanovenie medzerovitosti asfaltových zmesí
STN EN 12697-13 (73 6160)	Asfaltové zmesi. Skúšobné metódy pre asfaltové zmesi spracúvané za horúca. Časť 13: Meranie teploty
STN EN 13043 (72 1501)	Kamenivo do bitúmenových zmesí a na nátery ciest, letísk a iných dopravných plôch
STN EN 13108-1 (73 6163)	Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 1: Asfaltový betón
STN EN 13108-5 (73 6163)	Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 5: Asfaltový koberec mastixový
STN EN 13108-6 (73 6163)	Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiál Časť 6: Liaty asfalt
STN EN 13501-1 (92 0850)	Klasifikácia požiarnych charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 1: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok reakcie na oheň
STN EN ISO 1182 (92 0831)	Skúšky reakcie výrobkov na oheň. Skúška nehorľavosti (ISO: 1182: 2020)

STN EN ISO 1716 (92 0832)	Skúšky reakcie výrobkov na oheň. Stanovenie celkového spalného tepla (ISO: 1716: 2018)
STN EN ISO 9239-1 (92 0212)	Skúšky reakcie podlahových krytín na oheň. Časť 1: Určovanie správania sa pri horení s použitím zdroja sálavého tepla (ISO 9239-1: 2010)
STN EN ISO 11925-2 (92 0832)	Skúšky reakcie na oheň. Zapáliteľnosť výrobkov vystavených priamemu pôsobeniu plameňa. Časť 2: Skúška jednoplameňovým zdrojom (ISO 11925-2: 2020)

1.6 Súvisiace a citované Technické predpisy rezortu (TPR)

[T1]	TKP 0	Všeobecne, MDVRR SR: 2012;
[T2]	TKP 6	Hutnené asfaltové zmesi, MDV SR: 2019;
[T3]	TKP 7	Liaty asfalt, MDV SR: 2019;
[T4]	TKP 8	Cementobetónové kryty vozoviek, MDV SR: 2019;
[T5]	TKP 26	Tunely, MDVRR SR: 2017;
[T6]	TKP 38	Asfaltové zmesi s vysokým modulom tuhosti, MDV SR: 2019;
[T7]	TKP 41	Nízkotepelné asfaltové zmesi, MDVRR SR: 2017;
[T8]	TP 020	Tunelové názvoslovie, MDPT SR: 2006;
[T9]	TP 032	Riadenie kvality hutnených asfaltových zmesí, MDVRR SR: 2016;
[T10]	TP 033	Navrhovanie netuhých a polotuhých vozoviek, MDPT SR: 2009 + Dodatok č. 1, MDVRR SR: 2015;
[T11]	TP 034	Metodika stanovenia finančných kritérií na výber hornej stavby vozoviek v cestnom staviteľstve, MDPaT SR: 2010;
[T12]	TP 098	Navrhovanie cementobetónových vozoviek na cestných komunikáciách, MDVRR SR: 2015;
[T13]	TP 099	Protipožiarne bezpečnosť cestných tunelov, MDV SR: 2020;
[T14]	TP 080	Bezpečnosť cestných tunelov – bezpečnostná dokumentácia, MDV RR SR: 2014;
[T15]	KLA	Katalógové listy asfaltov, MDV SR: 2019;
[T16]	KLAZ 1/2019	Katalógové listy asfaltových zmesí, MDV SR: 2019;
[T17]	KLK 1/2021	Katalógové listy kameniva, MDV SR: 2021;
[T18]	VL 5	Tunely, MDVRR SR: 2015.

1.7 Súvisiace zahraničné predpisy

[T19]	RVS 09.01.23 Innenausbau - Verbindlicherklärung, Richtlinie, 2009; Vnútorne vybavenie – smernica;
[T20]	Upute za projektovanje i izvođenje kolovoznih konstrukcija u tunelina, Set uputa za projektovanje, nabavku, ugradnju i održavanje elemenata, objekata ili dijelova objekata na autocestama. Javno preduzeće Autoceste Federacije Bosne i Hercegovine, No.: 01-5871-1/13. Mostar (in Croatian). Návod na projektovanie a stavbu chodníkových konštrukcií v tuneloch, Súbor pokynov pre návrh, obstaranie, inštaláciu a údržbu prvkov, predmetov, alebo častí predmetov na diaľnice, Verejné diaľnice Federácie Bosny a Hercegoviny;
[T21]	ČSN 73 7507 – Projektování tunelů pozemních komunikací. Praha: Český normalizační institut, 2013.

1.8 Použitá literatúra

[L1]	P. Schmidt (2018) Kde sú hranice bezpečnosti v tuneloch?, Inžinierske stavby 6/2018.
[L2]	https://www.ndsas.sk/uploads/media/d2f85f033c72b498288f995a2ffc084916b7bbc8.pdf

- [L3] L. Šimák (2004) Krízový manažment vo verejnej správe, Žilinská Univerzita v Žiline, Fakulta Špeciálneho inžinierstva, ISBN 80-88829-13-5.
- [L4] G. I. Pálsson (2004) Riadenie rizika v tuneli Hvalfjörður. Report 5136, lund University, Sweden.
- [L5] C. Jofre, J. Romero, R. Rueda (2010) Príspevok betónových vozoviek k bezpečnosti tunelov v prípade požiaru. European Concrete Paving Association.
- [L6] J. Gehandler (2015) Požiarna bezpečnosť a riziko cestného tunela: prehľad, Road tunnel fire safety and risk: a review, Fire Science Reviews, 4:2, SpringerOpen Journal, DOI: 10.1186/s40038-015-0006-6.
- [L7] <https://www.statista.com/statistics/270603/worldwide-number-of-hybrid-and-electric-vehicles-since-2009/>
- [L8] Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (EMPA) (2020) „Ako nebezpečné sú elektromobily? Požiarne pokusy v testovacom tuneli. How dangerous are burning electric cars? Fire experiments in test tunnel.“ ScienceDaily 1 Dostupné online: www.sciencedaily.com/releases/2020/09/200901112208.htm.
- [L9] L. D. Mellert, U. Welte, M. Tuchscheidt, M. Held, M. Hermann, M. Kompatscher, M. Tesson, L. Nachef (2020) Minimalizácia rizika požiarov elektrických vozidiel v infraštruktúrach podzemnej dopravy, Research Project AGT 2018/006 petitioned by Tunnel Research Working Group (Arbeitsgruppe Tunnelforschung, AGT). Dostupné online: <http://www.mobilityplatform.ch>.
- [L10] Prevzaté zo zdroja: <https://www.poistenie.sk/blog/poziar-elektromobilu-utopit-zakopat-alebo-zakazat>.
- [L11] Bezpečnosť v tuneloch, preprava nebezpečného tovaru cestnými tunelmi, OECD Publications, 2001, France, ISBN: 92-64-19651-X-no. 52169.
- [L12] Prevzaté zo zdroja: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Road_freight_transport_by_type_of_goods&oldid=542576#Road_freight_transport_by_type_of_goods.
- [L13] R. Bubbico, B. Silveti, B. Mazzarotta (2009). Predbežná štúdia o preprave nebezpečného materiálu tunelmi. Accident Analysis and Prevention, 41, 1199 – 1205, doi: 10.1016/j.aap.2008.05.011
- [L14] Prevzaté zo zdroja: <https://www.ndsas.sk/press/press-narodna-dialnicna-spolocnost-press-spravy/cvicenie-izs-a-nds-nepovoleny-vjazd-a-nehoda-cisterny-prepravujucej-nebezpecnu-latku-v-tuneli-sitina>.
- [L15] F. Xiao, R. Guo, J. Wang (2019) Spomaľovač horenia a jeho vplyv na výkon asfaltu. Prehľad. Construction and Building Materials, 212, 841 – 861.
- [L16] Y. Wu, H. Jia, Y. Yan, S. Underwood (2020) Vývoj ekologického retardéra horenia na dosiahnutie nízkej horľavosti pre asfaltové spojivo používané v tunelových chodníkoch. Journal of Cleaner Production, 257, 120487, dostupné online: <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120487>.
- [L17] J. Qiu, T. Yang, X. Wang, L. Wang, G. Zhang (2019) Skúmanie spomalenia horenia na asfaltovej vozovke diaľničného tunela, Construction and Building Materials, 195, 468 – 482.
- [L18] G. Xu, X. Chen, S. Zhu, L. Kong, X. Huang, J. Zhao, T. Ma (2019) Hodnotenie asfaltu s rôznymi koncentraciami retardérov horenia, Materials, 12, 1283. doi: 10.3390/ma12081283.
- [L19] International Committee of Fire Prevention & Extinction Congress „Sú tunely dostatočne bezpečné?“ Regensdorf, Switzerland, 8 November, 2002.
- [L20] W. de Lathauwer (2007) Vplyv vozovky na požiare v cestných tuneloch. Routes/Roads, France (N°334), 8. PIARC Ref.: RR334-054. ISSN 0004-556 X.
- [L21] Asfaltové chodníky v tuneloch: EAPA – Position Paper. In: EAPA [online] Brussels, 21 May 2008. [cit. 2017-06-25]. Dostupné z: http://www.eapa.org/usr_img/position/asphalt_pavements_tunnelsMay2008.pdf
- [L22] Comité Technique 5 Tunnels Routiers a Technical Committee 5 Road Tunnels. Kontrola požiaru a dymu v cestných tuneloch. [online]. La Défense, France: PIARC, 1999. ISBN: 28-406-0064-1. Dostupné z: <https://www.piarc.org/en/order->

- [library/3854-en-Fire%20and%20Smoke%20Control%20in%20Road%20Tunnels.htm](https://www.eapa.org/library/3854-en-Fire%20and%20Smoke%20Control%20in%20Road%20Tunnels.htm)
- [L23] European Asphalt Pavement Association, Asfaltové chodníky v tuneloch, Brussels, Belgium, 2008.
 - [L24] Comité technique 5 Tunnels routiers (Technical Committee 5 Road Tunnels), Systémy a zariadenie na hasenie požiaru a dymu v cestných tuneloch, PIARC Ref. 05.16.BEN, 2007.
 - [L25] C. Roder, W. Decker (2003) Správanie sa asfaltových a betónových povrchov v tuneloch, najmä v prípade požiaru. Projekt 02 231/B3 Bundesanstalt für Strassenwesen (BASt), Bergisch Gladbach, Germany.
 - [L26] J. – P. Jacobs (2007) Komplexná požiarňa ochrana a bezpečnosť s betónom, European Concrete Platform.
 - [L27] Zora Abaffyová (2010) Odolnosť asfaltových zmesí voči ohňu – použitie v tuneloch; In: zborník 18. ročníka konferencie Hydroizolácie mostov a tunelov, Podbanské.
 - [L28] The 4th IACIP Annual Workshop, The fourth US-China Workshop on Research and Education Collaboration in Transportation Infrastructure, 2014.
 - [L29] J. C. Petersen (2000) Chapter 14 Chemické zloženie asfaltu súvisiace s trvanlivosťou asfaltu. Developments in Petroleum Science, 40, 363 – 399.
 - [L30] J. Qui, T. Yang, X. Wang, G. Zhang (2019) Kontrola spomalenia horenia na asfaltovej vozovke diaľničného tunela, Construction and Building Materials, 195, 468 – 482.
 - [L31] T. Mill, D. S. Tse, B. C. C. Loo, et al., (1992) Oxidačné cesty pre asfalt. Reprints of papers – American Chemical Society, Division of Fuel Chemistry, 37, 1367 – 1375.
 - [L32] T. Xu, X. Huang (2010) Štúdia o spaľovaní asfaltového spojiva technikou TG-FTIR. Fuel, 89, 2185 – 2190.
 - [L33] R. Huang, I. Chai, D. He, et al. (2005) Teoretický výpočtový model spaľovacieho procesu asfaltového dymu, Journal of Central South University of Technology, 12, 88 – 93.
 - [L34] Z. Németh (2020) nerastné suroviny pre výrobu kameniva – produkt horotvorných procesov, Odborný časopis SZVK, XXII, 23 – 28.
 - [L35] K. Larsson (2006) Požiare v tuneloch a ich vplyv na horniny – prehľad. Research Report, ISSN: 1402 – 1528: LTU-FR-06/10—SE.
 - [L36] ECE/TRANS 300 Dohoda ADR o medzinárodnej cestnej preprave nebezpečného tovaru, Economic Commission for Europe Inland Transport Committee, United Nations publication issued by the United Nations Economic Commission for Europe, 2020, ISBN: 978-92-1-139179-4.

1.9 Použité skratky

ADR	Európska dohoda o preprave nebezpečných vecí (Accord Dangereuses Route)
ATH	hydroxid hlinitý
CO	oxid uhoľnatý
PD	projektová dokumentácia
DG	nebezpečný tovar (Dangerous Goods)
EAPA	Európska asociácia asfaltových vozoviek (European Asphalt Pavement Association)
EMPA	Švajčiarske federálne laboratóriá pre testovanie a výskum materiálov (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt)
EÚ	Európska únia
Eurostat	štatistický úrad Európskej únie

FHWA	federálna diaľničná správa USA (Federal Highway Administration)
FR	spomaľovače horenia (Flame Retardants)
HaZZ SR	hasičský a záchranný zbor Slovenskej republiky
KS	krízová situácia
MA	liaty asfalt (Mastix Asphalt)
MDH	hydroxid horečnatý
OECD	Organizácia pre hospodársku spoluprácu a rozvoj (Organization for Economic Cooperation and Development)
PIARC	World Road Association – Svetová cestná asociácia
PMB	polymérom modifikovaný asfalt
SMA	asfaltový koberec mastixový (Stone Mastic Asphalt)
TDZ	trieda dopravného zaťaženia
TPR	technické predpisy rezortu
UNECE	Európska hospodárska komisia OSN (United Nations Economic Commission for Europe)
VAZ	výrobňa asfaltových zmesí
VoP	Vyhlásenie o parametroch
ZTKP	zvláštne technicko-kvalitatívne podmienky

2 Úvod do problematiky

Cestné tunely sú prvkami cestnej siete. Majú jedinečné vlastnosti a zaslúžia si osobitnú pozornosť. Všeobecne, tunely patria medzi inžinierske stavby mimoriadne náročné na návrh, realizáciu i prevádzku. Stále sa zvyšujúca hustota premávky a množstvo prepravovaného tovaru si vyžaduje modernizáciu stavebných technológií. Cestné tunely sú preto výhodným inžinierskym riešením, keďže umožňujú prekonať náročný horský terén alebo mestské časti, a tým skrátiť dopravné trasy a šetriť čas s minimálnymi dopadmi na životné prostredie. Aj keď ide o inžiniersky a finančne veľmi náročné stavby, kvôli stúpajúcim nárokom na zvýšenie kapacity a bezpečnosti dopravy počet cestných tunelov v Európe, ale aj na Slovensku, rastie.

Treba však podotknúť, že tunely sú aj významnými kritickými miestami v dopravnej infraštruktúre. Následky havárií v dôsledku vzniku požiaru v uzavretom priestore sú ďaleko horšie ako na bežných cestách. Katastrofické požiare v tuneloch v minulom storočí zvýšili nároky na požiarnu bezpečnosť a využitie nových technológií.

V hornatých častiach nášho územia majú tunely svoje nezastupiteľné miesto v dopravnej infraštruktúre. S razením prvého diaľničného tunela na Slovensku sa začalo v roku 1997. Momentálne máme zaevidovaných v prevádzke 12 cestných tunelov, ktoré sú vybudované v súlade s európskymi požiadavkami. Preto môžeme konštatovať, že ich vybavenosť bezpečnostnými prvkami je na vysokej úrovni [L1]. Prehľad diaľničných tunelov je v tabuľke 1 a na obrázku 1.

Tabuľka 1 Diaľničné tunely na Slovensku

Tunel	Dĺžka m	Dátum otvorenia	Diaľnica
Branisko	4975	29.6.2003	D1 Beharovce – Branisko
Horelica	605	29.10.2004	D3 Čadca obchvat
Sitina	1440	24.6.2007	D2 Lamačská cesta – Staré Grunty
Lučivná	250	11.12.2007	D1 Važec – Mengusovce
Bôrik	999	4.12.2009	D1 Mengusovce – Jánovce
Šibenik	588	30.11.2015	D1 Jánovce – Jablonov
Svrčinovec	420	10.6.2017	D3 Svrčinovec – Skalité
Poľana	898	10.6.2017	D3 Svrčinovec – Skalité
Považský Chlmec	2249	2.12.2017	D3 Žilina, Strážov - Brodno
Ovčiarsko	2367	29.1.2021	D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka
Žilina	687	29.1.2021	D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka
Prešov	2244	28.10.2021	D1 Prešov, západ – Prešov, juh
Čebrať	3646	vo výstavbe	D1 Hubová – Ivachnová
Višňové	7537	vo výstavbe	D1 Lietavská Lúčka – Dubná Skala
Bikoš	1155	vo výstavbe	R4 Prešov severný obchvat
Karpaty	10980	?	D4 Ivanka pri Dunaji – Stupava
Korbeľka	5868	?	D1 Turany – Hubová
Dargov	4008	?	D1 Bidovce – Pozdišovce
Havran	2820	?	D1 Turany – Hubová

V priebehu výstavby nášho prvého diaľničného tunela postihli viaceré z alpských tunelov požiare s tragickými následkami (1999 – 2001). To sa samozrejme prejavilo aj v snahe o zvýšenie ich bezpečnosti formou sprísnenia požiadaviek v súvisiacich technických predpisoch v zahraničí aj u nás.

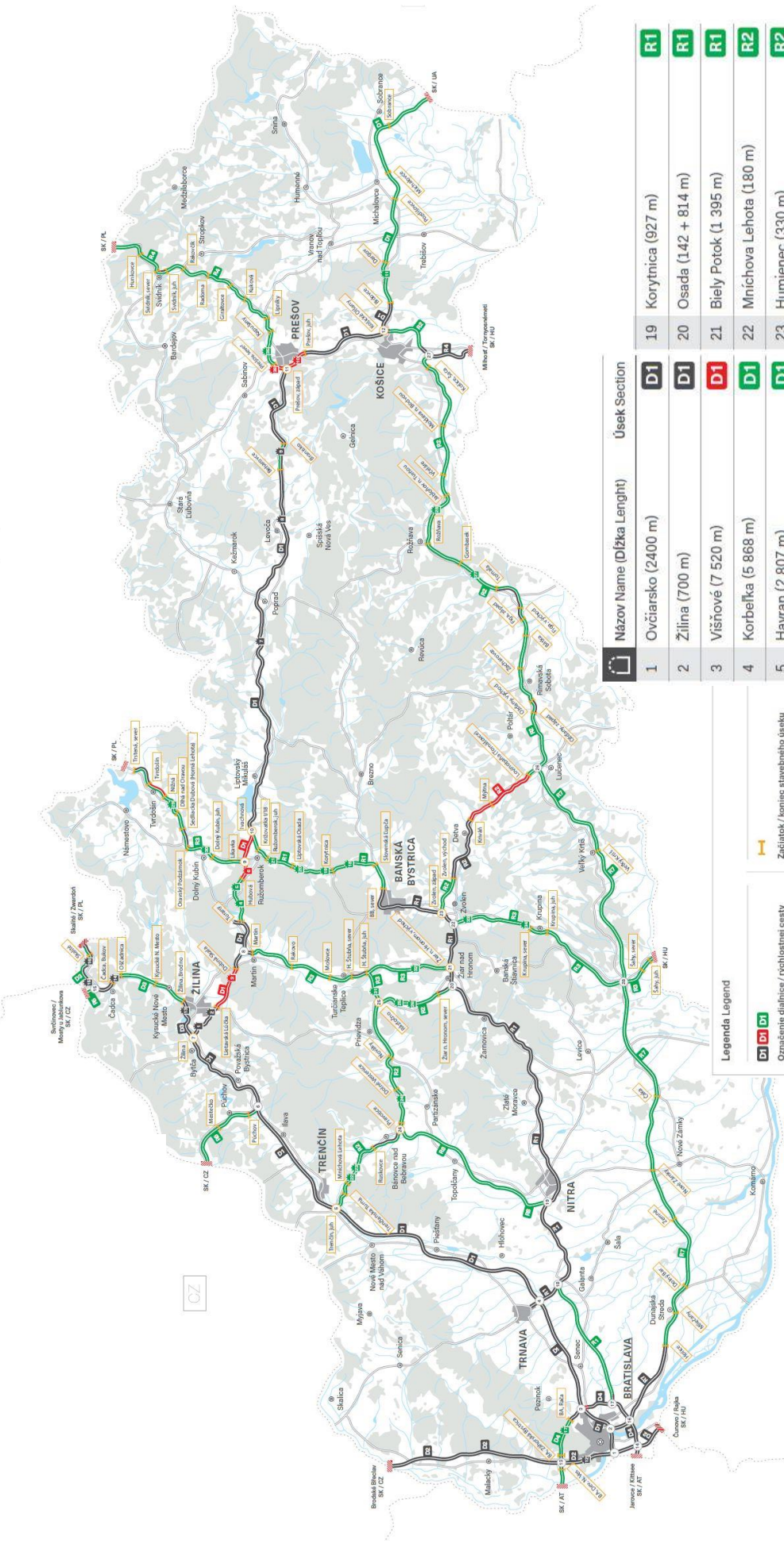
Veľké požiare v tuneloch vyvolali potrebu spracovania novej európskej legislatívy. Výsledkom bola smernica o minimálnych požiadavkách na tunely transeurópskej cestnej siete [Z12].

Táto smernica bola zavedená do legislatívy SR v roku 2006 prijatím nariadenia vlády [Z13] o minimálnych požiadavkách na tunely v cestnej sieti.

Slovensko veľmi zodpovedne pristúpilo k implementácii spomínanej smernice a zaviazalo sa, že požiadavky v nej uvedené budú aplikované na všetky tunely (teda nielen na tie, ktoré ležia v transeurópskej cestnej sieti) s dĺžkou nad 500 metrov na diaľniciach, cestách pre motorové vozidlá a cestách I. triedy, v etape prevádzky, výstavby alebo projektovania.

Národná diaľničná spoločnosť, a. s., ako investor a prevádzkovateľ diaľničných tunelov a Slovenská správa ciest, ako správca tunela na ceste I. triedy (tunel Stratená) na území Slovenska dbajú na bezpečnosť, či už pri ich budovaní, alebo pravidelnej údržbe.

Požiarne systémy vo všetkých cestných tuneloch na Slovensku obsahujú systém merania opacity, teda priehľadnosti (zadymenia) vzduchu a líniový hlásič požiaru, ktorý reaguje na gradient teploty. Vo všetkých tuneloch sa vylepšujú aj kamerový dohľadový systém a únikové systémy.



Sieť diaľnic a rýchlostných ciest na Slovensku

Motorways and expressways
network in Slovakia

Úsek Section	
1	Ovčiarsko (2400 m) D1
2	Žilina (700 m) D1
3	Višňové (7 520 m) D1
4	Korbeľka (5 868 m) D1
5	Havran (2 807 m) D1
6	Čebrat (3 619 m) D1
7	Bôrik (1000 m) D1
8	Šibeník (600 m) D1
9	Branisko (5000 m) D1
10	Prešov (2 244 m) D1
11	Dargov (1 050 m) D1
12	Sitina (1440 m) D2
13	Považský Chlmec (2 249 m) D3
14	Horelica (600 m) D3
15	Svrčinovec (420 m) D3
16	Polana (900 m) D3
17	Karpaty (10 990 m) D4
18	Hradište (8 385 m) R1
19	Korytnica (927 m) R1
20	Osada (142 + 814 m) R1
21	Biely Potok (1 395 m) R1
22	Mníchova Lehota (180 m) R2
23	Humieneec (330 m) R2
24	Chotónka (595 m) R2
25	Prieľohy (2 880 m) R2
26	Sajba (650 m) R2
27	Plešivec (2 572 m) R2
28	Soroška (4 282 m) R2
29	Biela Skala (515 m) R3
30	Dolný Kubín (3004 + 1669 m) R3
31	Remata (3 060 m) R3
32	Čertov vrch (1030 m) R3
33	Baba (4 020 m) R3
34	Hanišberg (2 800 m) R3
35	Okruhliak (1 917 m) R4
36	Bikoš (1 155 m) R4

Legenda Legend

D1 D1
Osmiernené diaľnice / rýchlostnej cesty
Motorway / expressway sign

D1 D1
Dialnica / rýchlostná cesta v prevádzke
Motorway / expressway in operation

D1 D1
Dialnica / rýchlostná cesta vo výstavbe
Motorway / expressway under construction

D1 D1
Dialnica / rýchlostná cesta v príprave
Motorway / expressway under preparation

D1 D1
Oznámenie tunela
Tunnel

D1 D1
Križovatka diaľnic a rýchlostných ciest
Motorway and expressway intersection

D1 D1
Križovatka diaľnic a rýchlostných ciest –
začiatok / koniec stavebného úseku
Motorway and expressway intersection –
„Beginning / ending of building section“

D1 D1
Začiatok / koniec stavebného úseku
Beginning / ending of building section

D1 D1
Názov začiatku / konca stavebného úseku
Name of the beginning / ending of building section

D1 D1
Hraničný prechod
Border crossing

D1 D1
Cesta I. triedy
1st class road

D1 D1
Hlavné mesto
Capital

D1 D1
Krajské mesto
Regional capital

D1 D1
Okresné mesto
District town

Obrázok 1 Diaľničné tunely na Slovensku (obrázok prevzatý z [L2])

2.1 Definícia

základných pojmov

Tunel: líniový podzemný objekt s pozdĺžnym sklonom do 45° (100 %) vrátane a plochou výrubu väčšou (alebo rovnou) ako 16 m²; rozlišuje sa jednorúrovňový, dvojúrovňový, resp. viacrúrovňový tunel (STN 73 7507).

Tunel pozemnej komunikácie: líniový podzemný objekt, ktorým je vedená pozemná komunikácia (STN 73 7507).

Dĺžka tunela: vzdialenosť medzi vonkajšími lícami oboch tunelových portálov meraná v osi pozemnej komunikácie, prípadne v osi jazdného pásu, prechádzajúceho tunelovou rúrou v úrovni nivelety. V prípade sklonených portálov je dĺžkou tunela vzdialenosť medzi rovinami vedenými kolmo na os komunikácie v mieste plného profilu tunela. V tuneloch s niekoľkými tunelovými rúrami sa stanoví dĺžka tunela samostatne pre každú rúru (STN 73 7507).

Užitočný priestor tunela: priestor nad vozovkou a núdzovými chodníkmi, ohraničený svetlým prierezom tunela [T8].

Dopravný priestor tunela: priestor nad vozovkou a núdzovými chodníkmi pozostávajúci z priestoru ohraničeného priechodným prierezom tunela a z priestoru pre technologické vybavenie [T8].

Vetrací kanál: samostatný oddelený priestor v tunelovej rúre určený na prívod alebo odvod vzduchu [T8].

Úniková cesta: trvalo voľná komunikácia alebo priestor v podzemnej stavbe alebo na nej, ktorá umožňuje bezpečnú evakuáciu osôb zo stavby alebo z požiarneho úseku ohrozeného požiarom na voľné priestranstvo alebo do priestoru, ktorý nie je ohrozený požiarom (STN 73 5701).

Bezpečnostné stavebné prvky: stavebné prvky tunela, ktoré slúžia na zaistenie bezpečnosti užívateľov tunela; patria k nim: výklenky, núdzové zálivy, objekty únikových ciest [T8].

Požiar: každé nežiaduce horenie, pri ktorom sú bezprostredne ohrozené životy alebo zdravie fyzických osôb alebo zvierat, majetok alebo životné prostredie, pri ktorom vznikajú škody na majetku, životnom prostredí alebo ktorého následkom je zranená alebo usmrtená fyzická osoba alebo zviera [Z6].

Hasičské jednotky podľa [Z6] Prvá hlava: Druhy a zriaďovanie hasičských jednotiek a riadenie pri zásahu podľa § 30) Zdolávanie požiarov, záchranné práce vykonáva Hasičský a záchranný zbor, ktorý je zložený z príslušníkov a je zriadený osobitným predpisom [Z7].

Požiarne zariadenia: požiarotechnické zariadenia, hasiace prístroje, požiarne uzávery, zariadenia na hasenie iskier v pneumatických dopravníkoch, zariadenia na dodávku vody na hasenie požiarov, zariadenia na trvalú dodávku elektrickej energie pri požiari, požiarne výťahy, evakuačné výťahy, núdzové osvetlenie a iné zariadenia slúžiace na evakuáciu osôb a zásah [Z6].

Požiarňový vodovod: zariadenie, ktoré prostredníctvom odberných miest zabezpečuje pripojením požiarňových hadíc, alebo hadicových zariadení spoľahlivé a dostatočné zásobovanie vodou na hasenie požiarov a ktoré umožňuje účinný zásah [Z11].

Nebezpečenstvo: potenciálna možnosť systému, stroja, materiálu, technológie a pracovnej činnosti, prípadne ich komponentov, spôsobovať neočakávané negatívne javy alebo hrozby pre človeka, materiálne hodnoty a životné prostredie [L3].

Ohrozenie: stav pôsobiaci na človeka alebo prostredie vznikajúci pri činnostiach, ktorých nebezpečné vlastnosti neboli v plnej miere zohľadnené. Je to možnosť aktivovať

nebezpečenstvo v konkrétnom priestore a čase. Ohrozenie je aktívna vlastnosť objektu spôsobiť negatívny jav [L3].

Riziko: kvantitatívne a kvalitatívne vyjadrenie ohrozenia, stupeň alebo miera ohrozenia. Je to pravdepodobnosť vzniku negatívneho javu a jeho dôsledok. Keďže žiadna ľudská aktivita nie je absolútne bezpečná, je nutné stanoviť mieru rizika, ktorú je možné akceptovať (akceptovateľné riziko) [L3].

Mimoriadna udalosť: závažná, časovo obťažne predvídateľná a priestorovo ohraničená príhoda, spôsobená vplyvom živelnej pohromy, technickej alebo technologickej havárie, prevádzkovej poruchy, prípadne úmyselného konania človeka, ktorá vyvolala narušenie stability systému alebo prebiehajúcich dejov a činností, ohrozuje životy a zdravie osôb, hmotné a kultúrne statky či životné prostredie. Mimoriadne udalosti, ktoré negatívne pôsobia na život, zdravie, prípadne na majetok, je možné rozdeliť v súlade so [Z8] o civilnej ochrane obyvateľstva v znení ďalších zákonov na: živelné pohromy, havárie, katastrofy [L3].

Krízová situácia: časovo a priestorovo vymedzený alebo ohraničený priebeh javov a procesov po narušení rovnovážneho stavu spoločenských, prírodných a technologických systémov a procesov, v dôsledku ktorých sú ohrozené životy ľudí, životné prostredie, ekonomika, duchovné a hmotné hodnoty štátu alebo regiónu a jeho obyvateľov a môže byť narušené fungovanie inštitúcií verejnej moci [L3].

2.2 Hlavné príčiny vzniku požiaru v tuneloch

V zásade existujú dve hlavné príčiny vzniku požiarov:

1. Požiare spôsobené technickou poruchou sú tzv. tienené požiare, u ktorých je pravdepodobné, že sa budú vyvíjať v prvej fáze pomaly, s postupným vývojom v neskoršej fáze, čo môže mať za následok plne rozvinutý požiar. Tento typ požiaru zvyšuje možnosť na uhasenie požiaru (alebo oddialenie jeho lokalizácie) buď pomocou prenosných hasiacich prístrojov, stabilných hasiacich systémov a/alebo zásahom hasičských jednotiek skôr, ako bude schopný ohroziť zdravie a bezpečnosť ľudí v tuneli. Môžu vzniknúť v dôsledku:

- poruchy vozidla – vyskytujú sa častejšie, ale vyvíjajú sa pomaly. Maximálna rýchlosť uvoľňovania tepla jedného horiaceho auta sa dosiahne asi po 15 min až 25 min;
- poruchy elektrického či technického vybavenia tunela (elektrické vedenie, chyby v údržbe atď.). Vyskytujú sa veľmi zriedka.

2. Požiare spôsobené nehodou, ktoré sa vo väčšine prípadov vyvíjajú rýchlo a častokrát sa urýchľujú aj na vozovke rozliatym palivom, ktoré uniklo v dôsledku kolízie. Vozidlá v blízkosti začnú horieť takmer súčasne, a tým sa dosahujú vysoké rýchlosti uvoľňovania tepla veľmi skoro. Mimoriadne zriedkavé prípady sú požiare (častokrát s fatálnymi následkami), ktoré vznikajú pri požiaroch áut, tzv. DG prevážajúce horľavé/nebezpečné materiály.

V [L4] sa uvádza, že 40 % požiarov osobných vozidiel zvyčajne uhasia samotní vodiči v okolí. Väčšina ostatných požiarov je uhasených zložkami hasičských jednotiek bez poškodenia štruktúry. Najnebezpečnejšie požiare, ktoré majú vážne až fatálne následky a spôsobujú poškodenie tunela, tvoria 2 % z celkového počtu požiarov.

Prehľad veľkých požiarov v cestných európskych tuneloch je v tabuľke 2.

Tabuľka 2 Veľké požiare v európskych cestných tuneloch

Miesto/štát	Dĺžka tunela, m	Rok nehody	Počet obetí	Poznámka	Typ vozovky pred/po požiar
Viamala/Švajčiarsko	750	2006	9	zrážka vozidiel	nezistené
Sierre/Francúzsko, Taliansko	12870	2005	2	vznietenie kamiónu s pneumatikami v dôsledku úniku paliva	nezistené
St. Gotthard/Švajčiarsko	16 300	2001	11	24 h/1200 °C zrážka vozidiel	asfaltová/asfaltová [L5]
Gleinalm/Rakúsko	8 300	2001	5	37 minút	nezistené
Tauern/Rakúsko	6 400	2000	12	14 h/1200 °C zrážka vozidiel	nezistené
Mont-Blanc/Francúzsko, Taliansko	11 600	1999	39	53 h/1000 °C oheň	asfaltová/asfaltová [L5]

2.3 Mechanizmus horenia v tuneli

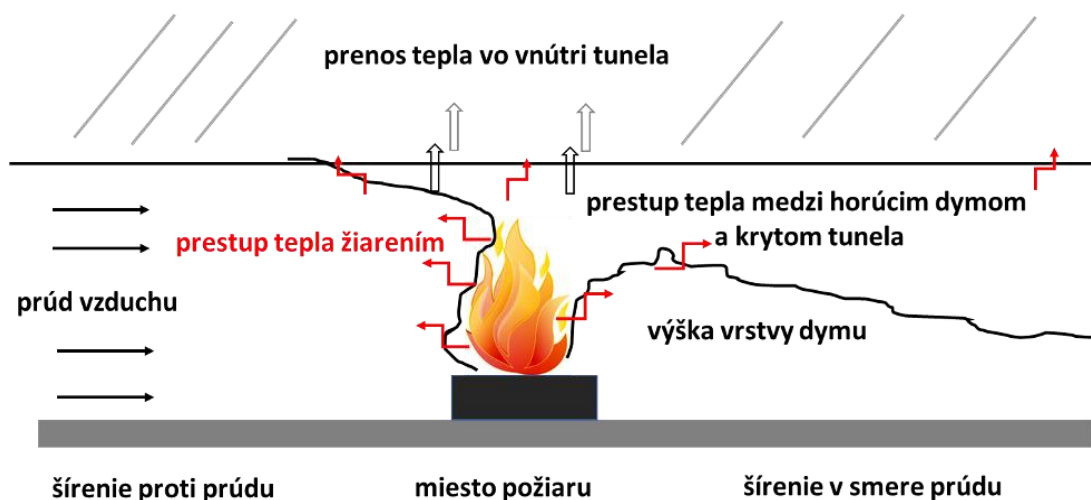
Výskum požiarov v tuneloch je veľmi náročný. Tunel je špecifický priestor, v ktorom pri požiaroch vozidiel vznikajú vysoké teploty, čo zvyšuje riziko ich rýchleho šírenia. Navyše, v týchto priestoroch pretrvávajú požiare pomerne dlhú dobu. Vďaka špecifickému konštrukčnému usporiadaniu sa šírenie dymu v nich podstatne líši od požiarov v otvorených priestoroch. Vysoké materiálne škody (až straty na životoch) sú primárne spôsobené požiarom uniknutého paliva, resp. výbuchom prepravovaného materiálu. Požiar je spôsobený nekontrolovanou reakciou horenia pohonných hmôt motorových vozidiel a často aj prevážaného materiálu sprevádzanou teplom, plynom a dymom. Horenie je rýchla oxidačná exotermická reakcia za vzniku svetla. Na jeho vznik a priebeh je potrebná prítomnosť nasledujúcich faktorov:

- palivo (horľavina),
- oxidačné činidlo (kyslík),
- iniciátor ohňa, t. j. buď plameň, iskra alebo teplota [L6].

V zásade rozlišujeme tri stupne vývoja požiaru:

1. Fáza – Rozohrievanie: Počas prvej fázy je proces veľmi nestabilný a je závislý od prebiehajúcej okamžitej energetickej rovnováhy komponentov zúčastnených na procese horenia. V oblasti okolo ohňa sa kontinuálne zvyšuje teplota.
2. Fáza – Plne rozvinutý požiar: Táto fáza sa začína vývojom všeobecného spaľovania. Vyznačuje sa konštantnou rýchlosťou spaľovania (okolo 15 kg/min), stredným nárastom teplôt so značnou emisiou tepla, dymu a horľavých plynov.
3. Fáza – Dohoríevanie: Posledná fáza začne, keď teplota dosiahne svoje maximum (700 – 2 500) °C, a kontinuálne začína klesať v dôsledku vyhorenia horľavých materiálov. Nakoniec oheň zanikne, keď je teplota okolo 300 °C.

Schéma šírenia tepla a splodín horenia v tuneli je na obrázku 2.



Obrázok 2 Schéma šírenia tepla a splodín horenia pri požiari v tuneli

2.4 Elektromobilita

Aj keby sa na prvý pohľad zdalo, že elektromobily sú technickým výdobytkom v posledných desaťročiach, nie je to pravda. Samotný koncept automobilu na elektrický pohon je starší ako koncept automobilu poháňaného spaľovacím motorom. Do praktického života sa však mohli dostať až v súčasnej dobe, keď pokročil vývoj a výroba batérií, od ktorých je ich prevádzka závislá. Len na porovnanie, celosvetový trh s autami vlni vplyvom pandémie klesol o 16 %, ale segmentu elektromobilov sa napriek tomu darilo. Podľa štatistík boli v roku 2020 zaregistrované približne tri milióny nových elektrických áut, čím sa ich počet na svetových cestách zvýšil na 6,3 miliónov [L7].

Odborníci z oblasti požiarnej ochrany majú vo všeobecnosti názor, že riziko vzniku požiaru elektromobilov je porovnateľné s rizikom požiaru automobilov so spaľovacím motorom. Následkom požiaru elektromobilov sa vo svete venuje pomerne veľká pozornosť. Ako príklad môžeme uviesť poznatky švajčiarskeho laboratória EMPA [L8]. V skúšobnom tuneli vykonali testy bezpečnosti elektromobilov pri ich horení. Počas experimentu boli zapálené batérové články elektromobilov a analyzovala sa distribúcia sadzí, dymových plynov a zvyšky chemických látok vo vode.

Skúšky boli zamerané na požiar v uzavretom priestore, tzn. hlavne v podzemných garážach a v tuneloch. Zo záverečnej správy vykonaných skúšok vyplýva, že z hľadiska vývoja tepla nie je horiaci elektromobil nebezpečnejší ako horiaci automobil s konvenčným pohonom [L9]. Najmodernejšie tunelové systémy vetrania si poradia nielen so spaľovacími benzínovými/naftovými automobilmi, ale aj s elektromobilmi. Na základe dostupných výsledkov bolo konštatované, že nie je pravdepodobné zvýšené poškodenie ventilačného systému a vybavenia tunelov.

Samozrejme, treba uviesť, že pri hasení požiaru elektromobilu musia hasičské jednotky zvoliť iný, vopred definovaný postup. Na elektromobile je v porovnaní s automobilom so spaľovacím motorom menej miest, kde môže požiar vzniknúť. Čisto elektrické vozidlá vozia so sebou veľké lítio-iónové batérie, ktoré sa skladajú z veľkého množstva článkov. Keď sa poškodí jeden z nich, dochádza k sérii elektrických skratov, ktoré podporujú rozvoj požiaru. Batérie sú umiestnené v spodnej časti vozidla, je k nim ťažký prístup, čo komplikuje prácu hasičských jednotiek. Príčinou požiaru je horčík a mangán, kým počiatočným impulzom je iskra zo skratu medzi katódou a anódou. Horčík sa nachádza v podobe veľmi tenkej, ľahko zápalnej fólie, pričom k vznieteniu dôjde pri jej nadmernom zahriatí. Následne dôjde k nezádržateľnej chemickej reakcii horenia.

Pri klasických autách je potenciálnych zdrojov požiaru viac – pohonné hmoty, olejová náplň v motore, spojka. Elektromobily spojku nemajú a olejová náplň je tiež menšia. Vo väčšine

prípadoch je príčinou požiaru elektromobilov chyba na inštalácii batérií alebo elektroinštalácia všeobecne (napr. nabíjacia stanica). Proces horenia elektromobilu je spočiatku pomalší ako pri klasických autách, pretože nedôjde k vzplanutiu pohonných hmôt, ale požiar trvá dlhšie. Občas sa vyskytli aj tzv. oneskorené požiare, keď elektromobil vzplanul aj tri dni po nehode.

Efektívne postupy hasenia elektromobilov sa neustále vyvíjajú. Jedným z nich je napríklad použitie špeciálnej hasiacej plachty, čím sa zamedzí prísunu kyslíka. Je preukázané, že už po 20 minútach klesne teplota požiaru z vyše 1 000 °C na 160 °C [L10]. Z hľadiska bezpečnosti účastníkov cestnej premávky, ale aj z hľadiska poškodenia vozovky, vybavenia alebo konštrukcie tunelov je to dostatočná doba na evakuáciu osôb a na elimináciu prípadných škôd.

Je zrejmé, že celá problematika je pomerne náročná. Do úvahy musíme brať aj to, že pri hasení elektromobilu sa spotrebuje veľké množstvo vody, ktorá je kontaminovaná ťažkými kovmi a jedovatými látkami a preto musí byť ekologicky zlikvidovaná. Táto voda sa môže dostať aj do konštrukcie vozovky tunela a jej odstránenie môže byť komplikované [L10]. V takýchto prípadoch treba určiť zastúpenie nebezpečných látok a podľa výsledkov zvoliť vhodný spôsob ich odstránenia. Komplikáciou je aj to, že popri elektromobiloch (vozidlách využívajúcich iba elektrickú energiu) je pomerne veľké množstvo vozidiel typu hybrid, resp. plug-in-hybrid, čo sú vozidlá, v ktorých sú popri batériách aj spaľovacie motory.

Tunely na Slovensku patria medzi moderné a bezpečné, sú nadštandardne [L1] vybavené bezpečnostnými technológiami. Ale netreba zabúdať, že pre extrémne rýchlo rastúci vývoj technológií v elektromobilitě bude potrebné sledovať túto problematiku, aby bolo možné zapracovať najnovšie poznatky do platných predpisov.

2.5 Preprava nebezpečných vecí

Preprava tovaru je pre dopravu prioritou. Popri tovaroch, ktoré nie sú pri prípadných nehodách prepravných vozidiel zdrojom ohrozenia zdravia obyvateľov a životného prostredia, sa bežne prepravujú aj tzv. nebezpečné veci.

Pri nehode alebo technickej poruche na vozidlách prevážajúcich takýto tovar hrozí v tuneloch veľké nebezpečenstvo. Podľa všeobecne dostupných štatistík, incidenty, ktoré sa týkajú vozidiel s ADR, sú pomerne zriedkavé, ale môžu mať za následok veľký počet obetí, vážne materiálne a environmentálne škody. Na zaistenie čo najbezpečnejšej prepravy ADR sú potrebné špeciálne opatrenia, pretože v uzavretom priestore tunela je v porovnaní s otvoreným priestorom vždy vyššie riziko vzniku rozsiahlych škôd. Z týchto dôvodov je preprava ADR prísne regulovaná.

OECD a PIARC uskutočnili v rokoch 1996 až 2001 spoločný výskumný projekt zameraný na riešenie problematiky prepravy nebezpečného tovaru cez tunely [L11]. Jedným z výsledkov projektu je stanovenie hlavných rizík pri preprave nebezpečných vecí cez tunely. Pri akceptovaní klesajúcich dopadov a vyššej miery účinnosti zmierňujúcich opatrení ich možno zoradiť nasledovne:

- výbuchy,
- úniky toxického plynu alebo prchavej toxikkej kvapaliny,
- požiare.

Stupeň obmedzenia prepravy nebezpečného tovaru cez tunel závisí od jeho zaradenia do jednej z piatich kategórií, ktoré sú označené veľkými písmenami od A po E (tabuľka 3). Navyše, tento výskum upozornil aj na povrch vozovky v tuneloch. V protokole je uvedené, že pokiaľ ide o trenie a rovnomernosť, povrch musí mať rovnaké vlastnosti ako povrch na komunikáciách mimo tunela. Na druhej strane však protokol jasne hovorí, že sa treba vyhýbať pórovitým povrchom, pretože umožňujú preniknúť nebezpečným kvapalinám na väčšiu plochu, a tým zvyšujú negatívne následky požiaru.

Tabuľka 3 Zoznam ADR kategórií

Kategórie	Popis obmedzení
Tunel kategórie A	Žiadne obmedzenia pri doprave nebezpečných látok a predmetov.
Tunel kategórie B	Obmedzenia pre nebezpečné látky a predmety, ktoré môžu spôsobiť výbuch.
Tunel kategórie C	Obmedzenia pre nebezpečné látky a predmety, ktoré môžu viesť k výbuchu alebo k uvoľňovaniu jedov.
Tunel kategórie D	Obmedzenia pre nebezpečné látky a predmety, ktoré môžu viesť k výbuchu, požiaru, alebo k uvoľňovaniu jedov.
Tunel kategórie E	Zákaz prejazdu pre všetky nebezpečné látky a predmety.

Rozhodnutie o zaradení tunela do jednej z týchto kategórií môže byť založené na hodnotení rizika pomocou nástrojov špeciálne vyvinutých pre tento druh aplikácie.

Jednotlivé triedy nebezpečných vecí v súlade s ADR sú uvedené v tabuľke 4.

Tabuľka 4 Triedy nebezpečných vecí

Trieda	Klasifikácia
Trieda 1	výbušniny a podobné výrobky
Trieda 2	Plyny
Trieda 3	horľavé kvapaliny
Trieda 4.1	horľavé tuhé látky, samovoľne reagujúce látky, tuhé znečistlivé výbušniny
Trieda 4.2	látky schopné samovznietenia
Trieda 4.3	látky, ktoré pri kontakte s vodou uvoľňujú horľavé plyny
Trieda 5.1	oxidačné činidlá
Trieda 5.2	organické peroxidy
Trieda 6.1	toxické látky
Trieda 6.2	infekčné látky
Trieda 7	rádioaktívne materiály
Trieda 8	žieravé látky
Trieda 9	iné nebezpečné látky a výrobky

Podľa štatistických dát najviac prepravovaného tovaru zaradeného do kategórie nebezpečný má Čína. Z európskych štátov je to Nemecko, Francúzsko, Veľká Británia a Taliansko. Podľa údajov Eurostatu boli na území EÚ v roku 2018 najviac prepravované nebezpečné veci patriace do Triedy 3 „horľavé kvapaliny“, ktoré zaberali viac ako polovicu celkového počtu (52,9 %). Dve ďalšie Triedy 2 „plyny“ (stlačené, skvapalnené alebo rozpustné pod tlakom) a Triedy 8 „žieravé látky“ tvorili 14,1 %, resp. 12,1 %. V porovnaní s predchádzajúcimi rokmi došlo k veľmi malým zmenám [L12].

Z pohľadu rizika vzniku požiaru nebezpečného tovaru prepraveného cez tunel treba rozlišovať triedu, do ktorej je zaradený. Presne odhadnúť, aké následky bude mať požiar (v závislosti od triedy, do ktorej je tovar zaradený) na povrch vozovky, je prakticky nemožné. Každá nebezpečná látka v prípade rozliatia, vysypania, resp. výbuchu môže spôsobiť iné zmeny. Tie, samozrejme, závisia od povahy látky, spôsobu vzniku požiaru, miery jeho intenzity a času trvania. V takýchto prípadoch treba brať do úvahy aj to, že väčšina týchto chemických látok vytvára veľmi nebezpečný až toxický oblak a produkty rozkladu, ktoré môžu vniknúť hlboko do konštrukčnej vrstvy vozovky. Nehovoriac o tom, že ak dôjde k veľkému požiaru, môže už samotná vysoká teplota deštruovať vozovku [L13].

Po veľkých požiaroch ADR v tuneloch (tunel pri Palerme, 1988; diaľničný tunel Mont-Blanc, 1999; Taurský tunel, 1999) došlo k sprísneniu legislatívy, čo sa prejavilo poklesom počtu požiarov a ich následkov. Pravdepodobnosť vzniku dopravnej nehody s účasťou ADR je v tuneloch na Slovensku veľmi nízka. Táto skutočnosť značne súvisí s podielom prepravy nebezpečných vecí na celkovej doprave, čo je hlboko pod európskym priemerom. Na Slovensku platí, že prejazd vozidiel prepravujúcich ADR je povolený cez tunely Bôrik, Šibenik, Svrčinovec, Poľana a Považský Chlmec, Lučivná, Žilina, Ovčiarsko, Prešov [L14].

2.6 Spomaľovače horenia

Spomaľovače horenia sú chemické látky, ktoré sa používajú na potlačenie horenia. Vo všeobecnosti fungujú tak, že zabráňujú horeniu horľavých materiálov a potláčajú šírenie plameňa. Aj keď mechanizmus potláčania horenia pomocou FR je známy od 19. storočia, široké uplatnenie tieto látky našli až potom, keď sa začali v rozsiahlej miere používať plasty a polymérne kompozitné materiály. V asfaltoch sa začali používať v sedemdesiatych rokoch dvadsiateho storočia pri výrobe bitúmenových strešných krytín. Najnovšie vedecké a technologické poznatky ponúkajú široké možnosti ich použitia v asfaltových vozovkách, hlavne v tuneloch a v podzemných garážach, kde hrozí riziko vzniku požiaru.

Horenie asfaltu je mimoriadne komplikovaný fyzikálno-chemický dej, pri ktorom postupne dochádza k zahrievaniu, rozkladu, vznieteniu a spaľovaniu, za vzniku dymu, ako následok nedokonalého spaľovania jednotlivých zložiek asfaltu.

Spomaľovač horenia ovplyvňuje procesy horenia narušením zahrievania, pyrolýzy zložiek asfaltového spojiva, vznietenia, tepelnej degradácie a prenosu energie. Spomaľovanie horenia môže fungovať na základe fyzikálneho pôsobenia (FR uvoľňuje vodu, CO_2 , NH_3 a N_2 , pričom odoberá časť vznikajúceho tepla) alebo na základe chemického pôsobenia (prerúšením pyrolýzy), čo následne vedie k zníženiu spaľovacieho výkonu. Existujú aj tzv. intumescentné FR, ktoré vytvárajú penu, tieto sa však vo väčšine prípadov používajú ako ochranné nátery budov [L15].

Spomaľovače horenia sa kategorizujú na základe ich chemickej štruktúry a vlastností. Sú zoskupené podľa toho, aké prvky obsahujú (bróm, chlór, fosfor, dusík, kovy alebo bór). V minulosti používané spomaľovače, ktoré obsahujú halogény, fosfor alebo bárium napojené na organické zlúčeniny, sa v podstate dostávajú do úzadia, pretože spôsobujú nežiaduce vedľajšie účinky. Na trh sú uvádzané nové účinné, menej toxické, biologicky odbúrateľné a k životnému prostrediu šetrné, tzv. „environmentally friendly“ FR [L16] materiály. Spomaľovače horenia sú k dispozícii v rôznych formách, ako sú spreje, tmely, farby, prášky a gély. Ich aplikácia zvyšuje medznú teplotu, pri ktorej sa materiál vznieti, znižuje rýchlosť horenia materiálov a minimalizuje šírenie plameňov.

Ideálny FR pre asfaltové zmesi by mal spĺňať najmä tieto požiadavky [L17]:

- vysoká účinnosť potláčania plameňa, zvýšenie medznej teploty, pri ktorej sa materiál vznieti, spomalenie šírenia plameňa,
- netoxicity,
- termostabilita a dobrá teplotná kompatibilita s asfaltom a asfaltovou zmesou,
- dlhá životnosť,
- pri použití sa neuvolňujú škodlivé plyny,
- fyzikálna kompatibilita s asfaltom bez vplyvu na jeho ostatné vlastnosti,
- prijateľná cena a nenáročnosť jeho aplikácie pri výrobe asfaltových zmesí.

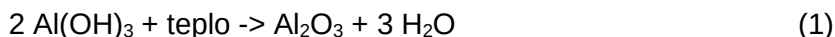
Na základe týchto kritérií sa do asfaltových zmesí používajú dva druhy FR:

1. ATH – trihydrát oxidu hlinitého ($\text{Al}_2\text{O}_3 \times 3\text{H}_2\text{O}$) – najbežnejšie používané FR

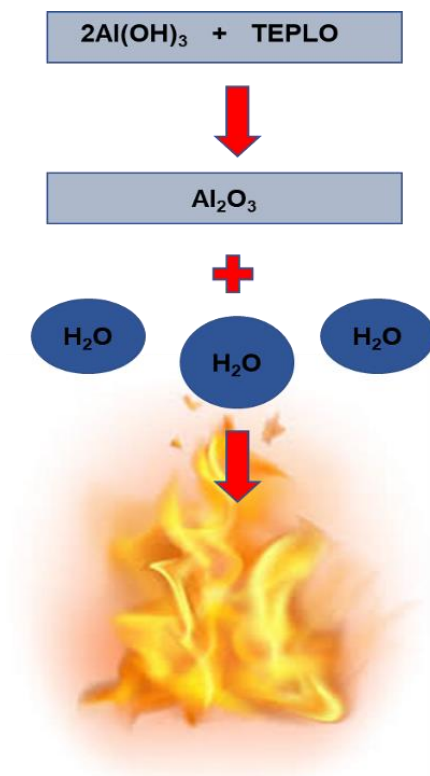
ATH je jemný prášok, ktorý sa jednoducho primieša k asfaltovej zmesi. V porovnaní s halogénovanými zlúčeninami je vhodnejším spomaľovačom horenia, pretože pri horení nevypúšťa toxický dym. Je najviac používaným spomaľovačom horenia.

Princíp fungovania (obrázok 3):

pri cca 220 ° C sa tri molekuly vody v ATH uvoľňujú endotermickou reakciou.



Uvoľnené molekuly vody uhasia povrch okolitých materiálov, a tým zabezpečia spomalenie horenia a potlačenie dymu.

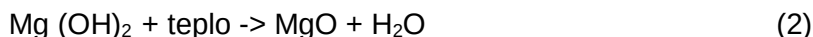


Obrázok 3 Princíp fungovania ATH

2. MDH – Hydroxid horečnatý ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) je účinný a „environmentally friendly“ spomaľovač

Princíp fungovania:

MDH spomaľuje horenie podobne ako ATH, ale dehydratuje pri teplote 330 °C. Rovnako ako ATH neobsahuje žiadne halogény a ani ťažké kovy.



MDH sa pri zahrievaní rozkladá a vytvára molekuly vody v endotermickej reakcii. To má za následok zníženie šírenia plameňa a tvorby dymu [L18].

Obidva druhy FR majú zníženú absorpciu vlhkosti počas skladovania. Pridávajú sa vo forme prášku, majú dobrú tepelnú stabilitu. Môžu sa primiešať k štandardne používanej kamennej múčke. Takto vytvorené kompozity sú vhodné ako spomaľovače horenia na výrobu asfaltových zmesí použitých v cestných tuneloch.

3 Analýza poznatkov z uplatnenia asfaltových zmesí v tuneloch v zahraničí

Najviac dlhých európskych cestných tunelov je v Rakúsku, Francúzsku a Švajčiarsku. V Španielsku a Nemecku je veľký počet tunelov s rôznou dĺžkou (od 400 m do 9 000 m). Veľmi podobne je na tom aj Chorvátsko, ale s oveľa menším počtom tunelov ako alpské krajiny. Veľké požiare v európskych tuneloch v rokoch 1999 – 2001 ukázali potrebu významne zvýšiť bezpečnosť tunelov.

Nešlo len o priestorové usporiadanie a celkovú konštrukciu tunela, zabezpečenie ventilácie, únikových ciest či vybudovanie spoľahlivého systému požiarnej bezpečnosti, ale bola zohľadnená aj potreba výberu vhodných materiálov pre výstavbu tunelov.

V prípade požiarov v tuneloch sa dosahujú vysoké teploty (väčšie ako 1 000 °C), šíria sa veľmi rýchlo, navyše pôsobia pomerne dlhú dobu (napr. požiar v cestnom tuneli St. Gotthard vo Švajčiarsku trval 53 h). Podľa odporúčaní hasičov „... vozovka by mala byť nehorľavá, nevylučujúca žiaden jedovatý dym a mala by byť svetlej farby, ktorá zvyšuje viditeľnosť. Ako materiál by mal byť preto na zhotovenie povrchu vozovky preferovaný betón oproti tradične používanému asfaltu, ktorý je horľavý a emituje jedovaté plyny.“ [citácia L19].

Niektoré európske krajiny vo svojich predpisoch výslovne požadujú alebo odporúčajú, aby vozovka v tuneloch bola betónová:

Rakúsko: v [T19] sa uvádza požiadavka, aby vozovka v cestných tuneloch nad 1000 m bola betónová.

Slovinsko: vyžaduje betónové vozovky v tuneloch dlhších ako 1 000 m.

Španielsko: verejné orgány odporúčajú v tuneloch použiť betónovú vozovku.

K všeobecnému použitiu asfaltových vozoviek v tuneloch a k aspektom ich vplyvu na požiaru bezpečnosť sa vyjadrili aj dve globálne profesionálne združenia – World Road Association – PIARC [L20] a EAPA [L21]. Dokumenty vydané týmito organizáciami obsahujú zhrnutie zhodnotenia dopadov použitia asfaltových vozoviek, ktoré sú súčasťou tunelov. Najdôležitejším záverom je, že obe organizácie považujú tento druh vozoviek za bezpečný a naďalej odporúčajú stavať a využívať zhutnené asfaltové vrstvy v konštrukcii vozoviek v diaľničných tuneloch. V roku 1999 bola technickou pracovnou organizáciou č. 6 („Fire and Smoke Control“) spadajúcou pod technickú komisiu C 5 organizácie PIARC publikovaná správa s názvom „Fire and Smoke Control in Road Tunnels“ [L22] ktorá sa týkala požiarnej bezpečnosti v tuneloch. Táto správa porovnávala dva typy vozoviek v tuneloch – cementobetónovú a asfaltovú. V záverečnom vyjadrení sa konštatuje, že vozovka zhotovená z asfaltového betónu (neodporúča sa použitie zmesí PA) nemá žiadny významný negatívny dopad na požiar a môže sa používať v tuneloch.

EAPA vydala vyhlásenie, že asfaltová vozovka nie je ľahko horľavá a na dosiahnutie samovznietenia je potrebné značné pôsobenie tepla. Túto úroveň expozície je možné dosiahnuť iba v bezprostrednej blízkosti už horiaceho vozidla. Výsledky výskumu naznačujú, že v prípade samovznietenia asfaltovej vozovky sa na ohni zúčastňuje iba povrchová (obrusná) vrstva. Množstvo nameraného pyrolytického toku je v porovnaní s množstvom dosiahnutým v prípade horiaceho vozidla veľmi nízke. Množstvo vyprodukovaných plynov a teploty v dôsledku spaľovania asfaltu nie je také veľké, aby výrazne zhoršili situáciu používateľov počas evakuácie [L23].

V októbri 2013 spoločnosť JP Autoceste Federacije BiH d.o.o. Mostar, Bosna a Hercegovina sformulovala pokyny umožňujúce použitie asfaltovej vozovky v tuneloch [T20]. Požiaru odolnosť asfaltového krytu a jeho účinok na konštrukciu tunela odôvodnili práve na základe správy Svetovej cestnej asociácie PIARC [L24]. Nakoniec závery z týchto štúdií začali implementovať aj iné krajiny, resp. organizácie.

Nemecko spracovalo štúdiu „Používanie asfaltových vozoviek v tuneloch, najmä v prípade požiaru“, v ktorej bolo záverečné vyjadrenie sformulované takto: „Neexistuje žiadny dôvod, pre ktorý by Nemecko prijalo rakúske rozhodnutie nepoužívať asfaltové vozovky v nových tuneloch, ktorých dĺžka presahuje 1 000 metrov.“ [L25].

Francúzsko vydalo v štúdiu „Vlastnosti horenia asfaltovej vozovky v prípade požiaru v tuneli“ vyhlásenie, že „pri požiaru v tuneli Mont-Blanc, podľa odhadov teplôt založených na vykonanom vyšetrovaní, nebola asfaltová vozovka príčinou šírenia požiaru“. „Všeobecným pravidlom je odporúčať použitie nehorľavých materiálov na strop a nehorľavých materiálov na boky, ale

neexistujú žiadne odporúčania týkajúce sa použitia materiálov na vozovky. Ďalej sa odporúča venovať osobitnú pozornosť možnosti prítomnosti galérií pod vozovkou“ [L26].

Vo Francúzsku navyše bola vypracovaná rozsiahla štúdia o odolnosti asfaltových zmesí voči ohňu. Predmetnú štúdiu si objednal USIRF (Odborová únia francúzskych cestných priemyselníkov) a realizoval ju CSTB – Vedecký a technický ústav pozemných stavieb, ktorý je nezávislou štátnou organizáciou. Štúdia bola zameraná hlavne na overenie schopnosti vozovky zhoršiť podmienky evakuácie osôb a zásahu záchranárov v prípade požiaru v cestnom tuneli. Overovalo sa 17 rôznych receptúr asfaltových zmesí, ktoré poskytli najväčší francúzski výrobcovia COLAS, EUROVIA a APPIA. Zo záverov experimentálnej časti vyplynuli tieto závery:

- Na vzplanutie je potrebné veľké tepelné zaťaženie. Takáto úroveň tepelného zaťaženia sa môže vyskytnúť iba v bezprostrednej blízkosti už horiacich vozidiel a je nezlučiteľná s prítomnosťou užívateľov tunelov, resp. s prítomnosťou záchranej služby v mieste vzplanutia asfaltovej zmesi.
- Iba povrchová časť vozovky môže aktívne prispievať k požiaru, ale iba do chvíle vzniku cca 1 cm hrubej vrstvy (kôry) na povrchu vozovky.
- Množstvo plynov uvoľnených z horiacej vozovky a tepelný výkon produkovaný pyrolýzou asfaltovej vozovky nie sú pravdepodobne faktorom, ktorý by výrazne zhoršil situáciu pre užívateľov vo fáze ich evakuácie z tunela.
- Spaľovanie vozovky plameňom sa skončí odstránením externého tepelného zdroja a vozovka nie je zdrojom ďalšieho rozširovania požiaru.

Závery štúdie tak jednoznačne potvrdili, že asfaltové zmesi nepredstavujú zvýšenie rizika z hľadiska bezpečnosti osôb pri eventúálnom požiari v tuneli [L27].

Ani v Chorvátsku nie je záväzné používať v tuneloch betónové vozovky. Správnosť tohto prístupu potvrdzujú aj štatistiky. Za posledných 25 rokov, t. j. v období, keď sa používali v tuneloch najmä asfaltové vozovky, neboli v Chorvátsku zaznamenané žiadne problémy súvisiace s bezpečnosťou pri požiari. Pri výbere typu vozovky v tuneli sa kladie dôraz najmä na požiarneho poplachový systém, metodiku hasenia požiaru a správnu stratégiu evakuácie ľudí.

Čína sa priklonila k daným odporúčaniam a na základe štúdií stanovili, že použitím epoxidových vrstiev nanesených na asfaltovú (ale aj betónovú) vozovku sa môžu okrem iných účinkov dosiahnuť vlastnosti nehorľavých materiálov [L28].

V Českej republike je problematika vozoviek v diaľničných tuneloch riešená normou ČSN 73 7507 – „Projektování tunelů pozemních komunikací“ [T21]. Z uvedenej normy vyplýva, že pre diaľničné tunely dlhšie ako 1000 m je nutné používať výhradne cementobetónový kryt. U stredne dlhých tunelov je vozovka s cementobetónovým krytom odporúčaná.

Slovensko: v TPR bola od roku 2001 stanovená požiadavka, aby v cestných tuneloch s dĺžkou nad 1 000 m bola betónová vozovka.

4 Základné charakteristiky asfaltových zmesí vhodných na použitie v tuneloch

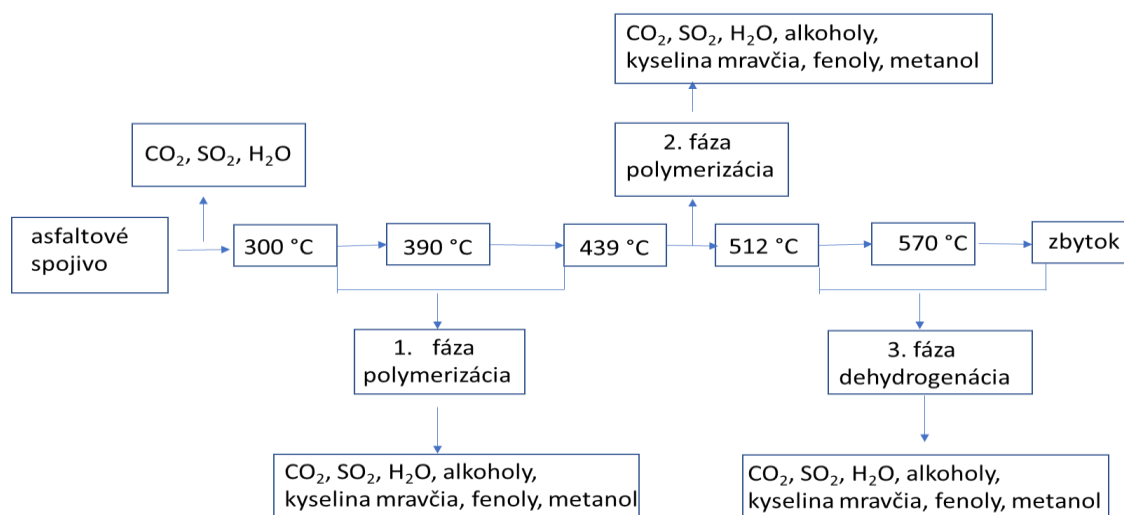
Vozovka v tuneloch musí zabezpečiť plynulú a bezpečnú prevádzku. Konštrukcia vozovky sa stanoví na základe požiaro-bezpečnostného riešenia a technicko-ekonomického posúdenia. Konštrukcia vozovky musí kontinuálne zachovať charakter vozovky. V rámci tejto RÚ sa stanovilo, že obrusná vrstva bude zmes SMA podľa STN EN 13108-5 (6,6 % asfaltu) a na chodníky zmes MA podľa STN EN 13108-7 (7,7 % asfaltu). Tieto zmesi sa vybrali na základe skutočností, že obsahujú najvyššie percento asfaltu. Receptúry oboch zmesí sú v súlade s požiadavkami uvedenými v [T16].

5 Vplyv zložiek asfaltovej zmesi na požiarne charakteristiky asfaltovej zmesi

Základnými zložkami asfaltovej zmesi sú asfaltové spojivo, kamenivo a prísady. V najbližších kapitolách sú detailne charakterizované základné zložky asfaltovej zmesi (asfalt, kamenivo, prísady) a ich vplyv na požiarne charakteristiky.

5.1 Vplyv asfaltového spojiva na požiarne charakteristiky asfaltovej zmesi

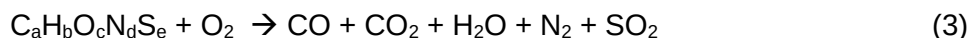
Asfaltové spojivo je komplexná zmes uhľovodíkov s rôznorodou chemickou štruktúrou a molekulovou hmotnosťou [L29]. Jednoduché tvrdenie, že asfaltové spojivo vzbĺkne a začne horieť, pričom sú emitované toxické plyny, nie je bez posúdenia reakčného mechanizmu a kinetiky takejto reakcie relevantné. Spaľovanie asfaltu je oxidačný proces, keď teplota spojiva stúpa na určitú úroveň a väzby medzi molekulami sa začínajú pretrhávať [L15]. Funkčné skupiny obsahujúce kyslík a alifatické bočné reťazce sa oddelia od hlavného reťazca makromolekúl, čím vzniká množstvo fragmentov a zlúčenín rôznych uhľovodíkov. Potom sa tieto molekuly uvoľnia na povrch asfaltu, následkom čoho sa začína tepelná oxidácia. Až pri tomto procese sa vytvára veľa plynných častíc, ktoré sa agregujú a v konečnom dôsledku vytvoria dym s rôznym obsahom chemických produktov (obrázok 4).



Obrázok 4 Schematický náčrt procesu spaľovania asfaltového spojiva

Horenie asfaltu sa dá rozdeliť do troch fáz v závislosti od zvýšenia teploty. Matematické simulačné modely kinetickej analýzy mechanizmu horenia asfaltu na základe experimentálnych meraní ukázali, že ide o trojstupňový proces, pričom prvé dve fázy boli prisúdené polymerizácii a tretí stupeň je vlastná dehydrogenácia.

Na obr. 4 sú schematicky znázornené jednotlivé fázy aj so vznikajúcimi možnými plynnými produktmi [L30]. K dramatickým zmenám dochádza až v tretej fáze. Pri teplote vyššej ako 280 °C je uvoľnených iba zopár plynných produktov s nízkou molekulovou hmotnosťou, ako napr. CO₂, SO₂ a H₂O. Spaľovanie pokračuje do prvého stupňa (T > 300 °C), uvoľňujú sa CO₂, H₂O, CO, metán a ďalšie uhľovodíky, ako formaldehyd, kyselina mravčia, aromatické zlúčeniny a heptány. V druhej fáze sa pridávajú nové plynné produkty. V tretej fáze popri už zmienených produktoch sa objavia alkoholy a fenoly, ako produkty rozkladu s vysokým stupňom vznietenia [L31]. Ak k spaľovaniu dochádza v prostredí s nedostatkom kyslíka, dôjde k nedokonalému spaľovaniu uhľovodíkov z asfaltu podľa schémy [L32, L33]:



Z hľadiska požiaru v tuneloch je nutné vziať do úvahy, že opísaný mechanizmus, ako aj vznik výsledných plynných produktov a ich kinetika, platia pre homogénnu reakciu, tzn. sú platné pre asfaltové spojivo, nie pre zhutnenú asfaltovú zmes, ktorá tvorí konštrukčnú vrstvu vozovky.

Tá obsahuje cca 95 % kameniva, asfalt je prítomný len ako spojivo (jeho množstvo je v porovnaní s kamenivom minoritné). Navyše, k samovznieteniu asfaltu (čistého) by malo dôjsť pri teplote (420 – 530) °C. Na to by bolo potrebné palivo (napr. rozliaty benzín na povrchu) a okamžitá iskra, čo podľa štúdií nie je pri kolízii áut bežné. Pri zistení havárie, resp. požiaru sa okamžite spustí alarm, ktorý hlási hasiacim zložkám požiar, zapína sa vetrací a bezpečnostný systém tunela. Čas, kým dôjde k horeniu vozovky (aby došlo až k druhej a až tretej fáze kinetiky horiaceho procesu a k úniku veľkého množstva nebezpečných plynov), je podľa vyjadrení odborníkov dostatočný na primárny únik účastníkov dopravnej nehody.

5.2 Vplyv zloženia kameniva na požiarne charakteristiky asfaltovej zmesi

Kamenivo tvorí podstatnú časť asfaltovej zmesi používanej v konštrukcii vozovky. O správnom výbere technickej špecifikácie rozhoduje účel použitia stavebného výrobku. Z pohľadu produkcie kameniva Slovensko disponuje dostatočným množstvom nerastných surovín požadovaných vlastností, z ktorých dominujú nasledovné [L34]:

1. magmatické/vulkanické horniny: granit, granodiorit, ryolit, andezit, bazalt (čadič), paleobazalt (melafýrový porfýrit), v malom zastúpení aj tufy vulkanických hornín;
2. metamorfované horniny: rula, migmatit, amfibolit, kvarcit;
3. chemogénne sedimentárne horniny: dolomit, vápenec a detritické sedimentárne horniny: spevnené – pieskovec, kremenec; nespevnené – štrk, piesok a pod.

Na výrobu asfaltových zmesí sa používa kamenivo, ktoré vyhovuje požiadavkám STN EN 13043. V našich podmienkach sú konkrétne požiadavky na kamenivo pre jednotlivé typy asfaltových zmesí v závislosti od TDZ stanovené v [T17].

Dôležité je poznanie, v akej miere sa pôsobením vysokých teplôt, ktoré vznikajú pri požiari v tuneli, zmenia vlastnosti kameniva. Vysoká teplota v dôsledku horenia môže spôsobiť vznik mikrotrhlín. Poruchy súvisiace s teplotou sa šíria v dôsledku rozdielnej expanzie susedných minerálov, čo vedie k vytváraniu napätí medzi nimi. Ak toto napätie prekročí pevnosť v ťahu horniny, dôjde k vzniku mikrotrhlín v kamenive, výsledkom čoho môže byť aj jeho drobenie. K minerálom, ktoré sú k takýmto zmenám náchylnejšie, patrí napríklad kremeň. Uhlíkatové kamenivo sa vplyvom teploty začne drobiť až pri ich obsahu nad 30 % [L35].

Dôležitým faktorom pri vytváraní mechanických zmien kameniva je obsah vnútorne viazanej vody v jeho štruktúre. Napr. v kamenive obsahujúcom sadru, serpentín a iné hydratované minerály vedie zvýšenie teploty k rýchlym mineralogickým zmenám s uvoľňovaním tekutej fázy. Tým dochádza k nárastu deformácií a pri dlhšom pôsobení vysokej teploty môže dôjsť až k rozkladu minerálov na mastenec.

Pri kamenive z vulkanických hornín (melafýr, andezit, amfibolit) sa vplyvom teploty môžu objaviť póry po odparení vody alebo úniku CO₂. Vznik pórov by mohol ovplyvniť vlastnosti kameniva, hlavne ak je vysoká teplota zapríčinená horením nebezpečných látok. Tie sa pri vysokých teplotách rozkladajú, produkty ich rozkladu môžu vniknúť do pórov a spôsobiť poruchy kameniva. Tento proces je však v prípade asfaltových zmesí značne eliminovaný prítomnosťou asfaltu, ktorý postupne vypĺňa voľné póry v kamenive.

Vo všeobecnosti možno konštatovať, že kamenivo, ktoré sa používa v asfaltových zmesiach, sa nemení vplyvom vysokých teplôt pri požiari v tuneli v takej miere, aby to viedlo k degradácii asfaltovej zmesi.

5.3 Vplyv prísady na požiarne charakteristiky asfaltovej zmesi

Prísady v asfaltových zmesiach sú pre výsledné vlastnosti asfaltovej zmesi veľmi dôležité aj vtedy, keď sa pridávajú v minoritných podieloch na celkovú hmotnosť zmesi. Cieľom prísad je najmä:

- zlepšiť spracovateľnosť asfaltových zmesí,
- zamedziť stekaniu asfaltu z kameniva,

- zlepšiť priľnavosť asfaltu ku kamenivu,
- znížiť teplotu pri výrobe a spracovaní asfaltových zmesí,
- znížiť horľavosť asfaltových zmesí,
- zmeniť farbu asfaltovej zmesi.

Hmotnosť prísad v asfaltových zmesiach dosahuje iba niekoľko percent z celkovej hmotnosti zmesi.

Na zmenu reologických vlastností sa najčastejšie používajú tzv. Fisher-Tropschove parafíny a amidy mastných kyselín. Chemické prísady fungujú ako povrchovo-aktívne látky a regulujú trecie sily na rozhraní asfaltu a kameniva, čím dochádza k lepšiemu priľnutiu asfaltu ku kamenivu a lepšej spracovateľnosti asfaltovej zmesi umožňujúcej znížiť teploty pri výrobe a spracovaní.

Pri výrobe asfaltovej zmesi SMA sa ako prísada používajú upravené prírodné alebo recyklované celulózové vlákna, často v kombinácii s rôznymi modifikátormi. Prísady sa dávajú priamo do miešačky, v množstve (0,3 – 0,6) % na 100 % hmotnosti zmesi. Doba miešania sa predĺži tak, aby sa dosiahlo rovnomerné rozloženie vlákien v asfaltovej zmesi. Čisté celulózové vlákna horia jasným plameňom, popol je sivý a nie je nebezpečný z hľadiska výparov. Vzhľadom na ich celkový obsah v asfaltovej zmesi však tieto prísady nezvyšujú horľavosť asfaltových zmesí.

V prípade použitia asfaltovej zmesi typu MA sa na zlepšenie spracovateľnosti používajú prísady s obsahom zmesi esterového a amidového vosku. Táto zmes neobsahuje nebezpečné chemické látky v koncentráciách vyžadujúcich klasifikáciu. Čistá zmes horí a vznikajú rozkladné produkty, ako rôzne oxidy dusíka, oxidy uhlíka a amoniak. V množstvách, v ktorých sa prísady používajú na výrobu MA (cca. 1 % na celkovú hmotnosť), nespôsobujú žiadne vedľajšie negatívne účinky.

6 Súčasný stav legislatívy v tejto oblasti

6.1 Legislatíva Európskej únie, koncepcia protipožiarnej bezpečnosti tunela

Legislatívne opatrenia v rámci Európskej únie sa začali tvoriť v roku 2001. Európska komisia oznámila, že navrhne minimálne bezpečnostné požiadavky na cestné tunely patriace do transeurópskej cestnej siete. Európa sa následne zjednotila v minimálnych bezpečnostných požiadavkách pre cestné tunely a prijala spoločnú európsku smernicu [Z12], ktorá nadobudla platnosť 29. apríla 2004 v Štrasburgu.

Táto smernica pojednáva o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v transeurópskej cestnej sieti s cieľom vytvorenia jednotnej, stálej a vysokej úrovne ochrany všetkých európskych občanov v cestných tuneloch. Smernica presne definuje požiadavky na technologickú a bezpečnostnú infraštruktúru tunela v závislosti od jeho dĺžky, intenzity dopravy, od počtu rúr a iných dôležitých parametrov. Uplatnením smernice pri návrhu a stavbe tunelov sa zníži riziko vzniku kritických situácií, ktoré môžu ohroziť ľudské životy, životné prostredie, ako aj prevádzkové zariadenia cestných tunelov.

Súčasne sa vytvárajú podmienky na ochranu v prípade nehôd. Podľa tejto smernice museli do mája 2014 krajiny Európskej únie prispôbiť všetky cestné tunely v krajine týmto bezpečnostným požiadavkám. Cestné tunely (s dĺžkou nad 500 m) odovzdané do prevádzky po nadobudnutí platnosti nových pravidiel museli už vyhovovať stanoveným požiadavkám. Iba Taliansko dostalo výnimku na zmodernizovanie svojich cestných tunelov do roku 2019.

V Slovenskej republike je táto európska smernica uvádzaná ako nariadenie vlády SR č. 344/2006 Z. z. o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v cestnej sieti, ktorá bola prijatá 24. mája 2006 [Z13].

Európska dohoda ADR

Táto dohoda bola uzavretá v Ženeve 30. septembra 1957 pod záštitou UNECE a účinnosť nadobudla 29. januára 1968. Po niekoľkých úpravách/doplňkoch bol názov dohody 13. mája 2019 (s platnosťou od 1. januára 2021) zmenený na Dohodu o medzinárodnej cestnej preprave nebezpečných vecí (ADR). Na zachovanie jednotných podmienok voľného obchodu v rámci Európskej únie (EÚ), boli prílohy ADR A a B prijaté členskými štátmi EÚ. Tým sa vytvoril základ pre reguláciu prepravy nebezpečných vecí po ceste tak v rámci ich územia, ako aj medzi ich územiami (smernica 2008/68/ES Európskeho parlamentu a Rady z 24. septembra 2008 o vnútrozemskej preprave nebezpečného tovaru v platnom znení) [L36]. Niektoré krajiny mimo EÚ taktiež prijali prílohy ADR A a B ako základ pre ich národnú legislatívu.

6.2 Slovenská legislatíva

V Slovenskej republike je vyššie opísaná smernica zapracovaná v nariadení vlády SR [Z13] o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v cestnej sieti z 24. mája 2006. Problematika protipožiarnej bezpečnosti tunelov je obsiahnutá aj vo viacerých TPR [T13], [T14].

TKP 26/2017 v článkoch týkajúcich sa materiálov použitých pri výstavbe tunelov sa uvádza:

3.1 Všeobecne

Materiály použité pri výstavbe tunelov a požiadavky na ich vlastnosti sú predpísané v PD. Ak PD predpisuje prísnejšie požiadavky ako TKP, platia požiadavky uvedené v PD.

Vlastnosti stavebných výrobkov, ktoré sú určujúce vzhľadom na vhodnosť ich použitia v tuneli, upravujú všeobecne záväzné právne predpisy v zmysle § 2 [Z5].

Zhotoviteľ je povinný pri výrobe stavebných výrobkov zložených z viacerých materiálov zaistiť požadovanú kvalitu týchto stavebných výrobkov. Zdroje stavebných materiálov, dávkovanie, miešanie a pod. musia byť určené technologickým predpisom zhotoviteľa. Technologický predpis zhotoviteľa schvaľuje objednávatel/stavebný dozor.

Akékoľvek zmeny materiálov a stavebných výrobkov alebo ich vlastností uvedených v PD, TKP alebo ZTKP musia byť vopred schválené stavebným dozorom, objednávatelom a dotknutým orgánom.

7 Stanovenie požiarnych charakteristík vybraných typov asfaltových zmesí

Reakcia na oheň je charakteristika stavebného výrobku, ktorá vyjadruje jeho spôsobilosť prispievať (resp. neprispievať) k šíreniu ohňa. Jej hodnota sa stanovuje na základe výsledkov skúšok, počas ktorých sú stavebné výrobky vystavené tepelným namáhaniam, charakteristickým pre rôzne fázy požiaru, pričom sa hodnotí ich prínos na šírenie ohňa prostredníctvom kategórií, ktoré sa týkajú horľavosti, energetického príspevku, dymotvorného charakteru a produkcie horiacich kvapiek alebo zvyškov.

Pri výbere asfaltových zmesí, na ktorých sa budú stanovovať požiarne charakteristiky, sme sa zamerali na typy vhodné na obrusné vrstvy s vysokým obsahom asfaltu:

- asfaltový koberec mastixový (SMA) s obsahom asfaltu 6,6 %, ako obrusná vrstva;
- liaty asfalt (MA) s obsahom asfaltu 7,7 %, ako kryt na chodníky.

Reakcia na oheň stavebného výrobku je požiadavka, ktorá sa na Slovensku uplatňuje v zmysle STN EN 13501-1 platnej od 1. 11. 2019. V tabuľke 2 tejto normy sú stanovené skúšobné metódy a klasifikačné kritériá pre triedy reakcie na oheň týkajúce sa podlahových krytín. V súčasnosti neexistuje žiadna samostatná norma na stanovenie triedy reakcie na oheň pre asfaltové vrstvy vozovky, a preto sa postupuje podľa požiadaviek platných pre podlahové krytiny. Požiadavky pre triedy reakcie na oheň A_{fl}, A_{2fl} a B_{fl} sú uvedené v tabuľke 5.

Tabuľka 5 Triedy reakcie na oheň, podlahové krytiny (STN EN 13501-1)

Trieda	Skúšobné metódy	Klasifikačné kritéria	Doplňková klasifikácia
A1 _{fl}	EN ISO 1182	$\Delta T \leq 30 \text{ °C}$ a $\Delta m \leq 50 \text{ %}$ a $t_f = 0 \text{ s}$ (t. j. bez trvalého horenia)	-
	EN ISO 1716	$PCS \leq 2,0 \text{ MJ/kg}^{a)}$ a $PCS \leq 2,0 \text{ MJ/kg}^{b)}$ a $PCS \leq 1,4 \text{ MJ/m}^2 \text{ }^{c)}$ a $PCS \leq 2,0 \text{ MJ/kg}^{d)}$	-
A2 _{fl}	EN ISO 1182 ^{a)}	$\Delta T \leq 50 \text{ °C}$ a $\Delta m \leq 50 \text{ %}$ a $t_f \leq 20 \text{ s}$	-
	Alebo		
	EN ISO 1176	$PCS \leq 3,0 \text{ MJ/kg}^{a)}$ a $PCS \leq 4,0 \text{ MJ/kg}^{b)}$ a $PCS \leq 4,0 \text{ MJ/m}^2 \text{ }^{c)}$ a $PCS \leq 3,0 \text{ MJ/kg}^{d)}$	-
	A		
B _{fl}	EN ISO 9239-1 ^{e)}	Kritický tok ^{f)} $\geq 8,0 \text{ kW/m}^2$	tvorba dymu ^{g)}
	EN ISO 11925-2 ^{h)} ; namáhanie = 15 s	$F_s \leq 150 \text{ mm}$ za 20 s	-

^{a)} Pri homogénnych výrobkoch a významných zložkách nehomogénnych výrobkov.
^{b)} Pri každej vonkajšej nevýznamnej zložke nehomogénnych výrobkov.
^{c)} Pri každej vnútornej nevýznamnej zložke nehomogénnych výrobkov.
^{d)} Pri výrobku ako celku.
^{e)} Dĺžka skúšky 30 minút.
^{f)} Kritický tok je určený ako tok sálavého tepla, pri ktorom plameň zhasne, alebo tok sálavého tepla po 30 minútach skúšky podľa toho, ktorý z nich je nižší (t. j. tok zodpovedajúci najväčšiemu rozšíreniu plameňa).
^{g)} s1 = dym $\leq 750 \text{ % min.}$
s2 = nespĺňa s1.
^{h)} Za podmienok vystavenia povrchu vzorky plameňu, a ak je to vhodné z hľadiska konečného použitia výrobku, aj vystavenia hrany vzorky plameňu.

Z tabuľky je zrejmé, že pri stanovovaní triedy reakcie na oheň sa musí dopredu vybrať trieda, pri ktorej je predpoklad, že ju skúšaný materiál dosiahne, a podľa toho vykonať v akreditovanom laboratóriu predpísané skúšky.

8 Skúšky asfaltových zmesí

8.1 Výsledky skúšok poskytnuté COLAS Slovakia, a. s.

Spoločnosť COLAS Slovakia, a. s., poskytla výsledky štúdie šírenia plameňa a horľavosti asfaltovej zmesi, ktorá bola vykonaná vo Francúzsku na základe objednávky spoločnosti USIRF/Route de France.

Súčasne sme dostali k dispozícii výsledky skúšok liateho asfaltu s určením triedy reakcie na oheň, ktoré si objednala spoločnosť COLAS Slovakia, a. s., na preukázanie vhodnosti jeho použitia na únikových chodníkoch v cestných tuneloch – tabuľka 6.

Tabuľka 6 Výsledky skúšok zmesi liateho asfaltu MA 4, CA 20/30

Vlastnosť	Skúšobná norma	Trieda reakcie na oheň STN EN 13501-1	Protokol
Zapáliteľnosť výrobku vystaveného priamemu pôsobeniu plameňa	STN EN ISO 11925-2: 2011	E	FIRES-CR-112-19-AUPS ¹⁾
Správanie sa pri horení s použitím zdroja sálavého tepla	ČSN ISO 9239-1:2010 ČSN EN 13238:2010	B _{fl} – s1 ¹	PK-1-02-19-007-C-0
¹⁾ Na zatriedenie sa použili aj výsledky z pracoviska Fires, s. r. o.			

Takto overené MA 4 bolo v roku 2019 zabudované v dvoch cestných tuneloch na úseku D1 pri Žiline.

8.2 Skúšky v rámci RÚ

Na základe špecifikácie a predmetu zákazky sme pri laboratórnom overovaní vybraných zmesí postupovali tak, že v prípade zmesi SMA (obrusná vrstva vozovky) sa v autorizovanom laboratóriu vykonali skúšky v rozsahu potrebnom na preukázanie triedy reakcie na oheň A1_{fl}.

Keďže výsledky skúšok poskytnuté spoločnosťou COLAS Slovakia, a.s., umožnili zatriedenie (podľa vtedy platnej legislatívy) liateho asfaltu vhodného na pochôdznu vrstvu únikových chodníkov do triedy B_{fl} – s1, bolo rozhodnuté, že pri tomto type zmesi overíme možnosť dosiahnutia vyššej triedy reakcie na oheň (A2_{fl}) pridaním spomaľovača horenia. Použili sme bežne používaný hydroxid horečnatý, ktorý nemeš štandardne požadované parametre liateho asfaltu.

Skúšky potrebné na zatriedenie asfaltových zmesí (trieda reakcie na oheň) boli vykonané v akreditovanom laboratóriu PAVUS, a.s., Veselí nad Lužnicí, ktoré vykonalo požadované skúšky v plnom rozsahu. Predmetom bolo odskúšanie asfaltových zmesí podľa STN EN 13501-1: 2019 pre triedu reakcie na oheň A1_{fl}, resp. A2_{fl} pre zmes SMA a MA so spomaľovačom horenia a bez neho.

8.2.1 Príprava asfaltovej zmesi SMA 11 O PMB 45/80-75

Asfaltová zmes SMA 11 O PMB 45/80-75 bola vyrobená na obalovacej súprave OS Senec, Slovenské Asfalty, s. r. o., v zmysle [T16]. Obsah asfaltu v zmesi bol 6,6 %. Výsledky skúšok rozboru asfaltovej zmesi sú uvedené v tabuľke 7.

Tabuľka 7 Vlastnosti asfaltovej zmesi SMA

Technická špecifikácia	Jednotka	Skúšobná norma	Nameraná hodnota	Požadované kritérium
Obsah asfaltu po extrakcii	%	STN EN 12697-1	6,6	6,2 – 6,8
Objemová hmotnosť	mg/m ³	STN EN 12697-6	2,406	-
Maximálna objemová hmotnosť	mg/m ³	STN EN 12697-5	2,477	-
Medzerovitost' vo vode	%	STN EN 12697-8	2,9	2,5 – 4,5
Teplota zmesi pri odbere	°C	STN EN 12697-13	177	-
Teplota zmesi pri príprave vzoriek	°C	STN EN 12697-13	160	-

Výrobu vzoriek z tejto zmesi sme realizovali so spoločnosťou PORR, s r. o., priamo na ich úseku stavby D4/R7.

Vyrobili sme tri veľkoplošné vzorky (obrázky 5 až 8) na stanovenie jej zápalnosti vystavením priamemu pôsobeniu plameňového horenia a chovania sa pri horení použitím zdroja sálavého tepla (STN EN ISO 9239-1). Tieto vzorky boli spolu so vzorkami na stanovenie spalného tepla (STN EN ISO 1716) expedované do akreditovaného laboratória.



Obrázok 5 – 8 Príprava vzoriek na skúšky asfaltovej zmesi SMA 11 O PMB 45/80-75

8.2.2 Príprava liateho asfaltu MA 11 PMB 10/40-65

Liaty asfalt MA 11 PMB 10/40-65 bol vyrobený podľa [T3]. Obsah asfaltu bol 7,7 %. Liaty asfalt MA 11 PMB 10/40-65 bol pripravený v alternatívach bez spomaľovača horenia a so spomaľovačom horenia. Obidva typy liateho asfaltu boli vyrobené v spoločnosti AQUA-VITA s r. o., v Bratislave v pojazdnom variči. Počas prípravy liateho asfaltu bola zabezpečená presnosť dávkovania jednotlivých komponentov asfaltovej zmesi podľa [T3] a bola kontinuálne zabezpečená kontrola teploty, ktorá sa pohybovala v rozmedzí 220 °C až 240 °C.

Na zlepšenie fyzikálno-chemických vlastností zmesí MA a ich spracovateľnosti bola do zmesi pridaná stabilizačná prísada (3 % na celkovú hmotnosť zmesi). Obsah pridaného spomaľovača horenia bol 2 %. Príprava zmesí MA bez spomaľovača horenia a so spomaľovačom horenia prebehla bez problémov, jednotlivé komponenty boli riadne premiešané a vzniknuté zmesi boli dobre spracovateľné.

Boli pripravené 3 veľkoplošné vzorky MA bez spomaľovača horenia a 3 veľkoplošné vzorky MA so spomaľovačom horenia na stanovenie zápalnosti vystavením priamemu pôsobeniu plameňového horenia a chovania sa pri horení použitím zdroja sálavého tepla. Príprava vzoriek je znázornená na obrázku 9 až 14.





Obrázok 9 – 14 Príprava vzoriek na skúšky asfaltovej zmesi MA 11 O PMB 10/40-65

8.3 Výsledky skúšok reakcie na oheň

V akreditovanom laboratóriu PAVUS, a.s., boli prevedené a vyhodnotené skúšky reakcie na oheň na základe dodaných vzoriek a ich technických listov podľa uvedených noriem:

1. STN EN ISO 1716 – Skúška reakcie stavebných výrobkov na oheň – Stanovenie spalného tepla (kalorické hodnoty).
2. STN EN ISO 9239-1 – Skúšky reakcie podlahových krytín na oheň. Časť 1: Určovanie správania pri horení pri použití zdroja sálavého tepla.
3. STN EN ISO 11925-2 – Skúšky reakcie na oheň. Zapáliteľnosť výrobkov vystavených priamemu pôsobeniu plameňa.

8.3.1 Výsledky skúšok reakcie na oheň asfaltovej zmesi SMA 11 O PMB 45/80-75

V tabuľke 8 sú uvedené výsledky skúšok reakcie na oheň stanovených podľa príslušných noriem asfaltovej zmesi SMA 11 O PMB 45/80-75.

Tabuľka 8 – Výsledky skúšok reakcie na oheň asfaltovej zmesi SMA 11 O PMB 45/80-75

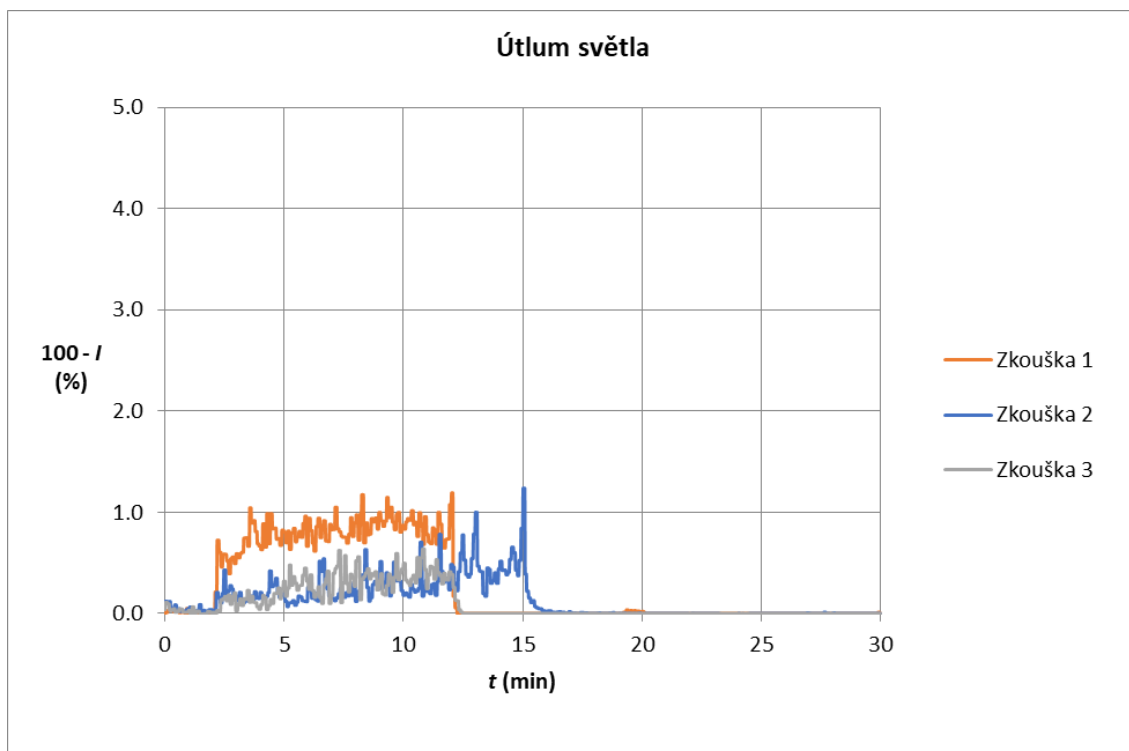
Skúšobná norma	Parameter	Jednotka	Nameraná hodnota	Splnenie parametrov
EN ISO 9239 – 1	Kritický tok CF	kW/m ²	≥ 11	≥ 8,0 (A2 _{fl})
	Dym	% x min	4,1	≤ 750 (s1)
EN ISO 1716	Spalné teplo Q _{PCS}	MJ/kg	2,74	≤ 3,0 MJ/kg (A2 _{fl})
Poznámka 1: zmes obsahuje 6,6 hm. % asfaltu s hodnotou spalného tepla Q_{PCS} = 42,11 MJ/kg, ostatné zložky sú organické s maximálnou hodnotou PCS = 0 MJ/kg, použité pri výpočte celkového PCS. Stanovené spalné teplo asfaltovej zmesi Q_{PCS} SMA 11 o PMB 45/80-75 je 2,60 MJ/kg. Poznámka 2: Namerané hodnoty sú aritmetickým priemerom 3 meraní.				

Výsledky z merania dymu podľa STN EN ISO 9239-1 sú uvedené v tabuľke 9.

Tabuľka 9 – Výsledky skúšok reakcie na oheň podľa STN EN ISO 9239-1 asfaltovej zmesi SMA 11 O PMB 45/80-75

Parameter	Jednotka	Nameraná hodnota
Vzdialenosť medzi čelom plameňa a nulovým bodom v 10. minúte	mm	20
Najvzdialenejšie miesto čela plameňa	mm	20
Hodnota kritického tepelného toku (CF)	kW/m ²	≥ 11
Čas uhasnutia plameňa	s	720
Maximálny útlm svetla	%	1,0
Integrál ztemnenia dymom	% x min	4,1
Poznámka: Namerané hodnoty sú aritmetickým priemerom z troch meraní		

Z pozorovania počas skúšok je možné deklarovať, že vzorky začali mierne horieť po priblížení skúšobného horáka. Došlo k vytvoreniu pľuzgierov, prechodnému objaveniu plameňa a taveniu (do vzdialenosti cca. 300 – 400 mm). Nedošlo k preniknutiu plameňa k podkladu a žeraveniu. Krivka útlmu svetla v závislosti od času pre asfaltovú zmes SMA 11 O PMB 45/80-75 je znázornená na obrázku 15.



Obrázok 15 Krivka útlmu svetla v závislosti od času pre asfaltovú zmes SMA 11 O PMB 45/80-75
(prevzaté z č. Pr-21-1.146, Pavus, a.s.)

Na obrázku 16 je znázornený povrch vzorky z asfaltovej zmesi SMA 11 O PMB 45/80-75 pred skúškou (A) a po skúške (B).



(A) Asfaltová zmes pred skúškou



(B) Asfaltová zmes po skúške

Obrázok 16 Asfaltová zmes SMA 11 O PMB 45/80-75 pred skúškou a po skúške

8.3.2 Výsledky skúšok reakcie na oheň liateho asfaltu MA 11 PMB 10/40-65

V tabuľke 10 sú uvedené výsledky skúšok reakcie na oheň stanovených podľa príslušných noriem liateho asfaltu MA 11 PMB 10/40-65 bez spomaľovača horenia a so spomaľovačom horenia.

Tabuľka 10 – Výsledky skúšok reakcie na oheň liateho asfaltu MA 11 PMB 10/40-65 bez spomaľovača horenia a so spomaľovačom horenia

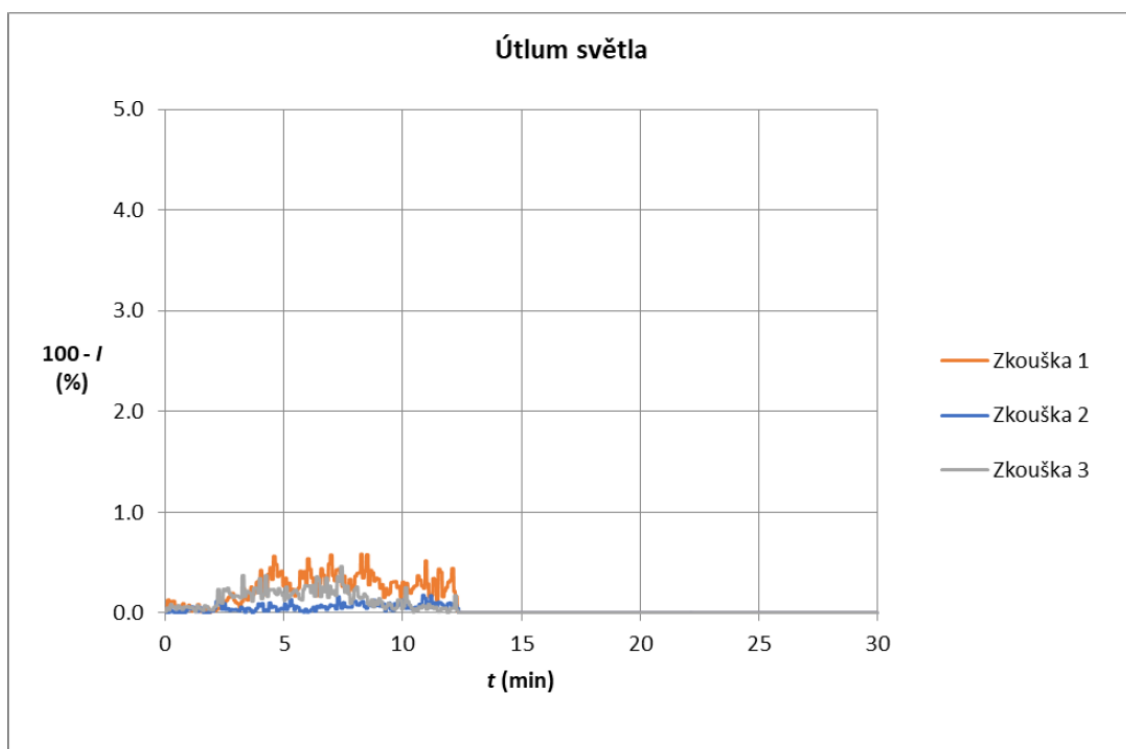
Skúšobná norma	Parameter/Jednotka	Počet skúšok	Výsledky	
			Kontinuálny parameter - priemerná hodnota	Splnenie parametrov
EN ISO 9239 - 1 pre MA 11 PMB 10/40-65 bez spomaľovača horenia	Kritický tok CF/kW/m ²	3	≥ 11	≥ 8,0 (A _{2fi})
	Dym/% x min		1,6	≤ 750 (s ₁)
EN ISO 9239 - 1 pre MA 11 PMB 10/40-65 so spomaľovačom horenia	Kritický tok CF/kW/m ²	3	≥ 11	≥ 8,0 (A _{2fi})
	Dym/% x min		3,8	≤ 750 (s ₁)
EN ISO 11925-2 expozícia povrchu pre MA 11 PMB 10/40-65 bez spomaľovača horenia	Fs (mm) ≤ 150 mm do 20 s nezapálenia filtračného papiera	6	Po dotyku plameňa so vzorkou nedošlo k horeniu. Filtračný papier nebol zapálený.	áno (B _{fi})
EN ISO 11925-2 expozícia povrchu pre MA 11 PMB 10/40-65 so spomaľovačom horenia	Fs (mm) ≤ 150 mm do 20 s nezapálenia filtračného papiera	6	Po dotyku plameňa so vzorkou nedošlo k horeniu. Filtračný papier nebol zapálený.	áno (B _{fi})
EN ISO 1716	Spalné teplo (Q _{PCS} /MJ/kg)	3	3,4	nie ≤ 3,0 MJ/kg (A _{2fi})
Poznámka: liaty asfalt obsahuje 7,7 hm. %, hodnota spálneho tepla asfaltu PMB 10/40-65 Q _{PCS} = 42,14 MJ/kg, ostatné zložky sú organické s maximálnou hodnotou PCS = 0 MJ/kg, použité pri výpočte celkového PCS. Stanovené PCS liateho asfaltu MA 11 PMB 10/40-65 je 3,40 MJ/kg.				

Výsledky z merania dymu podľa STN EN ISO 9239-1 pre liaty asfalt MA 11 PMB 10/40-65 bez spomaľovača horenia sú uvedené v tabuľke 11.

Tabuľka 11 – Výsledky skúšok reakcie na oheň podľa STN EN ISO 9239-1 liateho asfaltu MA 11 PMB 10/40-65 bez spomaľovača horenia

Parameter	Jednotka	Nameraná hodnota
Vzdialenosť medzi čelom plameňa a nulovým bodom v 10. minúte	mm	30
Najvzdialenejšie miesto čela plameňa	mm	30
Hodnota kritického tepelného toku (CF)	kW/m ²	≥ 11
Čas uhasnutia plameňa	s	721
Maximálny útlm svetla	%	0,4
Integrál stemnenia dymom	% x min	1,6
Poznámka: Namerané hodnoty sú aritmetickým priemerom z troch meraní		

Krivka útlmu svetla v závislosti od času pre liaty asfalt MA 11 PMB 10/40-65 bez spomaľovača horenia je znázornená na obrázku 17.



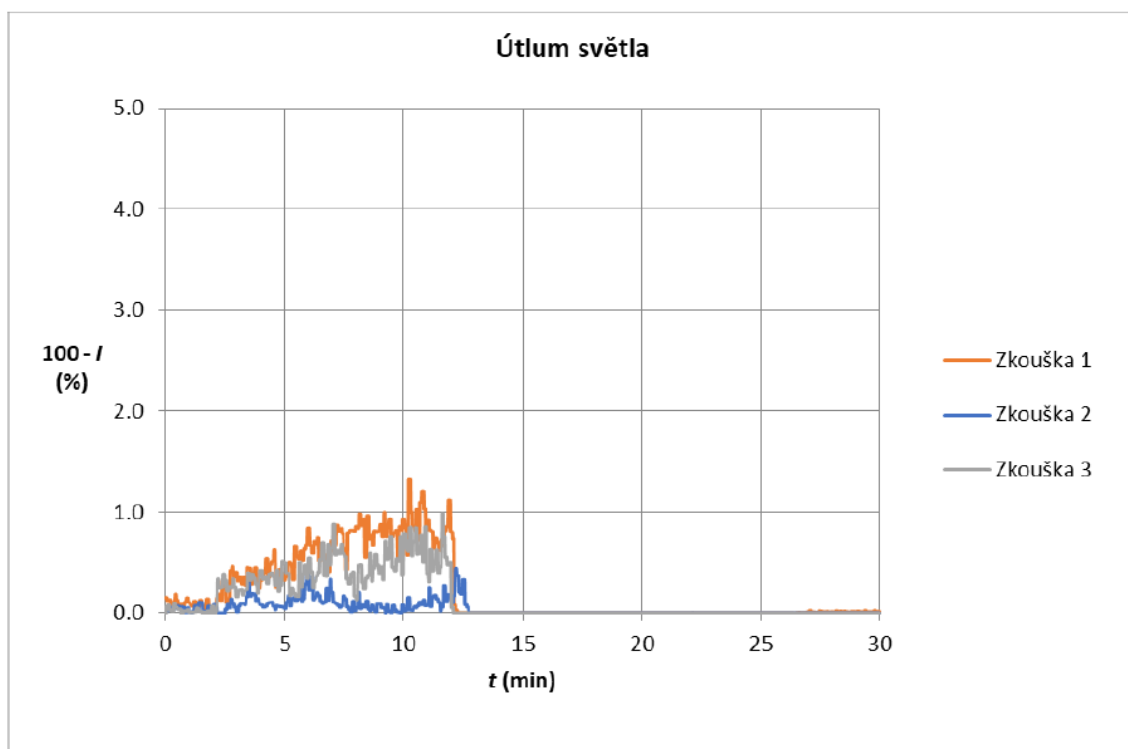
Obrázok 17 Krivka útlmu svetla v závislosti od času pre liaty asfalt MA 11 PMB 10/40-65 bez spomaľovača horenia (prevzaté z protokolu č. Pr-21-1.148, Pavus, a.s.)

Výsledky z merania dymu podľa STN EN ISO 9239-1 pre liaty asfalt MA 11 PMB 10/40-65 so spomaľovačom horenia sú uvedené v tabuľke 12.

Tabuľka 12 – Výsledky skúšok reakcie na oheň podľa STN EN ISO 9239-1 liateho asfaltu MA 11 PMB 10/40-65 so spomaľovačom horenia

Parameter	Jednotka	Nameraná hodnota
Vzdialenosť medzi čelom plameňa a nulovým bodom v 10. minúte	mm	17
Najvzdialenejšie miesto čela plameňa	mm	20
Hodnota kritického tepelného toku (CF)	kW/m ²	≥ 11
Čas uhasnutia plameňa	s	721
Maximálny útlm svetla	%	0,9
Integrál stemnenia dymom	% x min	3,8
Poznámka: Namerané hodnoty sú aritmetickým priemerom z troch meraní		

Krivka útlmu svetla v závislosti od času pre vzorku MA 11 PMB 10/40-65 so spomaľovačom horenia je znázornená na obrázku 18.



Obrázok 18 Krivka útlmu svetla v závislosti od času pre liaty asfalt MA 11 PMB 10/40-65 so spomaľovačom horenia (prevzaté z protokolu č. Pr-21-1.148, Pavus, a.s.)

Na obrázku 19 je znázornený povrch vzorky liateho asfaltu MA 11 PMB 10/40-65 bez spomaľovača horenia pred skúškou (A) a po skúške (B).



(A) Liaty asfalt pred skúškou



(B) Liaty asfalt po skúške

Obrázok 19 Asfaltová zmes MA 11 PMB 10/40-65 bez spomaľovača horenia pred skúškou a po skúške

Na obrázku 20 je znázornený povrch vzorky liateho asfaltu MA 11 PMB 10/40-65 so spomaľovačom horenia pred skúškou (A) a po skúške (B).



(A) Liaty asfalt pred skúškou



(B) Liaty asfalt po skúške

Obrázok 20 – Liaty asfalt MA 11 PMB 10/40-65 so spomaľovačom horenia pred skúškou a po skúške

8.4 Vyhodnotenie skúšok reakcie na oheň

Z výsledkov uvedených v kap. 8.3.1 pre asfaltovú zmes SMA O 11 PMB 45/80-75 a v kap. 8.3.2 pre liaty asfalt MA 11 PMB 10/40-65 bez spomaľovača a so spomaľovačom horenia vyplývajú tieto závery:

- Pri skúške reakcie na oheň ani v jednom prípade nedošlo k vznieteniu vzorky (čas expozície bol 20 sekúnd).
- Nedošlo k zapáleniu filtračného papiera.
- Počas trvania skúšky nedošlo k odpadávaniu horiacich kvapiek alebo iných častíc.
- Stav povrchu všetkých pripravených vzoriek sa počas skúšky nemenil (obr. 16, 19, 20). Asfaltové spojivo sa začne topiť a veľmi mierne horieť po priblížení skúšobného horáka. Dochádza k vytvoreniu povrchových trhlín, k prechodnému objaveniu plameňa a taveniu povrchu (do vzdialenosti cca. 300 – 400 mm). Ale ani v jednom prípade plameň neprenikol k podkladu a ani nedochádzalo k žeraveniu. Na to, aby asfaltová zmes vzplanula, by bolo potrebné veľké tepelné namáhanie. Takáto situácia by mohla nastať iba v prípade bezprostrednej blízkosti horiaceho auta/predmetu.
- Na základe údajov pre skúšku STN EN ISO 9239-1 by všetky vzorky teoreticky mohli byť klasifikované v triede A2_{fl}. Skúška však nie je pre tento výrobok natoľko citlivá, aby bolo možné pozorovať rozdiely v jednotlivých výrobkoch. Inú skúšku však pre klasifikáciu nie je možné použiť. Všetky vzorky sa chovali pri tejto skúške veľmi podobne, prakticky nehoreli (pri použití malej vzdialenosti plameňa, t. j. 10 až 30 mm

sú skôr viditeľné plamene pomocného horáka, sú veľmi ťažko odlíšiteľné od plameňov vzorky). Týmto skutočnostiam zodpovedajú aj veľmi nízke namerané hodnoty dymu v porovnaní s limitnými hodnotami.

- Hodnoty spalného tepla boli stanovené podľa skúšobnej normy STN EN ISO 1716. Keďže skúšané zmesi sa nedali považovať za homogénne stanovili sa spalné tepla jednotlivých organických zložiek, tzn. asfaltového spojiva a stabilizačnej prísady. Spalné teplo zmesí SMA a MA sa následne prepočítalo na spalné teplo konkrétnej zmesi podľa hmotnostného zastúpenia organických zložiek.
- Na vzorkách SMA vyhoveli dosiahnuté hodnoty spalného tepla kritériu predpísanému na zatriedenie do kategórie A_{2fl}. Hodnoty dosiahnuté na vzorkách liateho asfaltu túto hranicu prevýšili o 0,4 MJ/kg. Ani so spomaľovačom horenia sa pri zmesi MA nedosiahli hodnoty umožňujúce jej zatriedenie do kategórie A_{2fl}.

Poznámka: V budúcnosti je možné optimalizáciou overiť množstvo spomaľovača horenia, na splnenie kritérií pre zatriedenie MA do kategórie A_{2fl}. Tieto skúšky však nie sú predmetom tejto RÚ.

9 Klasifikácia reakcie na oheň

Na základe hodnôt stanovených podľa príslušných noriem a v súlade s postupmi uvedenými v STN EN 13501-1:2018, ktorá určuje klasifikáciu daného výrobku, vykonalo akreditované laboratórium klasifikáciu a stanovilo oblasť aplikácie overovaných zmesí takto:

1. Asfaltová zmes SMA O PMB 45/80-75 je v súlade s jej chovaním na reakciu na oheň klasifikovaná ako:

KLASIFIKÁCIA REAKCIE NA OHEŇ: A_{2fl} – s1

2. Liaty asfalt MA 11 PMB 10/40-65 so spomaľovačom horenia a bez spomaľovača horenia je klasifikovaný ako:

KLASIFIKÁCIA REAKCIE NA OHEŇ: B_{fl} – s1

10 Zásady návrhu vozovky a chodníkov v tuneloch

10.1 Vozovky v tuneloch

Z hľadiska navrhovania delíme vozovky na cementobetónové (tuhé) a na asfaltové (polotuhé). Zásady návrhu, konštrukčného usporiadania a posúdenia oboch typov vozoviek sú uvedené v [T12] a [T10]. Každý typ má pri použití v tuneloch svoje špecifiká.

Z hľadiska bezpečnosti a pohodlia jazdy je výhodné, ak je obrusná vrstva vozovky v tuneli rovnaká ako mimo tunela. Prínosom takéhoto riešenia je aj jednoduchá výstavba, pretože sa dajú využiť rovnaké materiálové zdroje, výrobné zariadenia a technológia kladenia.

10.1.1 Všeobecné požiadavky

Základná štruktúra jednotlivých vrstiev vozovky (ochranná vrstva, podkladové vrstvy a vrstvy krytu) je v podstate rovnaká ako v príľahlej časti mimo tunela. Pri konkrétnom návrhu sa po zohľadnení reálnych miestnych podmienok (napr. ak je podložie vytvorené horninovým dnom tunela) môžu niektoré vrstvy vozovky vynechať a následne je možné upraviť jej celkovú hrúbku.

Každá vozovka v tuneli musí byť posúdená na návrhové dopravné zaťaženie.

10.1.2 Cementobetónové vozovky

Klimatické účinky v tuneli sú iné ako v príľahlých úsekoch komunikácie. Preto sa pri návrhu cementobetónových vozoviek (posudzujú sa aj napätia od teplotného namáhania). V

prechodovej zóne tunela sa počíta s redukovanou priemernou ročnou teplotou vzduchu a redukovaným teplotným režimom v strednej časti dlhých tunelov, čo umožňuje v týchto miestach navrhnúť menšiu hrúbku cementobetónového krytu vozovky.

10.1.3 Asfaltové vozovky

Návrh asfaltovej vozovky nie je priamo ovplyvnený teplotou vzduchu, a preto sa klimatické účinky posudzujú rovnako pri vozovke v tuneli aj mimo neho.

Ako obrusnú vrstvu asfaltových vozoviek v tuneli je vhodné použiť hutnené asfaltové zmesi typu asfaltový koberec mastixový alebo asfaltový betón. Obrusné vrstvy vozoviek z liateho asfaltu sa v súčasnosti u nás nepoužívajú.

Ložná vrstva a horná podkladová vrstva je pri oboch typoch obrusnej vrstvy z asfaltového betónu.

Požiadavky na materiály asfaltových zmesí sú uvedené v príslušných TPR. Na kamenivo v [T17] a na asfalty v [T15]. Na zvýšenie odolnosti proti tvorbe trvalých deformácií sa na vrstvy krytu (obrusná a ložná vrstva) použije polymérom modifikovaný asfalt. Na podkladovú vrstvu je vhodné použiť tvrdší cestný asfalt.

V ložnej vrstve a v hornej podkladovej vrstve je možné použiť asfaltové zmesi s vysokým modulom tuhosti [T6].

Pre zlepšenie pracovného prostredia pri rozprestieraní a spracovaní je vhodné zvážiť použitie nízkoteplotných asfaltových zmesí [T7].

10.2 Chodníky v tuneloch

Pri návrhu konštrukcie únikových chodníkov v tuneloch sa uplatňujú rovnaké konštrukčné zásady ako pri chodníkoch mimo tunel.

Návrhy asfaltových vozoviek v tuneloch a skladby únikových chodníkov s obrusnou vrstvou z liateho asfaltu sú spracované vo forme VL, ktoré sú uvedené v kapitole 14 tejto RÚ.

11 Posudzovanie a overovanie nemennosti parametrov asfaltových zmesí

11.1 Činnosti výrobcu asfaltovej zmesi a notifikovanej osoby

Ak chce výrobca asfaltových zmesí uviesť svoje výrobky na trh, musí postupovať v zmysle § 1 a § 2 [Z5]. Vzhľadom na to, že pre asfaltové zmesi sú vydané harmonizované európske normy, musí ich výrobca dodržať aj harmonizované podmienky uvedené v [Z15].

K činnostiam výrobcu asfaltovej zmesi v procese overovania nemennosti parametrov, ktoré sú zamerané na získanie všetkých podkladov potrebných na spracovanie VoP, patria:

- určenie typu výrobku na základe ST,
- skúšky asfaltovej zmesi odobratej vo výrobe v súlade s predpísaným plánom skúšok,
- hodnotenie systému riadenia výroby.

Systém riadenia výroby musí zabezpečovať, aby proces výroby asfaltovej zmesi a vlastnosti vyrobenej asfaltovej zmesi boli v súlade s požiadavkami STN EN 13108-21. Systém riadenia výroby zahŕňa:

- vydávanie prevádzkových predpisov na kontrolné postupy,
- vykonávanie kontrol podľa prevádzkových predpisov a zaznamenávanie ich výsledkov,
- využívanie výsledkov kontrol a vykonaných skúšok na nápravu zistených nezhôd s VoP a prevádzkovými predpismi,
- opis a kontrolu vstupných surovín, polotovarov, komponentov alebo ich častí či zložiek.

Podmienkou uplatnenia asfaltovej zmesi na trhu je získanie certifikátu zhody systému riadenia výroby. Ten vydá výrobcovi notifikovaná osoba na základe:

- počiatočnej inšpekcie výrobného závodu a systému riadenia výroby
- alebo
- na základe priebežného dohľadu nad systémom riadenia výroby a posudzovania a hodnotenia systému riadenia výroby.

Pri týchto činnostiach kontroluje notifikovaná osoba u výrobcu (vo výrobni) systém riadenia výroby. Systémom riadenia výroby je stála organizácia vnútropodnikovej kontroly výrobcu, ktorá zabezpečuje, aby proces výroby asfaltovej zmesi a vyrobená asfaltová zmes boli v súlade s požiadavkami harmonizovaných noriem radu STN EN 13108.

11.2 Uvádzanie na trh

Podstatné vlastnosti asfaltovej zmesi, ktorá sa uvádza na trh, musí jej výrobca deklarovať vo VoP v súlade s príslušnou harmonizovanou normou na výrobky radu STN EN 13108. Výrobca vo VoP musí deklarovať najmenej vlastnosti a parametre, ktoré sú pre daný typ zmesi požadované v [T16]. VoP musí byť spracované podľa [Z15].

11.3 Špecifiká asfaltových zmesí na vozovky v tuneloch

Pri použití v cestných tuneloch, musia asfaltové zmesi popri vyššie uvedených požiadavkách spĺňať aj požiadavky súvisiace s protipožiarnou ochranou. To znamená, že musia vyhovovať aj požiadavkám uvedeným v súvisiacich TPR týkajúcich sa triedy reakcie na oheň.

Pri projektovaní protipožiarnej bezpečnosti cestných tunelov sa vozovky a chodníky navrhujú podľa [T13] platných od 1.8.2020.

11.4 Posudzovanie nemennosti parametrov asfaltových zmesí použitých v tuneloch

V cestných tuneloch je možné použiť oba typy asfaltových zmesí:

- hutnené zmesi,
- liate asfalty.

Použitie hutnených asfaltových zmesí vo vrstvách krytu (obrusná a ložná vrstva) a hornej podkladovej vrstvy vozovky je vhodné najmä z hľadiska kontinuity jej povrchových vlastností s príľahlými úsekmi. Pri výstavbe cementobetónovej vozovky v tuneli treba zohľadniť aj ekonomické dopady súvisiace s nákladmi na technologické vybavenie a materiály použité na relatívne krátkom úseku vozovky.

Je samozrejmé, že žiaden z materiálov použitých vo vozovke, resp. chodníkoch nesmie znižovať protipožiarnu bezpečnosť. Preto treba rešpektovať aj požiadavky dotknutých orgánov týkajúcich sa triedy reakcie na oheň. Skúšky, ktoré treba pre klasifikáciu reakcie na oheň urobiť, sú však časovo a finančne náročné. Pri klasifikácii triedy na oheň je pri asfaltových zmesiach rozhodujúci obsah asfaltu. Preto je možné pri vybraných hutnených zmesiach, ktoré sa bežne používajú vo vrstvách krytu, resp. liatych asfaltov (MA) použitých ako pochôdna vrstva chodníkov prakticky využiť výsledky vykonaných skúšok na zjednodušenie ich posudzovania a preukazovania nemennosti parametrov.

12 Závery

Na základe analýzy súčasných poznatkov môžeme formulovať nasledovné závery:

- použitie hutnených asfaltových vrstiev (okrem PA) v konštrukcii vozovky cestných tunelov a liatych asfaltov v konštrukcii chodníkov nezvyšuje riziko ich protipožiarnej bezpečnosti;

- hutnené asfaltové zmesi (okrem PA) sa môžu použiť v konštrukcii vozovky cestných tunelov s požiadavkou na triedu reakcie na oheň A_{2fl}-s1;
- pri hutnených asfaltových zmesiach (okrem PA) vyrobených v súlade s harmonizovanými normami radu STN EN 13108 s najvyšším obsahom asfaltu 6,6 % sa považuje požiadavka na triedu reakcie na oheň A_{2fl}-s1 za splnenú;
- pri použití hutnených asfaltových zmesí s obsahom asfaltu nad 6,6 % musí ich výrobca preukázať splnenie požiadavky na triedu reakcie na oheň skúškami vykonanými akreditovaným laboratóriom;
- liate asfalty sa môžu použiť v konštrukcii chodníkov cestných tunelov s požiadavkou na triedu reakcie na oheň B_{fl}-s1;
- pri liatych asfaltoch vyrobených v súlade s harmonizovanou normou STN EN 13108-6 s najvyšším obsahom asfaltu 7,7 % sa považuje požiadavka na triedu reakcie na oheň B_{fl}-s1 za splnenú;
- pri použití liatych asfaltov s obsahom asfaltu nad 7,7 % musí ich výrobca preukázať splnenie požiadavky na triedu reakcie na oheň skúškami vykonanými akreditovaným laboratóriom;
- protipožiarna bezpečnosť asfaltových zmesí a liatych asfaltov je podmienkou ich použitia v cestných tuneloch, pri výbere konštrukcie vozovky v konkrétnom prípade však treba vykonať komplexné technicko-ekonomické posúdenie na to určenou metodikou [T11].

12.1 Návrh na aktualizáciu súvisiacich TPR

12.1.1 TP 034 [T11]

Tento predpis nadobudol platnosť v roku 2010. Vzhľadom na súčasný stav poznatkov a zmenu základných vstupov, s ktorými sa pracuje vo vzorovom príklade navrhujeme jeho revíziu a aktualizáciu v celom rozsahu. Pritom navrhujeme vykonať úpravy uvedené ďalej.

Tabuľka 1 Prehľad základných hľadísk na výber krytu cestnej vozovky a príklad ich hodnotenia

Zlúčiť body 5a a 5b takto:

Hľadisko		Vozovky s asfaltovým krytom	Vozovky s cementobetónovým krytom
5	uplatnenie v tuneloch	=	=
= rovnaké výsledky			

5.2 Komentár k jednotlivým hľadáiskám

Text komentára k hľadáisku 5 upraviť takto:

Z dôvodu lepších svetelných parametrov cementobetónových krytov sa dáva tomuto variantu prednosť pred asfaltovými krytmi. Pri dodržaní platných TPR je použitie betónových a asfaltových vozoviek v tuneli rovnocenné.

Kapitola 5.3.2 Tunely

Vypustiť resp. prepracovať.

12.1.2 TP 099 [T13]

Pri spracovaní revízie TP 099 navrhujeme doplniť text nasledovne:

Kapitola 8. Stavebné konštrukcie (reakcia na oheň, požiarna odolnosť)

Na konštrukciu vozovky sa môžu použiť iba stavebné zmesi, výrobky a prvky s triedou reakcie na oheň A_{2fl}-s1.

Vozovka a pochôdzna vrstva chodníkov v tuneli a v priečných prepojeniach môže byť betónová [T4] alebo asfaltová [T2] – okrem PA, [T6], [T7]. Na pochôdznu vrstvu chodníkov v tuneli a priečných prepojeniach sa môže použiť aj liaty asfalt [T3],

Ak sa vo vozovke použijú hutnené asfaltové zmesi vyrobené v súlade s harmonizovanými normami radu STN EN 13108 s najvyšším obsahom asfaltu 6,6 % nie je potrebné preukazovať triedu reakcie na oheň, požiadavka A_{2fl} – s1 sa považuje za splnenú.

Na konštrukcie pochôdznej vrstvy chodníkov v tuneli a chodníkov v priečných prepojeniach tvoriacich samostatné požiarne úseky sa môžu použiť iba stavebné výrobky a prvky s triedou reakcie na oheň B_{fl}-s1. Ak sa na chodníkoch použije liaty asfalt s najvyšším obsahom asfaltu 7,7 % vyrobený v súlade s harmonizovanou normou STN EN 13108-6, nie je potrebné preukazovať triedu reakcie na oheň, požiadavka B_{fl} – s1 sa považuje za splnenú.

12.1.3 Katalógové listy asfaltových zmesí KLAZ¹ [T16]

Navrhujeme doplniť kapitolu 5.6 Reakcia na oheň takto:

Hutnené asfaltové zmesi

Ak sa požaduje klasifikácia asfaltovej zmesi na reakciu na oheň (napr. pri použití v tuneloch, garážach, skladoch a pod.) tak sa pri

- hutnených asfaltových zmesiach (okrem PA) vyrobených v súlade s harmonizovanými normami radu STN EN 13108 s najvyšším obsahom asfaltu 6,6 % považuje požiadavka na triedu reakcie na oheň A_{2fl} – s1 za splnenú.
- liatych asfaltoch s najvyšším obsahom asfaltu 7,7 % vyrobených v súlade s harmonizovanou normou STN EN 13108-6 považuje požiadavka na triedu reakcie na oheň B_{fl} – s1 za splnenú.

12.1.4 TKP 26 [T5]

Kapitolu 1.10 Súvisiace a citované normy navrhujeme doplniť o normy týkajúce sa asfaltových vozoviek skúšok reakcie na oheň a to najmä:

STN 73 6121	Stavba vozoviek. Hutnené asfaltové zmesi
STN EN 13043 (72 1501)	Kamenivo do bitúmenových zmesí a na nátery ciest, letísk a iných dopravných plôch
STN EN 13108-1 (73 6163)	Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 1: Asfaltový betón
STN EN 13108-5 (73 6163)	Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 5: Asfaltový koberec mastixový
STN EN 13108-6 (73 6163)	Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiál Časť 6: Liaty asfalt
STN EN 13501-1 (92 0850)	Klasifikácia požiarnych charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 1: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok reakcie na oheň
STN EN ISO 1182 (92 0831)	Skúšky reakcie výrobkov na oheň. Skúška nehorľavosti (ISO:1182: 2020)
STN EN ISO 1716 (92 0832)	Skúšky reakcie výrobkov na oheň. Stanovenie celkového spalného tepla (ISO: 1716: 2018)
STN EN ISO 9239-1 (92 0212)	Skúšky reakcie podlahových krytín na oheň. Časť 1: Určovanie správania sa pri horení s použitím zdroja sálavého tepla (ISO 9239-1: 2010)

¹ V súčasnom znení KLAZ je chybné číslovanie – chýba kapitola 5.5.

STN EN ISO	Skúšky reakcie na oheň. Zapáliteľnosť výrobkov vystavených priamemu pôsobeniu plameňa. Časť 2: Skúška jednoplameňovým zdrojom (ISO 11925-2: 2020)
11925-2 (92 0832)	

Kapitolu 1. 11 Súvisiace a citované technické predpisy a podmienky navrhujeme doplniť o TPR takto:

TKP 6	Hutnené asfaltové zmesi, MDV SR: 2019;
TKP 7	Liaty asfalt, MDV SR: 2019;
TKP 38	Asfaltové zmesi s vysokým modulom tuhosti, MDV SR: 2019;
TKP 41	Nízkoteplotné asfaltové zmesi, MDVRR SR 2017;
TP 020	Tunelové názvoslovie, MDPT SR: 2006;
TP 032	Riadenie kvality hutnených asfaltových zmesí, MDVRR SR: 2009;
TP 033	Navrhovanie netuhých a polotuhých vozoviek, MDPT SR: 2009 + Dodatok č. 1, MDVRR SR: 2015;
TP 080	Bezpečnosť cestných tunelov – bezpečnostná dokumentácia, MDV RR SR: 2014;
KLA	Katalógové listy asfaltov, MDV SR: 2019;
KLAZ 1/2019	Katalógové listy asfaltových zmesí, MDV SR: 2019;
KLK 1/2021	Katalógové listy kameniva, MDV SR: 2021;

Kapitolu 3.7 Vozovka a chodníky navrhujeme doplniť o nasledovný text:

Vozovka v tuneli a v priečných prepojeniach môže byť betónová (tuhá) alebo asfaltová (polotuhá). Na obrusnú vrstvu asfaltových vozoviek sa použijú hutnené asfaltové zmesi podľa TKP 6 (okrem zmesi PA).

Na konštrukciu vozovky sa môžu použiť iba zmesi, výrobky a prvky s triedou reakcie na oheň $A_{2fl}-s1$. Pri hutnených asfaltových zmesiach (okrem PA) vyrobených v súlade s harmonizovanými normami radu STN EN 13108 s najvyšším obsahom asfaltu 6,6 % sa považuje požiadavka na triedu reakcie na oheň $A_{2fl}-s1$ za splnenú.

Kapitolu 3.7.2 Betón chodníkov navrhujeme premenovať a doplniť o nasledovný text:

Premenovať na 3.7.2 Chodníky

Doplniť:

Pochôdzna vrstva chodníkov v tuneli a v priečných prepojeniach môže byť betónová alebo asfaltová. Môžu sa vybudovať iba zo stavebných zmesí, výrobkov a prvkov s triedou reakcie na oheň $B_{fl}-s1$. Pri liatych asfaltoch s najvyšším obsahom asfaltu 7,7 % vyrobených v súlade s harmonizovanou normou STN EN 13108-6 sa považuje požiadavka na triedu reakcie na oheň $B_{fl}-s1$ za splnenú.

Poznámka: vzhľadom na rok vydania [T5] a navrhované zmeny v súvisiacich TPR je potrebné zvážiť aktualizáciu celého predpisu.

12.1.5 Vzorové listy pozemných komunikácií. VL 5 – Tunely

Navrhujeme doplnenie *grafickej prílohy VL 5 – Tunely* o vzorové listy asfaltových vozoviek s obrusnou vrstvou AC a SMA v tunelovej rúre a s riešením obrusnej vrstvy chodníkov z liateho asfaltu.

Súčasne navrhujeme zvážiť doplnenie VL o riešenie vozoviek (CB aj asfaltových) v priečných prepojeniach pokiaľ sú samostatným požiarom úsekom, resp. požiarom úsekom s tunelovou rúrou (v prípade jedných dverí).

S aktualizáciou graphickej prílohy bude potrebné aktualizovať aj textovú časť dokumentu Vzorové listy pozemných komunikácií VL – 5 Tunely.

13 Zosúladenie s požiadavkami praxe

Počet cestných tunelov na Slovensku, ktorých výstavba je plánovaná v relatívnej blízkej budúcnosti, nie je síce veľký, ale vzhľadom na celkový počet tunelov u nás nie zanedbateľný.

Asfaltové vozovky v tuneloch sú stále v časti odbornej verejnosti vnímané z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti za rizikové.

Vykonané analýzy poznatkov ich použitia v okolitých krajinách a stanovenie reálne dosiahnuteľnej kvalifikácie reakcie na oheň sú však dostatočným podkladom na prehodnotenie tohto stavu.

Aby bolo možné získané poznatky reálne uplatniť v praxi, je potrebné vykonať navrhované aktualizácie súvisiacich TPR.

14 Návrh Vzorových listov s asfaltovými vozovkami

