

**Ministerstvo dopravy a výstavby SR
Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií**

HOSPODÁRENIE S R - MATERIÁLOM

ROZBOROVÁ ÚLOHA

2022

OBSAH

1	Všeobecné údaje	3
2	Cieľ rozborovej úlohy (RÚ)	3
2.1	Distribúcia RÚ	3
2.2	Súvisiace a citované právne predpis	3
2.3	Súvisiace a citované normy	4
2.4	Súvisiace a citované Technické predpisy rezortu	4
2.5	Súvisiace zahraničné predpisy	5
2.6	Použitá literatúra	5
2.7	Použité skratky	7
3	Úvod	8
3.1	Termíny a definície	9
4	Prehľad riešenej problematiky na Slovensku a v zahraničí	11
5	Životný cyklus asfaltových vozoviek, recyklácia v životnom cykle	13
6	Získavanie materiálu z vozovky	15
7	Hospodárenie s materiálom získaným z vozovky	18
7.1	Dosiahnutie vyššej kvality R-materiálu	19
7.2	Starnutie asfaltových spojív	20
8	Technológie údržby a opravy asfaltových vozoviek	21
8.1	Technológie údržby asfaltových vozoviek	21
8.2	Technológie opráv asfaltových vozoviek	22
8.3	Technológie recyklácie pri obnove asfaltových vozoviek	24
9	Požiadavky na R-materiál	25
9.1	Požiadavky na skládku R-materiál	25
10	Technológie recyklácie a ich použitie vo vozovke	26
10.1	Recyklácia asfaltového materiálu získaného zo stavby vo výrobníach asfaltových zmesí ..	26
10.2	Recyklácia asfaltových zmesí na mieste za horúca	28
10.3	Opätovné spracovanie vrstiev vozoviek na mieste za studena	29
10.4	Ďalšie možnosti využitia R-materiálu	30
11	Laboratórne overovanie asfaltového spojiva	30
11.1	Asfalt modifikovaný gumovým granulátom	31
11.2	Asfalt modifikovaný SBS polymérom	32
12	Laboratórne overovanie asfaltových zmesí	33
12.1	Asfaltová zmes AC 11 obrus s R-materiálom	33
12.2	Asfaltová zmes AC 22 podklad s R-materiálom	44
12.3	Asfaltové zmesi AC 11 obrus typu PMAZ	53
13	Overovanie R-materiálu na iné použitie	54
13.1	Vplyv teploty zahriatia na únosnosť vrstvy R-materiálu	57
14	Kvalitatívne parametre asfaltových zmesí s R-materiálov v zmysle KLAZ	59
15	Ekonomické a ekologické aspekty využívania R-materiálu	59
16	Oblasti použitia a odporúčania pre hospodárenie s asfaltovým materiálom získaným z vozovky, zosúladenie s požiadavkami praxe	62
17	Odporúčania na aktualizácie/revízie platných TPR MDV SR a odporúčania na pokračovanie výskumu v oblasti R-materiálu	63

1 Všeobecné údaje

Objednávateľ:	Slovenská správa ciest
Zhotoviteľ:	Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta
Doba riešenia:	august 2021 – august 2022
Riešiteľ:	doc. Ing. Juraj Šrámek, PhD. prof. Dr. Ing. Martin Decký doc. Dr. Ing. Katarína Zgútová, Ing. Matúš Kozel, PhD., Ing. Ľuboš Remek, PhD.

2 Cieľ rozborovej úlohy (RÚ)

Cieľom predkladanej RÚ je stanovenie podmienok pre hospodárenie s R-materiálom získaným zo stavby, z konštrukcie asfaltovej vozovky súvisiace s jeho získavaním, spracovaním, dosiahnutím požadovanej kvality, skladovaním a použitím tak, aby sa v čo najvyššej miere využil potenciál tohto hodnotného materiálu. Ďalším cieľom je požiadavky na hospodárenie s R - materiálom doplniť a podporiť laboratórnym hodnotením asfaltového spojiva a výslednej asfaltovej zmesi s použitím R-materiálov na stanovenie ich kvalitatívnych parametrov a opodstatnenia využívania R-materiálu podloženého ekonomickým zhodnotením efektívnosti.

Cieľom použitia R-materiálu v konštrukčných vrstvách vozovky je jeho efektívne využitie v rámci systému obehového hospodárstva tzv. cirkulárnej ekonomiky. Výsledkom takéhoto narábania s R-materiálom je opätovné zapracovanie už raz použitého stavebného výrobku do stavby za vopred stanovených technických podmienok. Recyklovaním materiálov získaného z vozovky sa docieľi znižovanie ekonomických nákladov, šetrenie prírodných zdrojov a najmä spoločensky zodpovedné podnikanie, ohľaduplné k životnému prostrediu. V Európe a rovnako aj na Slovensku sa v minulých desaťročiach používal do asfaltových zmesí pre vysokozaťažené vozovky kvalitný polymérmi modifikovaný asfalt PMB, najmä na obrusných vrstvách týchto vozoviek. Modifikácia polymérmi prispieva k životnosti, trvanlivosti a funkčnosti týchto asfaltových zmesí v konštrukcii vozoviek. Tieto vozovky sa postupne dostávajú k naplneniu svojej životnosti, k poslednej fáze životného cyklu a preto je na mieste otázka opätovného využitia týchto materiálov obsahujúcich polymér modifikovaný asfalt (PMB). Výzvou pre odvetvie cestného hospodárstva je zabezpečiť, aby sa R-materiál obsahujúci spojivo PMB recykloval a využil potenciál kvalitného R-materiálu čo v najvyššej miere. Rovnako, aby sa využil v najvyššej možnej miere potenciál všetkých asfaltom stmelených a ďalších stmelených a nestmelených materiálov konštrukcie vozovky.

2.1 Distribúcia RÚ

Elektronická verzia RÚ sa zverejní na webovom sídle SSC: www.ssc.sk

2.2 Súvisiace a citované právne predpisy

- [Z1] Vyhláška č. 365/2015 Z.z., vyhláška MŽP SR, ktorou sa ustanovuje katalóg odpadov;
- [Z2] vyhláška č. 320/2017 Z.z., vyhláška MŽP SR, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška MŽP SR č. 365/2015 Z. z., ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov;
- [Z3] smernica Európskeho parlamentu a Rady 2008/98/ES o odpade a o zrušení určitých smerníc;
- [Z4] smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2018/851, ktorou sa mení smernica 2008/98/ES o odpade;
- [Z5] vyhláška č. 130/2019 Sb. (ČR) Vyhláška o kritériích, při jejichž splnění je asfaltová směs vedlejším produktem nebo přestává být odpadem;
- [Z6] vyhláška č. 294/2005 Sb.(ČR) Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady;
- [Z7] vyhláška č. 383/2001 Sb.(ČR) Vyhláška Ministerstva životního prostředí o podrobnostech nakládání s odpady;

- [Z8] návrh vyhlášky MŽP o stavebných odpadoch a odpadoch z demolácií § 6 Špecifické požiadavky na odstránené asfaltové zmesi pre zaradenie ako vedľajší produkt – pracovná verzia;
- [Z9] zákon č. 230/2022 Z. z. ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 79/2015 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z10] zákon č. 541/2020 Sb. (ČR) Zákon o odpadoch.

2.3 Súvisiace a citované normy

STN EN 12591 (65 7201)	Asfalty a asfaltové spojivá. Špecifikácie cestných asfaltov
STN EN 12697-24 (73 6160)	Asfaltové zmesi. Skúšobné metódy. Časť 24: Odolnosť proti únave
STN EN 12697-26 (73 6160)	Asfaltové zmesi. Skúšobné metódy. Časť 26: Tuhosť
STN EN 12697-42 (73 6160)	Asfaltové zmesi. Skúšobné metódy pre asfaltové zmesi spracúvané za horúca. Časť 42: Obsah cudzorodých látok v R-materiáli
STN EN 13108-1 (73 6163)	Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 1: Asfaltový betón
STN EN 13108-8 (73 6163)	Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 8: R-materiál
STN EN 13108-20 (73 6163)	Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 20: Skúšanie typu
STN EN 13108-21 (73 6163)	Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 21: Systém riadenia výroby
STN EN 13286-47 (73 6181)	Nestmelené a hydraulicky stmelené zmesi. Časť 47: Skúšobná metóda na stanovenie Kalifornského pomeru únosnosti, indexu okamžitej únosnosti a lineárneho napučievania
STN EN 1426 (65 7062)	Asfalty a asfaltové spojivá. Stanovenie penetrácie ihlou
STN EN 1427 (65 7060)	Asfalty a asfaltové spojivá. Stanovenie bodu mäknutia. Metóda krúžkom a guľôčkou
STN 72 1015	Laboratórne stanovenie zhutniteľnosti zemín
STN 72 1016	Laboratórne stanovenie pomeru únosnosti zemín (CBR)
STN 73 6121	Stavba vozoviek. Hutnené asfaltové vrstvy
STN 73 6133	Stavba vozoviek. Teleso pozemných komunikácií
STN 73 6160	Skúšanie asfaltových zmesí a vrstiev.

Poznámka: Súvisiace a citované normy v platnom znení vrátane dodatkov a národných príloh.

2.4 Súvisiace a citované Technické predpisy rezortu

[T1]	TKP 0	Všeobecne;
[T2]	TKP 2	Zemné práce;
[T3]	TKP 6	Hutnené asfaltové zmesi;
[T4]	TKP 39	Umelé hutné kamenivo z vysokopecnej trosky;
[T5]	TP 004	Použitie ťaženého predrveného kameniva v nestmelených vrstvách konštrukcií vozoviek;
[T6]	TP 024	Systém hospodárenia s vozovkami;
[T7]	TP 032	Riadenie kvality hutnených asfaltových zmesí;
[T8]	TP 043	Recyklácia asfaltového materiálu získaného zo stavby vo výrobníach asfaltových zmesí;
[T9]	TP 044	Recyklácia asfaltových zmesí na mieste za horúca pre vozovky s dopravným zaťažením triedy II. až VI.;
[T10]	TP 046	Opätovné spracovanie vrstiev netuhých vozoviek za studena na mieste;
[T11]	TP 058	Zosilňovanie asfaltových vozoviek;
[T12]	KLA 1/2019	Katalógové listy asfaltov;
[T13]	KLAZ 1/2019	Katalógové listy asfaltových zmesí;
[T14]	KLK 1/2021	Katalógové listy kameniva.

Poznámka: Súvisiace a citované Technické predpisy rezortu v platnom znení vrátane dodatkov.

2.5 Súvisiace zahraničné predpisy

[ZP1]	ČSN 73 6141	Požadavky na použitie R-materiálu do asfaltových smesí, 2020;
[ZP2]	TP 105 (ČR)	Nakládání s odpady vznikajícími při výstavbě, opravách a údržbě pozemních komunikací, 2011;
[ZP3]	TP 148 (ČR)	Hutněné asfaltové vrstvy s asfaltem modifikovaným pryžovým granulátem z pneumatik, 2009;
[ZP4]	TP 150 (ČR)	Údržba a opravy vozovek pozemních komunikací obsahujících dehtová pojiva, 2011;
[ZP5]	TP 208 (ČR)	Recyklace konstrukčních vrstev netuhých vozovek za studena, 2009;
[ZP6]	TP 209 (ČR)	Recyklace asfaltových vrstev netuhých vozovek na místě za horka, 2009.

2.6 Použitá literatúra

- [L1] Asphalt in Figures 2020 / Asfalt v číslech 2020, <https://eapa.org/asphalt-in-figures/>;
- [L2] Asfaltová zmes typu PMAZ (polymérom modifikovaná asfaltová zmes) - alternatíva k asfaltovej zmesi s použitím modifikovaného spojiva typu PmB, Rozborová úloha 2020;
- [L3] BLAHUTA, J. (2018). Využití asfaltových recyklátů pro zpevňování lesních cest. Disertační práce, Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny;
- [L4] BORONG LIN, QIN OUYANG, DAOJIN GU, LEI TIAN (2005). Assessment practices of Gobas in China / Hodnotiace postupy Gobas v Číne. In The 2005 World Sustainable Building Conference, Tokyo, 27-29 September 2005 (SB05Tokyo), p. 1900-1905;
- [L5] DECKÝ, M., a kol. : Mechanika vozoviek pozemných komunikácií, EDIS, Žilina, 2018;
- [L6] DECKÝ, M., SCHERFEL, W, REMIŠOVÁ, E. a kol. (2021). Trvaloudržateľné materiály a technológie výstavby vozoviek a spevnení dopravných plôch. EDIS 2021, s. 326, ISBN 978-80-554-1822-3;
- [L7] DECKÝ, M., TISOŇOVÁ, G., REMIŠOVÁ, E. a kol. M. (2019): Kvalitná, bezpečná, trvaloudržateľná dopravná infraštruktúra pre všetkých užívateľov a obyvateľov ich okolia. In Zborník medzinárodnej vedeckej konferencie Rozvoj Euroregiónu Beskydy XIII. Žilina, 18. október 2019, s. 67-76, ISBN 978-80-554-1620-5;
- [L8] DECKÝ, M., REMIŠOVÁ, E., HÁJEK, M. (2017): Vybrané environmentálne aspekty rehabilitácií vozoviek miestnych komunikácií s použitím frézovaných asfaltových zmesí. In Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie „Technika ochrany prostredia TOP“, Šamorín 20.-22.9.2017, zborník príspevkov v el. verzii, s.8;
- [L9] DECKÝ, M., REMIŠOVÁ, E., LOVEČEK, Z.: Funkčné vlastnosti obrusnej vrstvy asfaltovej vozovky z pohľadu hlukových imisií. In Silniční obzor, roč. 79, 2/2018, s.35-41, ISSN 0322-7154;
- [L10] European Asphalt Pavement Association (EAPA) / Európska asociácia asfaltových vozoviek. The Use of Secondary Materials, by-Products and Waste in Asphalt Mixtures / Použitie sekundárnych materiálov, vedľajších produktov a odpadu v asfaltových zmesiach, 2020;
- [L11] GREŇČÍK, M. (2020). Využitie recyklovaných asfaltových zmesí v konštrukčných vrstvách vozoviek. Diplomová práca, vedúci DP prof. Dr. Ing. Martin Decký, Katedra cestného a environmentálneho inžinierstva, SvF UNIZA;
- [L12] GSCHWENDT, I; BAČOVA, K; CÁPAYOVÁ, S.: Opätovné použitie materiálov na obnovu vozoviek, In. Inžinierske stavby, číslo 01/2018, ISSN: 1335-0846;
- [L13] GSCHWENDT, I a kol.: Vozovky: Obnova, zesilování a rekonstrukce, Jaga group, Bratislava, 2004. ISSN: 80-8076-055-5;
- [L14] HÝZL, P.: Využití R-materiálu v asfaltových směsích, Zkrácená verze habilitační práce, VUT Brno 2019;
- [L15] <https://www.asb.sk/stavebnictvo/inzinierske-stavby/vozovky/recyklacia-aopatovne-pouzitie-cestnych-materialov> 20.9.2021;
- [L16] <https://www.asb.sk/stavebnictvo/inzinierske-stavby/vozovky/environmentalne-technologie-vcestnom-stavitelstve-aich-aktualnost> 20.9.2021;
- [L17] <https://greenglobe.com/about>, 20.4.2022;
- [L18] <https://www.ibec.or.jp/CASBEE/english>, 29.7.2021;
- [L19] <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/b17568-92/triple-objective-evaluation-model-green-building-based-whole-life-cycle-han-kong>, 20.4.2022;
- [L20] <https://www.grihaindia.org/about-griha>, 20.4.2022.
- [L21] JEVÍNOVÁ, A.: Nové světové poznatky s využitím asfaltů modifikovaných pryžovým granulátem, Bakárska práca, VUT Brno, 2016;

- [L22] JUHÁS, M. (2021): Environmentálna optimalizácia navrhovania vozoviek pozemných komunikácií. Projekt dizertačnej práce, Katedra cestného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta Žilinskej univerzity v Žiline, s. 87, školiteľ: prof. Dr. Ing. Martin Decký;
- [L23] KIBERT, C. J. (1994). Establishing principles and a model for sustainable construction / Stanovenie zásad a modelu pre udržateľnú výstavbu. In First international conference of CIB TG 16 on sustainable construction, Tampa, Florida, 6–9 November;
- [L24] KOLLÁR, J., JANČIGOVÁ, M.: Podkladová vrstva vozovky z recyklovaného betónu, In. Zborník z konferencie Nestmelené a hydraulicky stmelené vrstvy vozoviek 2022;
- [L25] KOMAČKA, J. a kol.: Asphalt Mixtures Using Reclaimed Asphalt containing Polymer Modified Binder, project Possibilities for high quality RECYcling of Polymer Modified Asphalt / Asfaltové zmesi s použitím R-materiálu obsahujúceho polymérom modifikované spojivo, možnosti pre recykláciu polymérom modifikovaného asfaltu, final report, 2013;
- [L26] KOMAČKA, J.: Technologické možnosti pri rekonštrukcii, oprave a údržbe asfaltových vozoviek, In. Zborník z konferencie Seminár Ivana Poliačka 2017;
- [L27] KOUDELKA, T.; VARAUS, M.: Asphalt mixtures with a high amount of RAP - Case study / Asfaltové zmesi s vysokým množstvom R-materiálu - Prípadová štúdia. In. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 236, Issue 1, ISSN: 17578981, 2017;
- [L28] KRIZ P., GRANT D.L., VELOZA B.A., GALE M.J., BLAHEY A.G., BROWNIE J.H., SHIRTS R.D., MACCARRONE S.: Blending and diffusion of reclaimed asphalt pavement and virgin asphalt binders / Miešanie a difúzia rekultivovaného asfaltu a pôvodných asfaltových spojív. Road Materials and Pavement Design. 2014 Jun 27;15(sup1):78-112;
- [L29] LEEGWATER, G. a kol.: Management summary, project Possibilities for high quality RECYcling of Polymer Modified Asphalt / Správa, Možnosti vysokej kvality recyklácie polymérom modifikovaného asfaltu, final report, 2013;
- [L30] LOVEČEK, Z., KOLLÁR, J.: Asfaltová zmes SMA 11 vyrobená použitím modifikovaného asfaltu PMB 45/80-55 (Apollobit R) na obalovacej súprave Kečka-Rakytovce, MO 93_2008, Bratislava, november 2008;
- [L31] LOVEČEK, Z., DECKÝ, M., FONÓD, A.: Pevnostné a deformačné parametre asfaltových zmesí AC 11 O a SMA 11 I vyrobených z modifikovaného asfaltu drvenou gumou zo starých pneumatík na vozovkách R1 a II/510, ZC 08_2011, Bratislava, november 2011;
- [L32] LOVEČEK, Z., DECKÝ, M.: Poznatky z používania drvenej gumy v asfaltových zmesiach. In: Silniční obzor, roč. 73, č. 3/2012, s. 70-77, , ISSN 0322-7154;
- [L33] MALLICK, R. B. EL-KORCHI, T. (2018): Pavement Engineering. Principles and Practise. Third edition / Inžinierstvo vozoviek. Princípy a prax. Tretie vydanie, CRC Press 2018 by Taylor&Francis Group, p.747, ISBN 978-3-4987-5880-2;
- [L34] MILLER, T., BAHIA, H. (2009): Sustainable Asphalt Pavements Technologies, Knowledge Gaps and Opportunities / Udržateľné asfaltové vozovky Technológie, medzery v poznatkoch a príležitosti. Modified Asphalt Research Center, University of Wisconsin Madison;
- [L35] MIYATAKE, Y. (1996): Technology development and sustainable construction / Vývoj technológií a udržateľná výstavba. J. Manag. Eng. 1996, 12, 23–27;
- [L36] NAPA - National Asphalt Pavement Association / Národná asociácia asfaltových vozoviek, Asphalt Pavement Industry Survey on Recycled Materials and Warm-Mix Asphalt Usage 2017 / Prieskum priemyslu asfaltových vozoviek o recyklovaných materiáloch a používaní teplých asfaltových zmesí 2017, Information Series 138;
- [L37] POHORELEC, L.: Kvalita recyklovaných asfaltových zmesí v podkladových vrstvách vozoviek, Diplomová práca, Žilina, 2021;
- [L38] PULASKI, M. H. (2005). The Alignment of Sustainability and Constructability: A Continuous Value Enhancement Process / Zosúladenie udržateľnosti a realizovateľnosti: Proces neustáleho zvyšovania hodnoty. Ph.D. Dissertation, Architectural Engineering, The Pennsylvania State University, University Park, PA;
- [L39] REMIŠOVÁ, E., DECKÝ, M. et al (2016). Design of road pavement using recycled aggregate / Návrh vozovky s použitím recyklovaného kameniva. In: IOP conference series: Earth and environmental science. ISSN 1755-1307. Vol. 44 (2016), p. 8;
- [L40] SCHLOSSER, F. a kol.: Materiály a technológie na stavbu vozoviek. Žilinská univerzita, 2014, s. 208, ISBN 978-80-554-0935-1;
- [L41] ŠPERKA, P.: Vliv použití R - materiálu na funkční vlastnosti asfaltových směsí. Diplomová práca, VUT Brno, 2015;
- [L42] ŠRÁMEK, J.; DECKÝ, M. a kol.: Trvaloudržateľná výstavba a správa tunelových vozoviek, vysokoškolské skriptá, Žilina, 2021;

- [L43] ŠRÁMEK, J., DECKÝ, M., ZGÚTOVÁ, K. (2019). Testing the unbound layers of pavements from recycled asphalt mixtures / Testovanie nestmelených vrstiev vozoviek z recyklovaných asfaltových zmesí. In SGEM 2019 conference proceedings, Sofia: STEF92 Technology, 2019, p. 515-521, ISBN 978-619-7408-77-5;
- [L44] ŠRÁMEK, J., HODASOVÁ, K., JUHÁS, M., PITOŇÁK, M., ĎURIŠ, L. (2022). Rutting prediction models in holistic concept to sustainability of semi-rigid pavements / Modely predikcie vyjazdených koľají v holistickom koncepte k udržateľnosti polotuhých vozoviek, Civil and Environmental Engineering;
- [L45] ŠRÁMEK, J.: Životný cyklus asfaltových vozoviek. Habilitačná práca, Žilina, 2019;
- [L46] TA02031191 Výzkum a realizace dodávky asfaltů modifikovaných pryžovým granulátem systémem "just in time" a komplexní servis při výrobě asfaltových směsí, správa projektu za rok 2015;
- [L47] THOMPSON, M., SESSIONS, J. (2008). Optimal policies for aggregate recycling from decommissioned forest roads / Optimálne politiky recyklácie kameniva z vyradených lesných ciest. Environmental management, Vol.: 42, Issue: 2, 297-309 p;
- [L48] www.arism.cz;
- [L49] www.eapa.org;
- [L50] www.asphaltpavement.org;
- [L51] www.saav.sk
- [L52] www.sdruzeni-silnice.cz
- [L53] www.vialit.at
- [L54] Portál IS MCS.

2.7 Použité skratky

AC	Asfaltový betón (Asphalt Concrete)
AUTL	Asfaltová zmes pre ultra tenké vrstvy (Asphalt for Ultra - Thin Layer)
AZ	Asfaltová zmes
BBTM	Asfaltový koberec veľmi tenký (Bétons bitumineux très minces)
CA	Cestný asfalt
CBR	Kalifornský pomer únosnosti (California bearing ratio)
CI	Cestné inžinierstvo
ČR	Česká republika
EAPA	Európska asociácia asfaltových vozoviek
ES	Európska smernica
EÚ	Európska únia
IBI	Index okamžitej únosnosti (Immediate bearing index)
IS MCS	Informačný systém modulu cestnej siete
ITS	Nepriama pevnosť v ťahu
ITSR	Pomer pevností v priečnom ťahu
IT-CY	Skúška nepriamym ťahom na skúšobných telesách tvaru valca
KCEI	Katedra cestného a environmentálneho inžinierstva
KL	Katalógové listy
KTMS	Katedra technológie a manažmentu stavieb
MA	Liaty asfalt (Mastic Asphalt)
MDV SR	Ministerstvo dopravy a výstavby SR
MDVRR SR	Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR
MŽP SR	Ministerstvo životného prostredia SR
M_u	koeficient pozdĺžneho trenia (drsnosť)
NRM	Neasfaltový R-materiál
PA	Drenážny asfalt (Porous Asphalt)
PD	Projektová dokumentácia
PK	Pozemná komunikácia
PMAZ	Polymérom modifikovaná asfaltová zmes
PMB	Asfalt modifikovaný polymérom
PRD	Pomerná hĺbka vyjazdenej koľaje
SMA	Asfaltový koberec mastixový (Stone Mastic Asphalt)
ST	Skúška typu
TDZ	Trieda dopravného zaťaženia
TKP	Technicko-kvalitatívne podmienky
TP	Technické podmienky

TPR	Technický predpis rezortu
TUV	Trvalo udržateľná výstavba
UHKT	Umelé hutné kamenivo troskové
ULS	Uzlový lokalizačný systém
VAZ	Výrobňa asfaltových zmesí
VoP	Vyhlásenie o parametroch
WTS	Sklon vyjazdenej koľaje
ZRM	Zmesný R-materiál
2PB - TR	Skúška dvojbodovým ohybom na skúšobných telesách tvaru trapezoidu

3 Úvod

Vozovka je integrálnou súčasťou PK (pozemných komunikácií) a jeden z relevantných limitujúcich faktorov celkovej kvality, bezpečnosti, hospodárnosti a pohodlia cestnej dopravy. Na vozovku je potrebné sa pozeráť v kontexte celého jej životného cyklu, podobne ako je to v rámci celého CI (cestného inžinierstva), ktoré predstavuje súbor činností súvisiacich s optimalizáciou procesov pri príprave, výstavbe a správe v celom životnom cykle PK. CI od začiatku 21. storočia musí implikovať medziodborové celosvetovo etablované holistické prístupy k príprave, výstavbe, správe, recyklácii, rehabilitácii, likvidácii PK s významným akcentom na cirkulárnu (obehovú) ekonomiku a ich implementáciu do trvaloudržateľnej výstavby a správy integrovanej dopravnej infraštruktúry EÚ. Všetky činnosti CI je potrebné realizovať za primeranú cenu, v primeranej kvalite, s cieľom zabezpečiť multimodálnu, interoperabilnú, bezpečnú dopravu s čo najnižšou uhlíkovou stopou zameranou na rozvoj a súdržnosť regiónov a v konečnom dôsledku prispievať k spokojnosti občanov a kvalite ich života [L6, L42].

V [L6] a [L33] k trvaloudržateľnej výstavbe je uvedené, že Kibert v 1994 [L23] položil základy pre prax TUV (trvaloudržateľnej výstavby), minimalizáciu a opätovné použitie prírodných zdrojov, využívanie obnoviteľných a recyklovateľných zdrojov a minimalizáciu uhlíkovej stopy. Vanegas a Pearce v 2000 predstavili koncepciu TUV na základe vyčerpania a degradácie zdrojov, vplyvu na zastavané prostredie a ľudské zdravie. Pulaski v 2005 [L38] predstavil komplexný prístup k udržateľnosti v stavebnej prevádzke. Nástroje a normy TUV boli najprv vypracované pre budovy. Prvý súbor koncepcií na posudzovanie trvaloudržateľnosti stavieb v USA poskytol Green Building System/Systém zelených budov (The U.S. Green Building Council – USGBC LEED) vychádzajúci z metódy environmentálneho posudzovania UK's Building Research establishemnt environmental assesment method/Metóda environmentálneho hodnotenia britského výskumného ústavu stavebného (BREEAM). Americká rada pre zelené budovy sa zaväzuje k udržateľnej a prosperujúcej budúcnosti prostredníctvom LEED (Leadership in Energy and Environmental/Vedenie v oblasti energetiky a životného prostredia), vedúceho programu pre zelené stavby a komunity na celom svete. Víziou rady je, aby stavby a komunity regenerovali a udržiavali zdravie a vitalitu celého života počas jednej generácie. Víziou je taktiež zmeniť spôsob navrhovania, výstavby a prevádzky stavieb a umožniť tak environmentálne a sociálne zodpovedné, zdravé a prosperujúce prostredie zlepšujúce kvalitu života. Následne boli vyvinuté ďalšie systémy [L6, L44]:

- *Green Globe* (GG - zelený glóbus), členovia GG sa zaväzujú [L17]: riadiť a prevádzkovať svoje podnikanie na najvyššej úrovni udržateľnosti, porovnávať a riadiť využívanie energie a vody s cieľom obmedzenia ich používania, podporovať opätovné používanie a recykláciu materiálov, riadiť sa prostredníctvom plánu udržateľnosti zameraného na viac ako 300 aktivít vykonávaných na všetkých úrovniach spoločnosti.
- *CASBEE* (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency/Komplexný systém hodnotenia efektívnosti zastavaného prostredia) je metóda na hodnotenie environmentálnych vlastností budov zastavaného prostredia [L18]. CASBEE bol vyvinutý výskumným výborom založeným v r. 2001 spoluprácou akademickej obce, priemyslu, národných a miestnych vlád, založeným Japonským konzorciom pre trvalo udržateľné budovanie (JSBC - Japan Sustainable Building Consortium) pod záštitou Ministerstva pre pôdu, infraštruktúru, dopravu a cestovný ruch (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism - MLIT). Bol navrhnutý tak, aby zlepšoval kvalitu života ľudí a znižoval používanie zdrojov počas životného cyklu a environmentálne zaťaženie súvisiace s vybudovaným prostredím, od domu po celé mesto.
- *BCA* (The Building and Construction Authority/Stavebný úrad) Green mark/Zelená značka je medzinárodne uznávaný systém hodnotenia sa skladá zo samostatných nástrojov holisticky hodnotiacich vybudované prostredie z aspektu jeho environmentálnych vlastností a pre stavebníctvo je relevantný modul Beyond Buildings (za budovami) vrátane distriktov

(oblasť, obytná štvrť,...) parkov a infraštruktúry [L19]. Green mark 2015 prinieslo: väčší dôraz na klimaticky kontextový dizajn, energetickú účinnosť, väčšie zameranie na zdravie obyvateľov budov, inteligentné budovy a systematický prístup k využívaniu zdrojov, uznanie procesu navrhovania a podpora primeraných procesov reagujúcich na kontext lokality, čo uľahčuje zohľadnenie udržateľnosti v počiatočných fázach projektu, kde je najväčšia príležitosť implementovať nízkonákladové riešenia s možnosťou vysokých benefitov. Národná schéma hodnotenia zelených budov bola reštrukturalizovaná tak, aby zahŕňala nasledujúce hlavné časti: klimaticky adaptívny (responzívny) dizajn, energetickú hospodárnosť stavby, správu zdrojov.

- **GOBAS** (Green Olympics Building assesment System / Systém hodnotenia budov Green Olympics). V 2003 Olympic construction research group publikovala GOBAS, kde ukazovatele boli rozdelené na Q a L podľa japonského CASBEE [L4]. Q znamená kvalitu stavby a úroveň služieb, L znamená ekologický a environmentálny vplyv. V 2006 Čína zverejnila Green Building Assessment Standard/Štandard hodnotenia zelených budov, stanovila ukazovatele pre 6 oblastí: úspora pôdy, úspora vody, úspora energie, úspora materiálu, kvalita vnútorného prostredia, riadenie prevádzky obytných a celková výkonnosť počas celého životného cyklu verejných budov.
- **ABGR** (Building greenhouse rating/Hodnotenie zelených budov). Austrálske hodnotenie je zamerané na developerov, majiteľov a nájomcov komerčných a kancelárskych budov. Spoločnosť ABGR hodnotí energetickú náročnosť budovy v rozsahu 1 až 5 hviezdíčiek, pričom päť hviezdíčiek predstavuje výnimočnú kvalitu v oblasti životného prostredia (tri hviezdíčky predstavujú priemer na trhu). Na národnej úrovni ho spravuje NSW (New South Wales) Department of Environment and Climate Change (Ministerstvo životného prostredia a klimatických zmien) vzťahuje sa na nové aj existujúce budovy. Schéma ABGR pre nové a rekonštruované budovy stanovuje zmluvu o záväzku, kde developer súhlasí s návrhom, výstavbou a uvedením navrhovanej budovy do prevádzky na úrovni 4; 4,5 alebo 5 hviezdíčiek. Tento záväzok potom umožňuje developerovi predať navrhovanú budovu budúcim nájomcom ceniacich si vysokú environmentálnu výkonnosť, ako sú napríklad vládne rezorty.
- **GRIHA** (Green Rating for Integrated Habitat Assessment/Zelené hodnotenie pre integrované hodnotenie biotopov) je sanskritské slovo (sanskrit je liturgickým jazykom hinduizmu, budhizmu a džinizmu, jedným z 22 úradných jazykov Indie) znamenajúce „príbytok“. Ľudské biotopy (budovy) interagujú s prostredím rôznymi spôsobmi. Počas svojho životného cyklu, od výstavby po prevádzku a potom po demoláciu, spotrebúvajú zdroje vo forme energie, vody, materiálov atď. GRIHA hodnotí environmentálne vlastnosti stavby komplexne počas celého životného cyklu, čím poskytuje konečný štandard pre to, čo predstavuje „zelenú budovu“. Systém hodnotenia, založený na uznávaných energetických a environmentálnych zásadách, sa bude snažiť nájsť rovnováhu medzi zavedenými postupmi a novými koncepciami, vnútroštátnymi aj medzinárodnými, pričom existuje priestor na optimalizáciu účinnosti politiky podporou holistickejšieho prístupu k budovaniu životného cyklu. Celkovým cieľom je znížiť spotrebu zdrojov, znížiť emisie skleníkových plynov a posilniť využívanie obnoviteľných a recyklovaných zdrojov v stavebnom sektore [L20].

V súčasnej dobe celosvetovej pandémie a následného obdobia výrazne ovplyvneného jej ekonomickými dopadmi význam využitia recyklovaných materiálov (R-materiálov) v konštrukčných vrstvách vozoviek naberá na význame. Environmentálne vhodné riešenia využitia R-materiálu, okrem primárneho pozitívneho dopadu na šetrenie prírodných zdrojov (kamenivo, asfalty,...) môžu mať pozitívny dopad aj na minimalizáciu globálneho otepľovania vplyvom vhodnejšej logistiky dopravy stavebných materiálov a spotreby energie. Neustálym zvyšovaním intenzity cestnej dopravy na Slovensku sa vyžaduje výstavba nových, resp. opravy a rekonštrukcie existujúcej vozoviek, čo predstavuje potrebu obrovského množstva materiálov. V súčasnosti sa kladie dôraz na efektívne využívanie finančných prostriedkov a v nemalej miere aj otázky ohľadom životného prostredia, udržateľného rozvoja a surovinových zdrojov. Treba hľadať riešenia na otázky čo so stavebným odpadom, kde vziať surovinové zdroje, ako ochrániť životné prostredie a pre každého stavebníka najdôležitejšia otázka ako ušetriť finančné prostriedky za materiály na stavbu ciest.

3.1 Termíny a definície

- **asfaltová vozovka** – konštrukcia vozovky, ktorej vrstvy krytu a podkladová vrstva, alebo aspoň kryt, sú z asfaltových zmesí. Z hľadiska mechaniky vozoviek sa správajú ako netuhé alebo polotuhé konštrukcie a to v závislosti od tuhosti podkladových a ochranných vrstiev;

- **netuhá vozovka** – vozovka s krytom z asfaltových vrstiev a z nestmelenej podkladovej vrstvy. Pri krátkodobom zaťažení sa správa ako pružný viacvrstvový systém. Pri dlhodobom zaťažení môžu vznikať na jej povrchu trvalé, plastické deformácie;
- **polotuhá vozovka** – vozovka s krytom z asfaltových vrstiev a zo stmelenej podkladovej vrstvy;
- **životnosť vozovky** – je obdobie od začiatku používania konštrukcie vozovky do dosiahnutia jej medzného stavu - porušenia (stratou únosnosti, alebo použiteľnosti), ktorý vyjadruje rekonštrukciu;
- **rehabilitácia vozovky** – stavebná činnosť, ktorou sa zabezpečí, aby vozovka umožnila bezpečnú, plynulú, rýchlu a hospodárnu i pohodlnú premávku vozidiel počas stanoveného návrhového obdobia; rehabilitácia sa rozdeľuje v závislosti od stavu vozovky a požiadaviek na vozovku na:
 - údržbu vozovky,
 - opravu vozovky,
 - rekonštrukciu vozovky.

Jedným zo spôsobov údržby, opravy alebo rekonštrukcie môže byť zosilnenie vozovky alebo obnova jedného prípadne viacerých parametrov vozovky;

- **údržba vozovky** – súhrn činností, ktorými sa vozovky udržuujú v prevádzkyschopnom stave pri všetkých poveternostných podmienkach; údržbou sa odstraňujú alebo zmierňujú nedostatky v zjazdnosti pozemnej komunikácie. Základnou úlohou údržby je zachovať projektom stanovené parametre a odstránením porúch prinavrátiť vozovke pôvodné funkčné vlastnosti; za údržbu sa považujú aj lokálne opravy a veľkoplošné opravy do hrúbky 30 mm;
- **oprava vozovky** – súbor stavebných prác na základe projektu (návrhu opravy), ktorými sa odstraňujú poruchy vozovky alebo poškodenie rôznych častí cestnej komunikácie; oprava musí zabezpečiť, aby vozovka umožnila bezpečnú, plynulú, rýchlu a hospodárnu i pohodlnú premávku vozidiel počas stanoveného návrhového obdobia. Pri oprave sa nezasahuje do podkladových vrstiev vozovky;
- **rekonštrukcia vozovky** – komplexná stavebná úprava, ktorou sa odstraňujú poruchy vozovky hlavne aj v podkladových vrstvách alebo v podloží; rekonštrukcia musí zabezpečiť, aby vozovka umožnila bezpečnú, plynulú, rýchlu a hospodárnu i pohodlnú premávku vozidiel počas stanoveného návrhového obdobia. Každý návrh rekonštrukcie sa musí posúdiť podľa návrhovej metódy;
- **zosilnenie vozovky** – je to jeden zo spôsobov opravy vozovky zosilnením; charakterizuje ho polozenie ďalšej vrstvy vypočítanej hrúbky na existujúcu vozovku; navrhuje sa vtedy, ak sa môže na vozovke meniť jej niveleta;
- **obnova vozovky** – je to stavebná činnosť, ktorou sa obnovuje niektorý (jeden alebo viaceré) z premenných parametrov vozovky na jeho pôvodnú hodnotu. Podľa charakteru parametra vozovky, ktorý sa obnovuje môže ísť o údržbu (napríklad obnova drsnosti), opravu (napríklad obnova rovnosti), prípadne rekonštrukciu (napríklad obnova únosnosti);
- **prevádzková spôsobilosť vozovky** - schopnosť vozovky plniť vyžadované prevádzkové funkcie vyjadrené okamžitými hodnotami premenných parametrov (drsnosť, rovnosť, stav povrchu vozovky atď.);
- **prevádzková výkonnosť vozovky** - odolnosť vozovky odolávať namáhaniu do dosiahnutia medzného stavu únosnosti; vyjadruje sa spravidla počtom opakovaného zaťaženia návrhovou nápravou;
- **asfaltový betón AC** - asfaltová zmes s plynulou alebo prerušovanou zrnitosťou kameniva na vytvorenie vzájomného zaklinenia kameniva;
- **asfaltový koberec veľmi tenký BBTM** - asfaltová zmes na obrusnú vrstvu hrúbky 20 mm až 30 mm, zásadne s prerušovanou čiarou zrnitosti s cieľom vytvoriť kontakt medzi zrnami kameniva a poskytnúť otvorenú textúru povrchu;
- **asfaltový koberec mastixový SMA** - asfaltová zmes na obrusnú vrstvu s prerušovanou zrnitosťou kameniva a asfaltom ako spojivom, ktorá je zložená zo skeletu hrubého drveného kameniva spojeného s mastixovou asfaltovou maltou;
- **asfaltový koberec drenážny PA** - asfaltová zmes s asfaltovým spojivom a s vysokým obsahom vzájomne prepojených medzier, ktoré umožňujú voľný pohyb vody a vzduchu tak, aby zmes po zhutnení umožňovala odvedenie vody a zníženie hluku;
- **asfaltová zmes pre ultra tenké vrstvy AUTL** – asfaltová zmes pre obrusné vrstvy s hrúbkou 10 mm a 20 mm, s prerušovanou čiarou zrnitosti tak, aby sa zrná kameniva dotýkali a tvorili otvorenú textúru povrchu;

- **liaty asfalt MA** - asfaltová zmes bez medzier s asfaltom ako spojivom, v ktorej objem kamennej múčky a spojiva prevyšuje objem zostávajúcich medzier v zmesi;
- **asfaltový materiál získaný zo stavby (vozovky)** – materiál určený na recykláciu, vo forme frézovaných asfaltových vrstiev vozovky alebo kusov vybúraných z asfaltovej vozovky alebo odmietnutá asfaltová zmes, nadbytočná alebo chybná výroba asfaltovej zmesi;
- **R-materiál (asfaltový R-materiál)** – spracovaný asfaltový materiál získaný zo stavby (vozovky) a po odskúšaní, posúdení a zatriedení podľa normy STN EN 13108-8 použiteľný ako vstupný materiál pre asfaltovú zmes. Spracovanie môže zahŕňať jeden alebo viacej z uvedených spôsobov: frézovanie, drvenie, triedenie, zmiešavanie, atď.);
- **zrinitosť R-materiálu** – maximálna veľkosť kusov asfaltovej zmesi v R-materiáli vyjadrená ako veľkosť ôk sita (U);
- **skládka R-materiálu** – množstvo R-materiálu s klasifikovanými/deklarovanými vlastnosťami, vhodný a priamo použiteľný ako vstupný materiál na výrobu asfaltovej zmesi;
- **zrinitosť kameniva v R-materiáli** – označenie zrinitosti kameniva v R-materiáli prostredníctvom veľkosti najmenšieho (d) a najväčšieho (D) sita, vyjadrená ako d/D ;
- **zmesný R-materiál** - materiál získaný rozrušením materiálov z konštrukcií vozoviek stmelených rôznymi typmi spojiva spolu s nestmelenými vrstvami, obsah asfaltom stmelených zŕn v zmesi sa pohybuje v intervale (20 až 80) %, obsah spojiva (0,7 až 4,0) % hmotnosti celej zmesi [72];
- **neasfaltový R-materiál** - materiál získaný rozrušením materiálov z vrstiev vozoviek, obsah asfaltom stmelených zŕn zmesi je menší ako 20 % hmotnosti, obsah asfaltu je menší ako 0,7 % hmotnosti [72];
- **Reshape** - technológia úpravy priečného profilu vozovky - je nahriatie obnovovacej vrstvy, jej rozpojenie a nakyprenie s následným urovnaním v priečnom aj v pozdĺžnom smere a so zhutnením. Na zvýšenie drsnosti je možné použiť predobalené kamenivo. Táto metóda sa používa na znovuzískanie rovnosti asfaltovej obrusnej vrstvy s malými trvalými deformáciami;
- **Repave** - technológia úpravy priečného profilu vozovky s položením novej asfaltovej vrstvy - nahriatie obnovovanej vrstvy, jej rozpojenie a nakyprenie, urovanie v priečnom a v pozdĺžnom smere, polozenie novej asfaltovej vrstvy na obnovovanú vrstvu bez vzájomného premiešania zmesi a súčasné zhutnenie oboch vrstiev;
- **Remix** - technológia úpravy priečného profilu vozovky s pridaním chýbajúceho kameniva alebo asfaltovej zmesi s premiešaním - je nahriatie obnovovanej vrstvy, jej rozpojenie a nakyprenie, miešanie pôvodnej asfaltovej zmesi s novou asfaltovou zmesou prípadne s kamenivom, urovanie v priečnom a v pozdĺžnom smere, zhutňovanie zmesi;
- **Remix plus** - technológia úpravy priečného profilu vozovky s pridaním chýbajúcich komponentov zmesi, premiešanie a zhutnenie novej základnej zmesi - je nahriatie, obnova novej vrstvy, jej rozpojenie a nakyprenie, miešanie pôvodnej asfaltovej zmesi s novou pridávanou asfaltovou zmesou, prípadne s kamenivom, urovanie v priečnom a v pozdĺžnom smere, súčasné polozenie obrusnej vrstvy z asfaltovej zmesi na urovanú základnú asfaltovú vrstvu a ich súčasné zhutňovanie;
- **responzívny kontextový dizajn** - navrhovanie zohľadňujúce podrobne objektivizované špecifiká záujmovej lokality vrátane klimatických zmien.

4 Prehľad riešenej problematiky na Slovensku a v zahraničí

Počas výstavby nielen cestných komunikácií, ale aj v rôznych oblastiach stavebnej výstavby a výroby vzniká množstvo odpadu. Stavebný odpad je nežiadúci a častokrát veľmi náročný na likvidáciu a prípadnú recykláciu. Vzniká finančný náklad, ktorý zatťažuje a ovplyvňuje jednotlivé stavebné procesy a v neposlednom rade vytvára negatívny dopad na životné prostredie. V otázke ako naložiť s odpadom zohráva dôležitú úlohu recyklácia. Prínos recyklácie odpadu spočíva v efektívnom využití materiálu a častokrát aj k samotnej ekonomickej úspore sprevádzanej aj zjednodušením technologických postupov. V roku 2022 vstúpil do platnosti [Z9], ktorého hlavným cieľom je zvýšenie potenciálu odpadového hospodárstva v oblasti stavebného odpadu a odpadu z demolácií a taktiež zabezpečenie a zvýšenie prípravy na opätovné použitie, recykláciu a zhodnotenie stavebného odpadu a odpadu z demolácie v kalendárnom roku minimálne na 70% hmotnosti tohto odpadu pri stavbách nad 300 m² zastavanej plochy. Definovanie druhu odpadu a jeho zaradenie podľa katalógu odpadov slúžia prvky z legislatívy Slovenskej Republiky ([Z5], ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov v znení [Z2]).

Druhy odpadov sú označené šesťmiestnym číslom, v ktorom prvé dvojčísle označuje skupinu, druhé dvojčísle podskupinu v príslušnej skupine a tretie dvojčísle druh odpadu v príslušnej skupine a podskupine.

17 Stavebné odpady a odpady z demolácií (vrátane výkopovej zeminy z kontaminovaných miest)

Pre potreby RÚ sa pozornosť venovala stavebnému odpadu a odpadu z demolácií, konkrétne podskupine 17 03 Bitúmenové zmesi, uhoľný decht a dechtové výrobky, ktoré sa ďalej rozdeľuje na 3 podskupiny:

17 03 01 bitúmenové zmesi obsahujúce uhoľný decht	N
17 03 02 bitúmenové zmesi iné ako uvedené v 17 03 01	O
17 03 03 uhoľný decht a dechtové výrobky	N

V rámci [Z9] a nadväzujúcej [Z8] sa stanovujú Špecifické požiadavky na odstránené asfaltové zmesi pre zaradenie ako vedľajší produkt. V zmysle [Z8] sa odstránenou asfaltovou zmesou rozumie asfaltová zmes získaná z odfrézovaných alebo iným spôsobom odstránených asfaltových vrstiev pozemných komunikácií, dopravných a iných plôch.

Odstránené asfaltové zmesi je možné považovať za vedľajší produkt v dvoch prípadoch.

- v prvom prípade, ak je k dispozícii dokumentácia z jej výstavby obsahujúca minimálne certifikát asfaltových zmesí, ktoré boli použité pri výstavbe,
- v druhom prípade odstránené asfaltové zmesi, iné ako uvedené v prvom prípade, je možné považovať za vedľajší produkt, ak spĺňajú aj nasledujúce požiadavky:
 - a) nie je znečistená inými látkami ako tými, ktoré sa používajú k ich výrobe, aplikácii, alebo pri bežnej prevádzke; toto znečistenie je prípustné, ak neohrozuje možnosť využitia odstránenej asfaltovej zmesi bežným spôsobom,
 - b) sú uskutočnené reprezentatívne odbery vzoriek a následné analýzy parametrov akreditovaným subjektom.

Dokumentácia, ktorou je potrebné dokladovať, že odstránená asfaltová zmes je vedľajším produktom musí minimálne obsahovať:

- a) identifikácia miesta vzniku vedľajšieho produktu, a to minimálne číslo pozemnej komunikácie a kilometer, alebo adresa odstránenia, alebo špecifikácia stavby,
- b) identifikácia osoby, ktorej je vedľajší produkt odovzdaný a jej oprávnenosť na jeho nadobudnutie (fotokópia dokladu v prílohe), respektíve stanoviť technológiu zapracovania do konštrukcie vozovky alebo stavby,
- c) množstvo vedľajšieho produktu ku ktorému sa údaje vzťahujú,
- d) certifikát použitej asfaltovej zmesi z výstavby (v prvom prípade),
- e) protokol o uskutočnenom vzorkovaní a o laboratórnych skúškach alebo ich fotokópia (v druhom prípade) [Z8].

V Českej republike vstúpila v roku 2019 do platnosti [Z5] o kritériách kde pri ich dodržaní sa stáva asfaltová zmes vedľajším produktom a prestáva byť odpadom. Predmetný legislatívny predpis má za cieľ riešenie nakladania s asfaltom a asfaltovými zmesami mimo režim odpadov, pravidiel recyklácie a použitia znovuzískanej asfaltovej zmesi. Inšpiráciu pre zámer a znenie vyhlášky možno hľadať napríklad v legislatíve Rakúska, kde sa podobným spôsobom rieši nakladanie s materiálmi (odpadmi) vzniknutými pri demoláciách. Do vydania [Z5] spadali asfalt a asfaltová zmes medzi bežné odpady a nakladanie s ním sa riadilo [Z6] o podmienkach ukladania odpadov na skládky a ich využívaní na povrchu terénu a zmene [Z7] o podrobnostiach nakladania s odpadmi. Prípadne sa využitiu asfaltových zmesí podriaďovalo [ZP4] určujúce technologické zásady prípravy a realizácie prác údržby a opravy vozoviek PK pokiaľ niektorá z konštrukčných vrstiev obsahovalo dechtové spojivá. [Z5] bola platná do 31.12.2020, kedy ju nahradil nový zákon o odpadoch [Z10].

V Európskej únii v súčasnosti v oblasti odpadov platí [Z3] a [Z4].

V oblasti recyklácií materiálov asfaltových vozoviek a používania R-materiálu na Slovensku platia TPR [T8, T9 a T10], ktoré vychádzajú zo sústavy Európskych noriem EN rady 13108, ktoré boli prevzaté do sústavy Slovenských technických noriem STN EN rady 13108, konkrétne požiadavkám na R-materiál sa venuje STN EN 13108-8.

Podľa údajov EAPA je v Európe ročne k dispozícii cca 50 miliónov ton R-materiálu, z toho približne 20 % sa recykluje a 76 % sa znova používa. Medzi recykláciou a znovu použitím je potrebné jasne rozlišovať podľa [Z3]:

- „znovu použitie“ je akákoľvek operácia, ktorou sa výrobky alebo súčasti, ktoré nie sú odpadom, znova použijú na rovnaký účel, na ktorý boli navrhnuté;

• „recyklácia“ je akákoľvek operácia zhodnocovania, ktorou sa odpadové materiály opätovne spracúvajú na výrobky, materiály alebo látky na pôvodné alebo iné účely.

V podmienkach SR využívanie R-materiálov najmä pri výrobe asfaltových zmesí vo VAZ a rovnako aj pri iných spôsoboch znovu použitia a recyklácie zaostávame za väčšinou krajín západnej Európy a sveta. Tento stav je z veľkej miery zapríčinený nedôverou investorov a obavou z kvality, resp. nekvality používaného R-materiálu. Druhý výrazným atribútom sú technické a technologické možnosti VAZ.

Podľa štatistík EAPA za rok 2020 [L1] vyplýva, že na Slovensku sa celkovo vyrobilo 2,2 milióna ton asfaltových zmesí. Podľa rovnakého zdroja bolo v roku 2020 na Slovensku k dispozícii 135 846 ton R-materiálu, z ktorého 53 % bolo využitých pri výrobe asfaltových zmesí recykláciou za horúca. Z danej štatistiky vyplýva, že množstvo R-materiálu použitého pri výrobe asfaltových zmesí recykláciou za horúca predstavuje cca 3,3 %. Pre porovnanie v roku 2020 to napríklad v Českej republike predstavovalo cca 5,6%, v Nemecku cca 25,6 % a v USA cca 21,4 % R-materiálu. Aj z danej štatistiky vyplýva, že vo využívaní R-materiálu do výroby asfaltových zmesí zaostávame oproti iným krajinám. Ďalším využitím R-materiálu na Slovensku je používanie do technológií recyklácie za studena v množstve 30 % a do technológií pre nestmelené konštrukčné vrstvy vozoviek v množstve 17 % z celkového množstva R-materiálu. Potrebnejšie údaje o využívaní R-materiálu v roku 2020 je uvedené v tab. 1 [L1].

Tabuľka 1 - Využívanie R-materiálu v Európe a USA [L1]

Krajina	R-materiál k dispozícii (mil. ton)	% R-materiálu použitého v			
		Recyklácia za horúca	Recyklácia za studena	Nestmelené konštrukčné vrstvy	Iné technológie
Rakúsko	1,260	70	30		
Belgicko	1,982	47	-	-	-
Chorvátsko	0,240	33	2	-	-
Česká republika	2,500	15	25	25	35
Dánsko	1,116	85	-	15	-
Fínsko	1,600	100	0	0	0
Francúzsko	6,042	76	-	-	-
Nemecko	11,600	84	0	16	0
Veľká Británia	4,976	37	0	63	
Maďarsko	0,140	95	3	2	0
Írsko	0,220	100	0	0	0
Taliansko	9,500	25	75		
Nórsko	0,840	35	0	65	0
Rumunsko	0,01	0	100	0	0
Slovensko	0,136	53	30	17	0
Slovinsko	0,170	29	11	25	35
Španielsko	1,900	73	0	24	3
Turecko	2,143	2	0	98	0
USA	85,000	93	0,5	6	0,5

R-materiál podľa STN EN 13108-8 označujeme skratkou RA (Reclaimed Asphalt), v anglickej odbornej literatúre sa používa označenie RAP – Reclaimed Asphalt Pavement. R-materiál sa označuje U RA d/D, kde U označuje maximálnu veľkosť obaleného zrna (kusov asfaltovej zmesi v R-materiáli), d/D označuje zrnitosť kameniva obsiahnutého v R-materiáli.

Príklad označenia: 32 RA 0/16; STN EN 13108-8

R-materiál s maximálnou veľkosťou zrna R-materiálu 32 mm, s rozmerom najväčšieho zrna kameniva v R-materiáli 16 mm, zodpovedajúci STN EN 13108-8.

5 Životný cyklus asfaltových vozoviek, recyklácia v životnom cykle

Užívaním PK dochádza k zhoršovaniu premenných parametrov konštrukcie vozovky ovplyvňujúcich jej prevádzkovú spôsobilosť (rovnosť, drsnosť, poruchy) a prevádzkovú výkonnosť (únosnosť). Pokles kvalitatívnej úrovne z hľadiska prevádzkovej spôsobilosti a výkonnosti si po určitom čase vyžaduje zásah do konštrukcie vozovky, ktorého cieľom je zlepšiť stav vozovky. Rozhodnutie

o vhodnom (ideálne optimálnom) spôsobe zásahu by malo byť vykonané na základe zhodnotenia aktuálneho stavu vozovky, ktorý možno získať realizáciou diagnostických meraní a vyhodnotení premenných parametrov asfaltovej vozovky.

Z hľadiska objektívnosti a dlhodobej integrity je optimálne používať pri rozhodovaní rovnaký algoritmus rozhodovacieho postupu. V podmienkach SR je takýto algoritmus uvedený v [68]. Jeho prioritným kritériom je klasifikácia únosnosti vozovky a potom na základe stavu vozovky z hľadiska výskytu porúch a rovnosti povrchu možno stanoviť vhodný spôsob (technológiu) zásahu do konštrukcie vozovky (obrázok 1). Druh technológie predurčuje, či pôjde o údržbu, opravu alebo rekonštrukciu vozovky. Aplikácia technológie s hrúbkou do 30 mm s cieľom prinavrátiť vozovke pôvodné funkčné vlastnosti je považovaná za údržbu. Všetky ostatné zásahy do konštrukcie vozovky sa považujú za opravu alebo rekonštrukciu. Rozdiel medzi opravou a rekonštrukciou je v tom, že pri oprave sa nezasahuje do podkladových vrstiev a podložia vozovky.

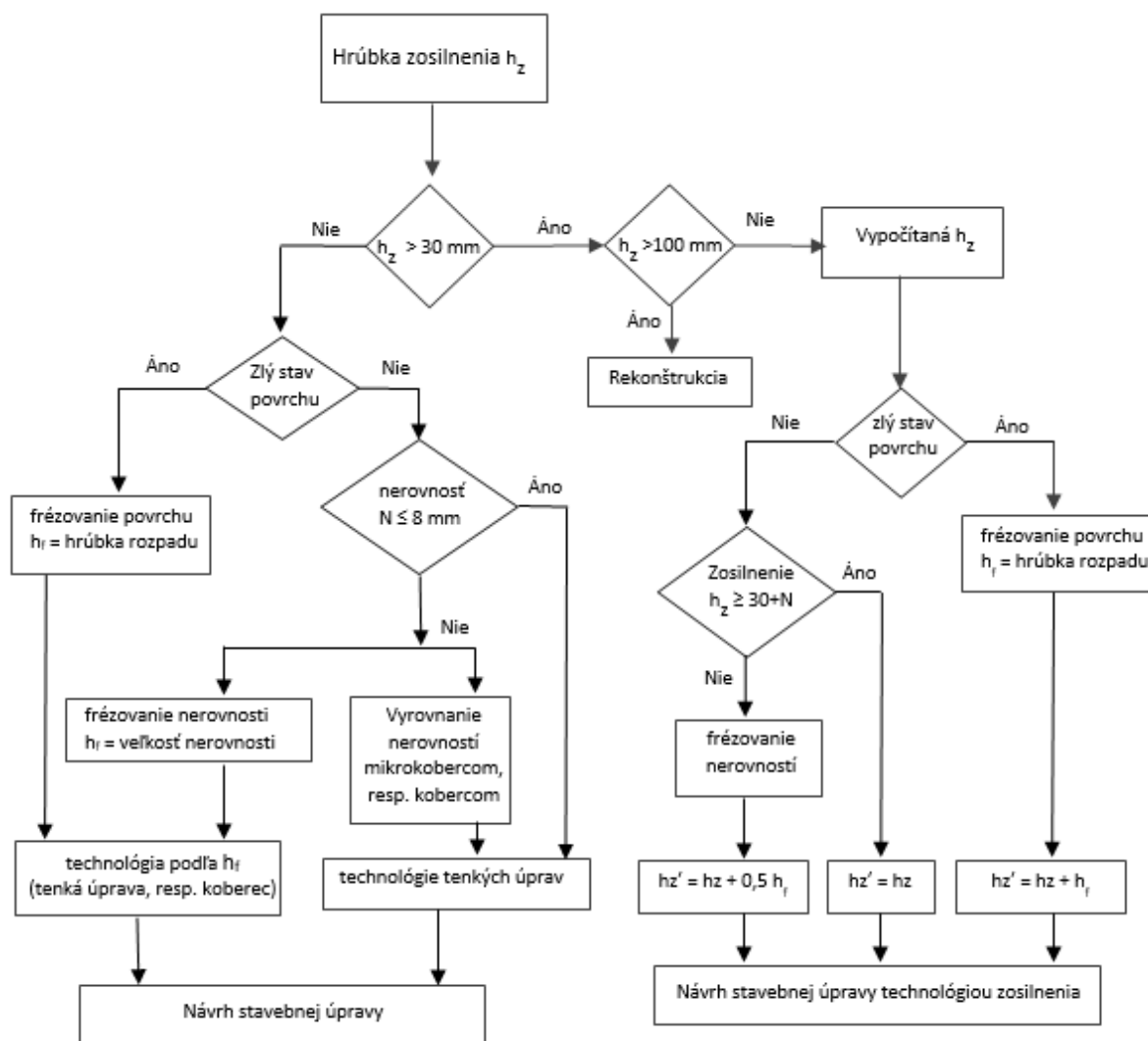
Ako je zrejmé z obrázku 1, algoritmus návrhu stavebnej úpravy relatívne presne stanovuje spôsob zásahu v prípade, že hrúbka zosilnenia vozovky stanovená pri hodnotení únosnosti je väčšia ako 30 mm a menšia ako 100 mm. Pretože nie je navrhovaný zásah do podkladových vrstiev vozovky, výsledná stavebná úprava patrí do kategórie opráv. Pri hrúbkach zosilnenia pod 30 mm (oblasť údržby) je návrh technológie iba vo všeobecnej rovine a nekonkretizuje možné technologické varianty. V prípade rekonštrukcií neuvádza žiadne možnosti realizovania rekonštrukcie vozovky. Pretože technologických možností na realizáciu údržby a rekonštrukcie (ale aj opráv) vozovky je viacero, je v nasledujúcej časti uvedený ich prehľad s tým, že sú špecifikované podmienky, za ktorých je vhodné danú technológiu použiť [L26].

Životný cyklus vozovky predstavuje dobu od jej výstavby a odovzdania do užívania až do dosiahnutia medznej hodnoty únavy, resp. vyčerpania prevádzkovej spôsobilosti, vykonania obnovy resp. rekonštrukcie vozovky, pri ktorej vzniká materiál získaný z vozovky, ktorý sa opätovne využíva pri technológiách znovu použitia a recyklácie. Pri životnom cykle hodnotíme každý parameter osobitne. Z hľadiska únosnosti je životný cyklus definovaný pôsobením únavovej závislosti až do dosiahnutia medznej hodnoty únavy materiálu a vzniku únavovej trhliny. Z hľadiska drsnosti je životný cyklus definovaný pomocou dosiahnutia medznej hodnoty M_u a z hľadiska nerovností je životný cyklus vyjadrený postupným nárastom nerovností až do dosiahnutia ich medznej hodnoty. Niektoré ako napr. drsnosť je možné opraviť údržbovými technológiami (zdrsňovací náter, mikrokoberec), iné potrebujú opravu až rekonštrukciu.

TUV sa vzťahuje na každú fázu životného cyklu: plánovanie, návrh, realizáciu projektov a infraštruktúry, každodennú prevádzku, údržbu, opravu, rekonštrukciu. Miyatake už v 1996 [L35] uviedol, že jedným zo spôsobov, ako sa snažiť o dosiahnutie TUV, je zmena z konvenčného lineárneho procesu na cyklický. V zásade to znamená výrazný nárast recyklovaných, obnovených a opätovne použitých materiálov, čo vedie k významnému zníženiu spotreby energie a zdrojov, uvádza príklady z Japonska:

- použitie materiálov šetrných k životnému prostrediu vrátane recyklovaných,
- vývoj stavebného systému poskytujúceho nižšie emisie CO_2 a spotreby energie,
- minimalizácia odpadu zo stavenísk,
- opätovné použitie/recyklácia zvyšného materiálu.

V dôsledku toho sa pri výstavbe ciest kladie väčší dôraz na spotrebu energie, emisií a ochranu životného prostredia. Zahŕňa to nielen zníženie spotreby energie a následných emisií, ale aj vývoj nových technológií zahŕňajúcich vyššie množstvá recyklovaných materiálov pre vozovky a vedľajšie produkty iných odvetví. Práca na vývoji udržateľných vozoviek si najprv vyžaduje definovanie, aké sú požiadavky na udržateľnosť. Miller a Bahia v r. 2009 [L34] definujú udržateľnú vozovku ako „vozovku, ktorá minimalizuje dopady na životné prostredie prostredníctvom zníženia spotreby energie, prírodných zdrojov a súvisiacich emisií pri súčasnom splnení všetkých výkonnostných podmienok a noriem“.



Obrázok 1 – Schéma postupu pri návrhu stavebnej úpravy [T6]

6 Získavanie materiálu z vozovky

Asfaltový materiál získaný z vozovky popísaný v tejto RÚ a používaný do ďalších technologických procesov môže byť získavaný z frézovania vrstiev vozoviek, z vybúrania konštrukcie vozovky, alebo z nezhodnej a nadbytočnej výroby. Proces získavania asfaltového materiálu z vozovky by mal zohľadňovať budúce spracovanie a využitie R-materiálu, aby sa dal v čo najvyššej miere využiť jeho energetický potenciál. Je potrebné mať informácie o type asfaltovej zmesi, ktorá sa bude získavať, aby mohli byť zabezpečené ďalšie kroky k efektívnemu nakladaniu so získaným materiálom spojené s úpravou, triedením, skladovaním, homogenizáciou a kvalitou R-materiálu.

Materiály, ktoré sú používané na technológiu opätovného spracovania s následným zabudovaním pri výstavbe, rekonštrukcii a obnove vozoviek možno získať frézovaním (obrázok 2):

- celej konštrukcie vozovky alebo
- jednotlivých vrstiev (selektívne frézovanie).

Frézovanie sa vykonáva cestnými frézami vybavenými samonakladacími zariadeniami na vozidlo a odvoz získaného materiálu na miesto spracovania. Frézovanie znamená rozpojenie asfaltovej vrstvy v hrúbke zodpovedajúcej požadovanej hrúbke frézovania resp. účinnosti použitej cestnej frézy. Na povrchu frézovacieho valca cestnej frézy sa nachádzajú vymeniteľné hroty. Frézovanie sa uskutočňuje za studena pri reálnej teplote vzduchu alebo za horúca, kedy je asfaltová vrstva vozovky vopred vyhriata súpravou infražiaričov.

Frézovanie za studena je v súčasnosti najrozšírenejší spôsob získavania asfaltových zmesí na ich znovu spracovanie vo VAZ.

Frézovanie za horúca (za tepla) je používané pri uplatňovaní technológie opätovného spracovania pôvodnej asfaltovej zmesi na mieste. Vopred vyhriatie asfaltovej vrstvy súpravou infražiaričov uľahčuje proces rozpojenia zabudovaných zmesí, a tak ich premiešanie s novými prídávanými komponentmi.

Častejšie používanie technológie frézovania asfaltových vrstiev za studena je využívané z týchto dôvodov:

- výkonnosť cestných fréz pracujúcich za studena je vyššia,
- frézovaním príslušnej asfaltovej vrstvy sa získa asfaltový materiál tých istých kvalitatívnych parametrov.

Zmes je prakticky homogénna, čo uľahčuje jej opätovné spracovanie pre určenú asfaltovú vrstvu vozovky za predpokladu správneho hospodárenia so získaným asfaltovým materiálom. Frézovanie za studena na vozovkách v mestských aglomeráciách pôsobí rušivejšie, ale z hľadiska bezpečnosti práce je výhodnejšie.

Pôvodná asfaltová zmes môže obsahovať (4,0 až 7,0 %) hmotnosti asfaltového spojiva, preto je potrebné ju chrániť pred:

- priamym účinkom slnečných lúčov,
- nadmerným zvyšovaním vlhkosti (dážď, odtok vody),
- pojazďovaním dopravnými a inými kolovými mechanizmami.

Opätovné použitie materiálu je proces, pri ktorom sa získaný materiál znova použije na stavbu cestnej komunikácie bez akejkoľvek úpravy. Recyklácia je už proces, pri ktorom sa vlastnosti získaného materiálu upravujú napríklad drvením, triedením, dopĺňaním frakcií, prídávaním spojiva a podobne. Pri využití odpadov a miestnych materiálov, vedľajších priemyselných produktov, ako aj vybraných materiálov z vozoviek treba riešiť problém úpravy ich vlastností. Rozlišujú sa dva prístupy:

- nová stavebná zmes (na výrobu ktorej sa použije materiál zo starej vozovky) musí mať také vlastnosti, aké vyžadujú technické predpisy (normy, resp. TPR). Ide o pevnosť a stabilitu zmesí, ich odolnosť proti účinkom vody a mrazu, proti vzniku trvalých deformácií a iné. Keď existuje kvalitatívna trieda materiálu, potom by sa mohla nová zmes, s istým podielom starého materiálu použiť na rovnaké časti konštrukcie vozovky pri jej stavbe a obnove s dodržaním požiadaviek na tieto kvalitatívne triedy.
- Nová stavebná zmes (na výrobu ktorej sa použije materiál zo starej vozovky) má vlastnosti, ktoré technické predpisy nešpecifikujú. Môžu sa však vypracovať nové predpisy a technicko-kvalitatívne podmienky, ktoré potom umožnia zabudovať pri stavbe a obnove vozoviek „nový“ materiál so špecifikovanými vlastnosťami.

Existencia týchto dvoch prístupov vytvára v praxi situáciu s veľkým počtom kombinácií a variantov najmä v spojitosti s druhom, teda typom konštrukcie vozovky.

Materiály zo starých vozoviek možno opätovne spracovať nasledujúcimi spôsobmi:

- a) technológiou opätovného spracovania pôvodných asfaltových zmesí:
 - spracovaním asfaltových zmesí za horúca/za tepla vo VAZ s prerušovaným alebo kontinuálnym spôsobom miešania, prípadne vo VAZ vybavených paralelne vyhrievaným bubnom,
 - spracovaním asfaltových zmesí na mieste za horúca,
 - spracovaním asfaltových zmesí na mieste za studena,
- b) technológiou opätovného spracovania stavebných zmesí stmelých hydraulickým spojivom,
- c) technológiou opätovného spracovania nestmelých vrstiev zo spodných podkladových vrstiev,
- d) technológiou opätovného spracovania nestmelých vrstiev spolu s rozpojenými pôvodnými zmesami stmelými hydraulickým spojivom.

V prípade technológií uvedených v bodoch b, c, d, sa stmelené alebo nestmelené spodné podkladové vrstvy vozovky rozpoja cestnými frézami alebo strojným zariadením – recyklérom a spracujú sa za studena na mieste alebo v miešacom centre [L15].



Obrázok 2 – Frézovanie konštrukcie vozovky

Cestné frézy sa rozlišujú podľa veľkosti:

- **Malé cestné frézy.** Majú šírka frézovacieho valca do 500 mm a záberovú hĺbku pod 100 mm
- **Stredné cestné frézy.** Šírka frézovacieho valca je medzi (500 – 1000) mm a záberová hĺbka do 180 mm.
- **Veľké cestné frézy.** Frézovací valec nad 1000 mm a záberová hĺbka pod 350 mm.
- **Špeciálne cestné frézy.** Šírka frézovacieho valca je do 350 mm a záberová hĺbka do 100 mm. Ich použitie je výhodné pri sanačných prácach pre odfrézovanie poškodených krytových vrstiev v blízkosti kanalizačných poklopov, uličných vpustí, rigolov a podobne.

R – materiál (asfaltový, zmesný, neasfaltový) možno získavať z asfaltových vozoviek aj spôsobom vybúrania materiálu vo forme kusov, kryh (obrázok 3). Po vybúraní sa materiál ďalej drví a triedi. Je výhodné vykonávať drvenie a triedenie v jesennom a zimnom období, kedy vďaka nižším teplotám nie je R-materiál natoľko lepkavý a vhodnejšie sa spracováva. Búranie konštrukcie celej pôvodnej vozovky alebo jednotlivých vrstiev sa uskutočňuje pomocou rýpadla so zbíjacím kladivom. Získaný materiál je následne podrvený a vytriedený. V rámci jedného záberu je možné vybúrať vrstvy stmelené asfaltovým spojivom a v druhom ostatné vrstvy. Takýto separovaný spôsob vybúrania umožňuje opätovne zabudovať asfaltový R-materiál v asfaltových zmesiach a zmesný, resp. neasfaltový R-materiál zabudovať do ďalších konštrukčných vrstiev vozovky na základe platných STN a TPR.

Ďalšie spôsoby získavania a následne typy recyklovaných materiálov vznikajú pri demolácii stavebných objektov (napr. betón, murovací materiál, škridla,...), ďalej to môžu byť vedľajšie priemyselné produkty (napr. UHKT), recyklované pneumatiky, plasty a podobne. Materiál získaný z demolácií stavieb predstavuje v EÚ približne dve tretiny celkového množstva z produkcie odpadu [L24]. Pri týchto typoch recyklovaných materiálov je možné uvažovať so zapracovaním do materiálov konštrukcie vozovky, resp. zabudovať do zemných konštrukcií a konštrukčných vrstiev vozovky na základe laboratórnych rozborov a dlhodobého sledovania za predpokladu, že budú splnené stanovené pevnostné a deformačné parametre príslušných platných technických noriem, TPR a tieto predpisy budú ich použitie umožňovať.



Obrázok 3 – Búranie konštrukcie vozovky vo forme kusov, kryh

Vozovky PK sú označované ako zdroje prírodných, alebo umelých materiálov, ale predovšetkým ako zdroje prírodného alebo umelého kameniva pre súčasnosť, ale aj pre budúcnosť.

Na stavbu, obnovu a rekonštrukciu vozoviek, ciest, diaľnic a miestnych komunikácií sa používa veľké množstvo cestných stavebných materiálov, ktorých zásoby nie sú nevyčerateľné. V nedávnej minulosti problém nedostatkov kameniva a jeho relatívne vysoké ceny, bol riešený využívaním miestnych materiálov, vedľajších priemyslových produktov, predrveného betónu, ktoré boli označované ako odpadové materiály. Všeobecne platí, že všetky materiály alebo stavebné zmesi, ktoré boli použité v jednotlivých vrstvách vozoviek sú recyklovateľné.

Použitie R-materiálu je spojenie s jeho potrebnou úpravou, pretože kvalita materiálu získaného frézovaním alebo búraním je nehomogénna a nie vždy vhodná na priame použitie. Materiál je nutné upraviť, aby v recyklačnom procese bol použiteľný v súčasnosti, ale aj v budúcnosti [L16].

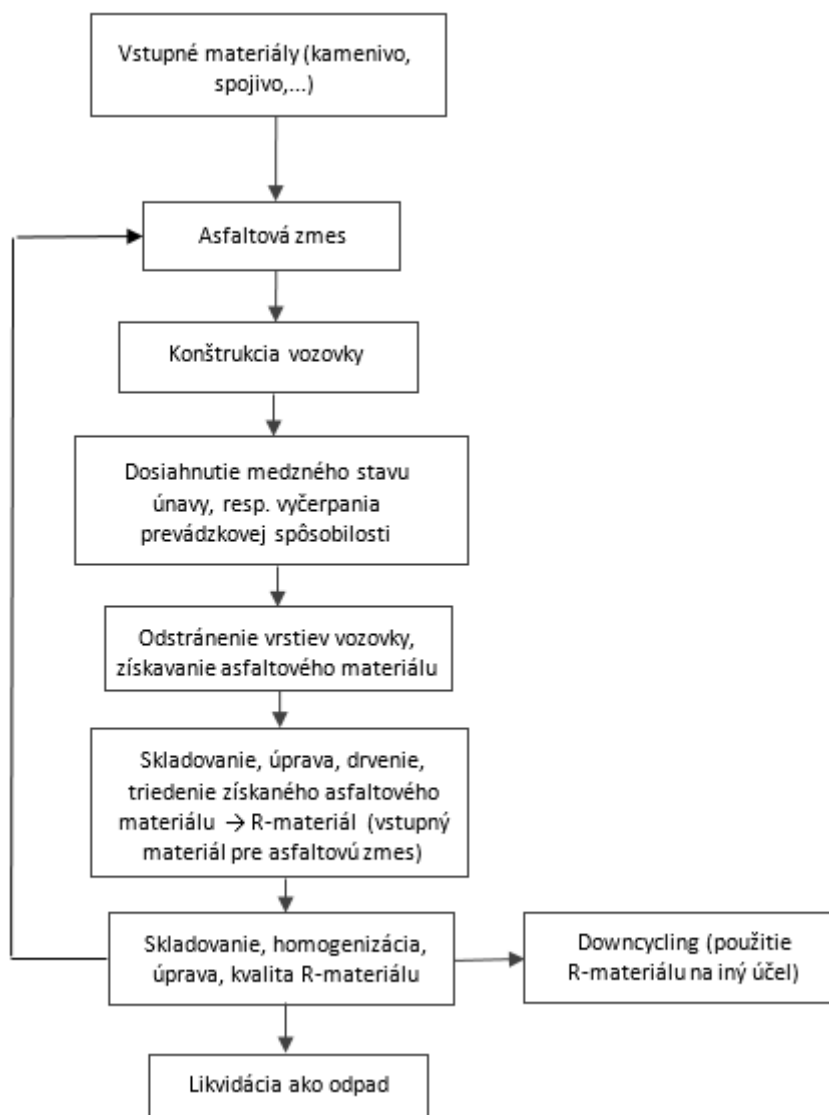
7 Hospodárenie s materiálom získaným z vozovky

Na zabezpečenie správneho fungovania hospodárenia s materiálom získaným z vozovky sú dôležité najmä činnosti a postupy spojené s:

- evidenciou/pasportizáciou materiálov konštrukčných vrstiev vozoviek existujúcej cestnej siete, aby bolo dopredu jasné aký typ asphaltovej zmesi sa bude znovu získavať a mohli byť zabezpečené a pripravené ďalšie časti hospodárenia s materiálom získaným z vozovky,
- spôsobom získavania asphaltového materiálu z vozovky,
- spôsobom skladovania neupraveného získaného asphaltového materiálu,
- úpravou, drvením, triedením a vznikom R-materiálu,
- skladovaním a ochranou R-materiálu,
- zisťovaním a hodnotením kvalitatívnych parametrov R-materiálu,
- homogenizáciou a úpravou R-materiálu,
- použitím R-materiálu.

Činnostiam súvisiacim s hospodárením s materiálom získaným z vozovky musí predchádzať zmluva o zaobchádzaní s vyzískaným materiálom medzi správcom PK a zhotoviteľom, resp. pôvodcom a držiteľom materiálu získaného z vozovky.

Na obrázku 4 je uvedená schéma životného cyklu asphaltovej zmesi, hospodárenia s asphaltovým materiálom získaným z vozovky a jeho využitím na základe kvalitatívnych parametrov. Využitie môže byť do nových asphaltových zmesí, na iný účel (v zahraničnej literatúre označované pojmom downcycling, využitie napr. do nestmelených podkladových vrstiev vozoviek, na zásypy krajníc a pod. v prípade, že sa jedná o zmesný R-materiál získaný z asphaltovej vozovky) alebo likvidácia získaného materiálu ako odpadu.



Obrázok 4 – Životný cyklus asfaltovej zmesi, hospodárenie s asfaltovým materiálom získaným z vozovky

Na Slovensku je najčastejšie používaný R-materiál, ktorý vznikol zo získaného asfaltového materiálu frézovaného z konštrukčných vrstiev vozoviek s rozdielnou kvalitou. Často sú vyfrézované materiály z obrusnej, ložnej a podkladovej vrstvy skladované spolu na jednej skládke. Získaný asfaltový materiál obsahuje rozdielne pôvodné spojivo, tým dochádza k neefektívnemu využívaniu potenciálu R-materiálu.

Asfaltový materiál získaný z vozovky sa najčastejšie drví a triedi na R-materiál s označením 16 RA 0/11 pre zmesi do obrusných vrstiev a 32 RA 0/16 resp., 0/22 pre zmesi do vyrovnávajúcich, ložných a podkladových vrstiev. V tomto prípade, keď skládka R-materiálu obsahuje rôzne druhy asfaltových zmesí z rôznych konštrukčných vrstiev je potrebné pred ďalším spracovaním R-materiálu vykonať jeho homogenizáciu premiešaním. R-materiál na skládkach býva často skladovaný bez zastrešenia čo má za následok jeho značnú vlhkosť a následné komplikácie pri výrobe asfaltových zmesí.

Z uvedených dôvodov je možné takto spracovaný a skladovaný R-materiál používať vo výrobníach asfaltových zmesí v obmedzenom množstve.

7.1 Dosiahnutie vyššej kvality R-materiálu

Aby bolo možné pridávať väčšie množstvo R-materiálu do výroby asfaltových zmesí (30 a viac % z hmotnosti asfaltovej zmesi) je potrebné hospodáriť so získaným asfaltovým materiálom na vyššej úrovni. V tejto oblasti je možné sa inšpirovať skúsenosťami s hospodárením so získaným

asfaltovým materiálom zo zahraničia, vďaka ktorým je možné dosahovať vyššiu kvalitu R-materiálu a tým pádom vyššieho podielu R-materiálu v novo vyrábaných asfaltových zmesiach [L41].

Odporúčania pre hospodárenie so získaným asfaltovým materiálom:

Frézovanie:

Základom je frézovať vozovky selektívne, po jednotlivých vrstvách, samostatne obrusnú, ložnú a podkladovú vrstvu, resp. samostatne vrstvy s modifikovaným spojivom. Spracovanie získaného materiálu je následne jednoduchšie, pretože do výroby asfaltových zmesí pre konkrétnu konštrukčnú vrstvu sa použije R-materiál získaný z danej konštrukčnej vrstvy (napr. na výrobu asfaltovej zmesi pre obrusnú vrstvu sa použije R-materiál získaný z obrusnej vrstvy). V danom prípade odpadá potreba zaoberať sa kvalitou kameniva, nakoľko sa predpokladá že v minulosti už bola kvalita kameniva pre konkrétnu konštrukčnú vrstvu už overená.

Skladovanie:

Selektívne získaný asfaltový materiál z jednotlivých vrstiev a následne vzniknutý R-materiál treba skladovať oddelene. Ďalším veľmi dôležitým aspektom skladovania R-materiálu je zastrešenie skládok. Zastrešením je zabránenie prenikania zrážkovej vody do R-materiálu, čo má priaznivý efekt pri výrobe asfaltových zmesí s použitím R-materiálu (zníženie tvorby vodnej pary pri pridávaní R-materiálu zastudena, resp. úspora nákladov na predhrievanie R-materiálu v paralelnom bubne šaržovej VAZ. Ďalšie zníženie vlhkosti je možné dosiahnuť úpravou, spevnením a odvodnením podkladu skládky R-materiálu čím dosiahneme minimalizáciu zemnej vlhkosti v R-materiáli.

Homogenizácia:

Jedným z kľúčových faktorov, ktorý ovplyvňuje kvalitu R-materiálu a výslednej asfaltovej zmesi je homogenizácia R-materiálu. Tento proces je dôležitý najmä pri skladovaní R-materiálu rôzneho pôvodu. Homogenizácia R-materiálu sa vykonáva pomocou nakladača resp., iného vhodného zariadenia, ktorý z rôznych miest skládky, hromady nakladá a premiestňuje materiál na novú hromadu kužeľového tvaru. Tento postup je vhodné viackrát opakovať. Homogenizáciu je vhodné robiť pred každým zapracovaním R-materiálu.

Potrebná je priebežná kontrola vlastností asfaltového spojiva na skládke R-materiálu (penetrácia a bod mäknutia), nakoľko spojivo v R-materiáli podlieha starnutiu. Ďalej je potrebné sledovať obsah spojiva a čiaru zrnitosti, kvalitu kameniva z R-materiálu získaného po extrakcii spojiva.

V súčasnosti tieto odporúčania nie sú na Slovensku bežné a aplikované a tým pádom sa potenciál R-materiálu nevyužíva v takej miere ako by bolo možné.

7.2 Starnutie asfaltových spojív

Asfaltové spojivá počas celého svojho životného cyklu podliehajú starnutiu. Dochádza k nemu počas jeho výroby, skladovania, spracovania, dopravy, pokládky asfaltových zmesí a užívania v konštrukcii vozovky. Starnutie asfaltového spojiva je spôsobené pôsobením vzdušného kyslíka, vplyvom teploty a ultrafialového žiarenia. Tieto vplyvy negatívne ovplyvňujú vlastnosti asfaltového spojiva, ktoré sa prejavujú tvrdnutím asfaltu signalizovaným znižovaním penetrácie, zvyšovanie teploty bodu mäknutia a znižovaním penetračného indexu. Z popísanej problematiky starnutia asfaltového spojiva vyplýva, že asfaltové spojivo obsiahnuté v R-materiáli už nedosahuje rovnaké parametre ako pôvodné dávované spojivo. Asfaltové spojivo je tvrdšie a krehkejšie a pri výrobe novej asfaltovej zmesi musí byť ošetrené, aby základné vlastnosti spojiva (penetrácia a bod mäknutia) vo výslednej zmesi spĺňali požiadavky vybranej triedy asfaltu. Za ošetrovanie R-materiálu možno považovať pridanie spojiva s vyššou hodnotou penetrácie alebo použitie zmäkčovacích resp., oživovacích (regeneračných) prísad (rejuvenátorov). Pri ošetrovaní R-materiálu je dôležité, aby v čo najvyššej miere došlo k premiešaniu spojiva z R-materiálu a novo pridávaného spojiva resp., prísady. Iba v takom prípade možno predpokladať dostatočné ošetrovanie a homogenitu novo vyrábanej asfaltovej zmesi [L14, L28].

Ak sa R-materiál, v ktorom sa použil len cestný asfalt, pridá v množstve viac ako 10 % hmotnosti do novej zmesi pre obrusnú vrstvu a viac ako 20 % hmotnosti do novej zmesi pre vyrovnávaciu vrstvu, ložné vrstvy a podkladové vrstvy, do ktorej sa pridá cestný asfalt vybratej triedy, potom musí spojivo vo výslednej zmesi spĺňať požiadavky vybranej triedy asfaltu na penetráciu a/alebo bod mäknutia spojiva vypočítaného z penetrácií a/alebo bodov mäknutia pridávaného spojiva a spojiva z R-materiálu. Výpočet sa vykoná podľa prílohy A STN EN 13108-1.

8 Technológie údržby a opravy asfaltových vozoviek

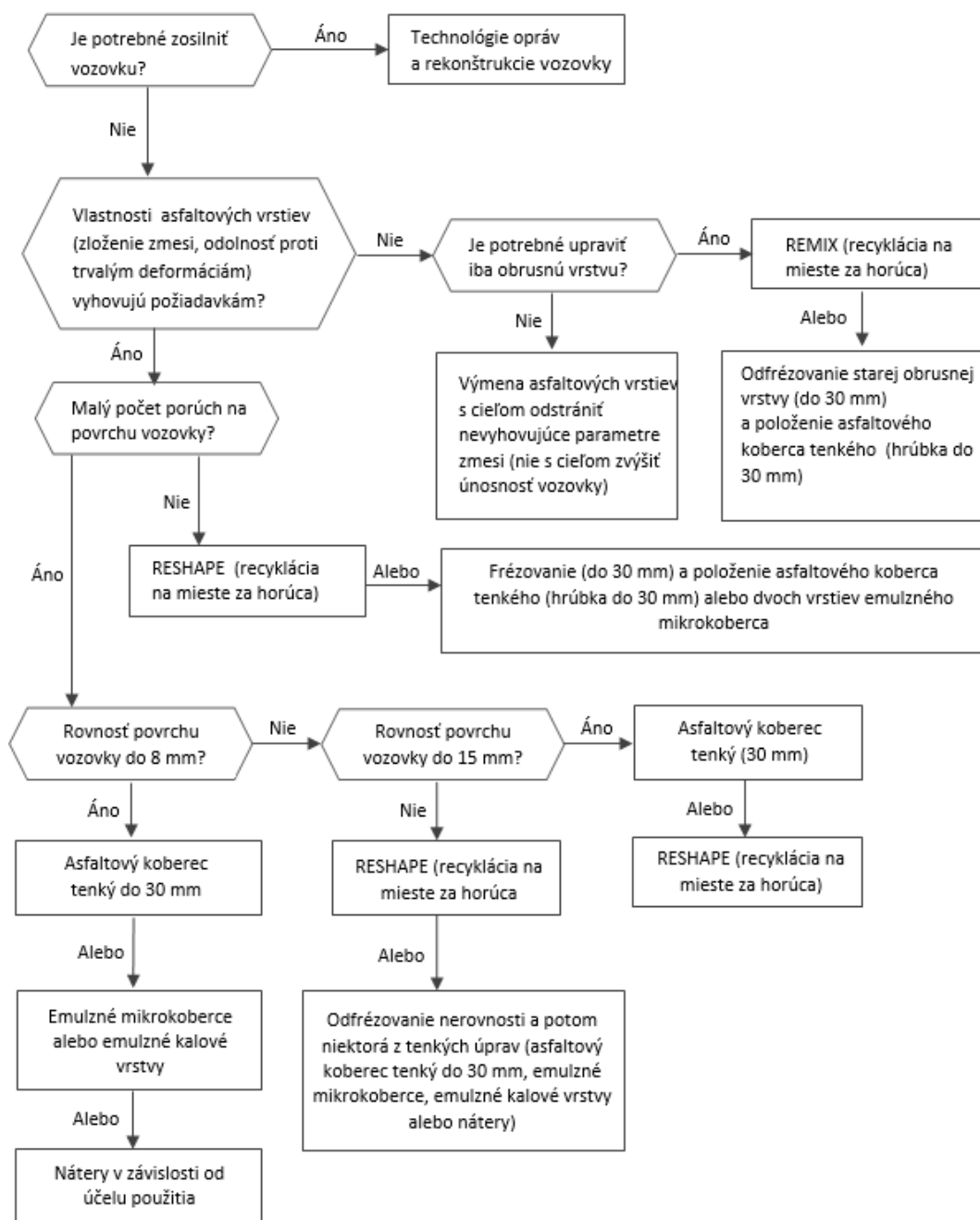
8.1 Technológie údržby asfaltových vozoviek

Obnova asfaltových vozoviek formou údržby sa vykonáva na vozovkách, ktoré vyhovujú z hľadiska únosnosti na výhľadové dopravné zaťaženie a je potrebné iba zabezpečiť dostatočné parametre povrchu vozovky z hľadiska drsnosti, rovnosti a stavu povrchu (početnosť výskytu porúch) [L26].

Údržbu vozovky možno vykonať použitím:

- **asfaltového koberca tenkého**, ak vozovka nevyhovuje z hľadiska pozdĺžnej rovnosti a je potrebné zlepšiť rovnosť povrchu a zároveň je možné mierne zvýšiť niveletu vozovky.
- **Emulzných mikrokobercov a náterov**, ak vozovka vyhovuje z hľadiska pozdĺžnej rovnosti, ale je potrebné zabrániť vnikaniu vody do konštrukcie vozovky cez málopočetné trhliny na povrchu, alebo je potrebné odstrániť povrchové poruchy, či prípadne zlepšiť drsnosť povrchu vozovky a zároveň nie je možné zvýšiť niveletu vozovky.
- **Technológií recyklácie (RESHAPE)**, ak
 - nie je potrebné meniť vlastnosti asfaltových vrstiev,
 - v obrusnej vrstve sa vyskytuje väčšie množstvo povrchových porúch a porúch krytu,
 - vozovka nevyhovuje z hľadiska rovnosti povrchu (v priečnom alebo v pozdĺžnom smere),
 - nie je možné zvýšiť niveletu vozovky.
- **Technológií recyklácie (REMIX)**, ak
 - je potrebné meniť zloženie asfaltových vrstiev v obrusnej prípadne ložnej vrstve (najmä na zvýšenie odolnosti proti trvalým deformáciám úpravou zrnitosti a zmenou obsahu spojiva),
 - v obrusnej vrstve (a prípadne v ložnej vrstve) sa vyskytuje väčšie množstvo povrchových porúch a porúch krytu,
 - vozovka nevyhovuje z hľadiska hodnotenia nerovností v priečnom smere,
 - je možné mierne zvýšiť niveletu vozovky.

Voľba technológie údržby vozovky závisí najmä od stavu povrchu vozovky (druh a početnosť porúch), jeho rovnosti a od kvalitatívneho stavu obrusnej a prípadne ložnej vrstvy. Pri rozhodovaní o výbere technológie a z dôvodu zabezpečenia efektívneho využitia financií z verejných zdrojov je možné využiť algoritmus na obrázku 5 [L26].



Obrázok 5 – Postup výberu spôsobu údržby vozovky [L26]

8.2 Technológie opráv asfaltových vozoviek

Voľba technológie opravy vozovky závisí od potrebnej hrúbky zosilnenia, možnosti a vhodnosti zmeniť niveletu asfaltovej vozovky, početnosti porúch vozovky a kvalitatívneho stavu asfaltových vrstiev vozovky.

Pri voľbe technológie opráv asfaltových vozoviek môžeme zvoliť nasledujúce postupy:

- zosilnenie pridaním novej vrstvy alebo nových vrstiev,
- recyklácia vrstiev s pridaním novej zosilňujúcej vrstvy,
- výmena asfaltových vrstiev vozovky,
- kombinácia recyklácie a výmeny asfaltových vrstiev,
- kombinácia výmeny a zosilnenia s pridaním novej vrstvy,
- kombinácia recyklácie a zosilnenia pridaním novej vrstvy.

Oprava vozovky zosilnením pridaním novej vrstvy, alebo pridaním nových vrstiev sa použije ak:

- asfaltové vrstvy vozovky svojím zložením, svojimi pevnostnými a deformačnými charakteristikami a inými vlastnosťami vyhovujú požiadavkám, ktoré stanovujú príslušné normy,
- vozovka nevyhovuje z hľadiska požadovanej prevádzkovej výkonnosti na posudzované obdobie a je potrebné ju zosilniť,
- množstvo porúch na povrchu vozovky je malé,
- je možné zvýšiť niveletu vozovky.

Oprava vozovky recykláciou s pridaním novej zosilňujúcej vrstvy sa použije v nasledujúcich prípadoch:

a) Technológia recyklácie REPAVE sa použije ak:

- nie je potrebné meniť vlastnosti asfaltových vrstiev,
- v obrusnej vrstve sa vyskytuje väčšie množstvo povrchových porúch a porúch krytu,
- vozovka nevyhovuje z hľadiska požadovanej prevádzkovej výkonnosti na posudzované obdobie, je potrebné ju zosilniť, pričom potrebná hrúbka zosilnenia nepresahuje 60 až 80 mm,
- je možné zvýšiť niveletu vozovky.

b) Technológia recyklácie REMIX PLUS sa použije ak:

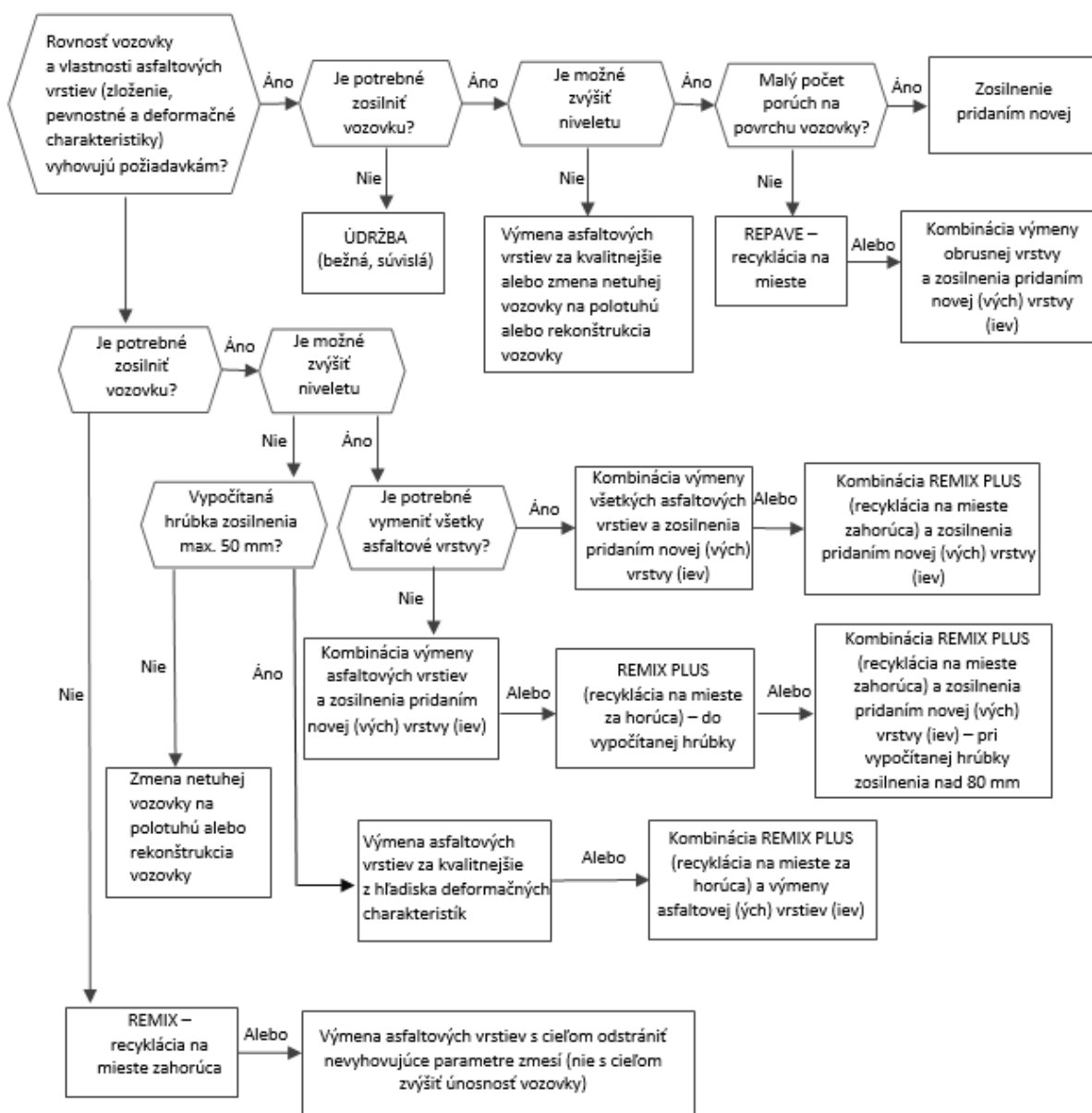
- je potrebné meniť zloženie asfaltových vrstiev v obrusnej prípadne ložnej vrstve (napr. na zvýšenie odolnosti proti trvalým deformáciám úpravou zrnitosti a zmenou obsahu spojiva),
- v obrusnej vrstve sa vyskytuje väčšie množstvo povrchových porúch a porúch krytu,
- vozovka nevyhovuje z hľadiska požadovanej prevádzkovej výkonnosti na posudzované obdobie, je potrebné ju zosilniť, pričom potrebná hrúbka zosilnenia nepresahuje 60 až 80 mm,
- je možné zvýšiť niveletu vozovky.

Oprava vozovky výmenou asfaltových vrstiev sa použije ak:

- nie je možné zvýšiť niveletu vozovky,
- pevnostné a deformačné charakteristiky asfaltových vrstiev sú nízke a výmena za nové vrstvy s vyššími kvalitatívnymi parametrami prinesie zosilnenie vozovky,
- vypočítaná potrebná hrúbka zosilnenia nepresiahne pri výmene obrusnej vrstvy 40 mm, pri výmene obrusnej a ložnej vrstvy 50 mm a pri výmene obrusnej, ložnej aj hornej podkladovej vrstvy 60 mm.

Oprava vozovky kombináciou recyklácie a výmeny asfaltových vrstiev sa použije ak:

- nie je možné zvýšiť niveletu vozovky,
- je potrebné vymeniť všetky asfaltové vrstvy,
- pevnostné a deformačné charakteristiky asfaltových vrstiev sú nízke a výmena za nové vrstvy s vyššími kvalitatívnymi parametrami prinesie zosilnenie vozovky [L26].



Obrázok 6 – Postup výberu spôsobu opravy vozovky [L26]

8.3 Technológie recyklácie pri obnove asfaltových vozoviek

Zhoršovanie stavu cestných komunikácií počas ich užívania si vyžaduje údržbu, opravu, v určitých časových intervaloch potom obnovu a neskôr až rekonštrukciu vozoviek. Technologických postupov (spôsobov) je veľa, konkrétna voľba závisí od hodnotenia stavu prevádzkovej spôsobilosti a konštrukcie vozovky, ako aj od jej typu. Už niekoľko rokov si uvedomujeme, že z hľadiska ochrany životného prostredia a úspor energie je nevyhnutné aj v cestnom stavebníctve opätovne používať materiály, najmä asfaltové zmesi a technológie opätovného použitia a recyklovania. Treba uvažovať hospodárne a ekonomicky, využiť materiály, ktoré sú v existujúcich vozovkách zabudované a zhodnotiť ich pri ďalšej výstavbe.

Pri použití recyklovaného materiálu potrebujeme čo najpresnejšie poznať jeho vlastnosti. Základné vlastnosti definované v platných predpisoch nie sú vždy postačujúce, treba mať k dispozícii aj údaje o konkrétnom type pôvodného spojiva, resp. o tom, či bolo modifikované. Vzhľadom na nedostatočnú pasportizáciu údajov o existujúcej sieti cestných komunikácií na Slovensku a podobne aj v zahraničí je problematické získať tieto údaje. Popri asfalte ovplyvňujú výsledné vlastnosti asfaltovej zmesi aj vlastnosti kameniva v R-materiáli.

Použitie R-materiálu do nestmelených podkladových vrstiev vozoviek alebo na zásypy a nespevnené krajnice sa považuje za najmenej efektívne riešenie. Zo všetkých klasických technológií

recyklácie sa ako najefektívnejšia ukazuje technológia recyklácie za horúca vo VAZ. Väčšina pôvodných asfaltových zmesí sa na Slovensku, podobne ako aj v zahraničí, upravuje práve touto technológiou. Jej použitím možno v čo najväčšej miere využiť potenciál R-materiálu. Pri tomto spôsobe sú aj najlepšie spracované technické normy a [T8]. V systéme hospodárenia s vozovkami sa pri ich obnove používa v našich podmienkach najviac technológia Remix Plus, ktorej podstatou je súčasná recyklácia jestvujúcich asfaltových vrstiev a polozenie novej obrusnej vrstvy z novej asfaltovej zmesi, vyrobenej vo VAZ. Obe vrstvy sa zhutňujú súčasne [L12].

9 Požiadavky na R-materiál

Požiadavky na R-materiál sú stanovené v norme STN EN 13 108-8 a [T8].

9.1 Požiadavky na skládku R-materiál

9.1.1 Cudzorodé látky

Prítomnosť, obsah a typ cudzorodých látok musia byť zdokumentované a musia byť deklarované ako kategória. Obsah cudzorodých látok je určený podľa STN EN 12697-42.

Cudzorodé látky sú iné materiály ako prírodné kamenivo, nepochádzajúce z asfaltovej zmesi.

Sú rozdelené na dve skupiny:

Skupina 1 – cementový betón, tehly, látky z podkladových vrstiev, cementová malta, kovy,

Skupina 2 – syntetické materiály, drevo, plasty.

R-materiál musí byť zatriedený podľa obsahu cudzorodých látok takto:

Kategória F_1 - obsah cudzorodých látok skupiny 1 je $< 1 \%$, obsah cudzorodých látok skupiny 2 je $< 0,1 \%$,

Kategória F_5 - obsah cudzorodých látok skupiny 1 je $< 5 \%$, obsah cudzorodých látok skupiny 2 je $< 0,1 \%$,

Kategória F_{dec} - obsah a zdroj všetkých cudzorodých látok je definovaný

9.1.2 Spojivo

Druh spojiva sa musí zdokumentovať a deklarovať na základe súčasného alebo staršieho overovania. Deklarovanie musí uvádzať, či spojivom je najmä cestný asfalt, modifikovaný asfalt alebo tvrdý asfalt. R-materiál obsahujúci uhoľný decht nad nebezpečnú úroveň sa nesmie zapracovať do stavby.

Poznámka 1: Prvotné overenie R-materiálu na prítomnosť uhoľného dechtu sa vykoná v mieste jeho získania nepriamou metódou. Poznámka 2: Ak sa z prvotného overenia preukáže prítomnosť uhoľného dechtu v R-materiáli, musí sa vykonať jeho kvantitatívna analýza laboratórnou skúškou v plynovom chromatografe na preukázanie neprekročenia stanovených limitov v zmysle platnej legislatívy.

Ak sa uvažuje s dávkovaním R-materiálu v asfaltovej zmesi pre podkladovú a ložnú vrstvu viac ako 20 % a s dávkovaním viac ako 10 % v obrusnej vrstve, je potrebné deklarovať *vlastnosti spojiva* jedným alebo viacerými uvedenými spôsobmi:

- R-materiál je kategórie P_{15} , ak penetrácia spojiva každej vzorky je najmenej 10 x 0,1 mm a priemerná penetrácia všetkých vzoriek je najmenej 15 x 0,1 mm;

- R-materiál je kategórie S_{70} , ak bod mäknutia každej vzorky nie je väčší ako 77 °C a priemerný bod mäknutia všetkých vzoriek vzorky nie je väčší ako 70 °C;

- zo všetkých vzoriek sa musí deklarovať buď priemerná penetrácia alebo priemerný bod mäknutia ako kategória P_{dec} , alebo S_{dec} .

Spojivo sa musí späťne získať podľa STN EN 12697-3, prípadne STN EN 12697-4. Penetrácia spojiva sa stanoví podľa STN EN 1426, bod mäknutia podľa STN EN 1427.

Ak skládka R-materiálu obsahuje asfaltovú zmes s asfaltom, ktorý je iný ako cestný asfalt, musí sa deklarovať zdroj a vlastnosti spojiva, aby bolo možné stanoviť jeho vhodnosť pre použitie v asfaltových vrstvách vozoviek.

9.1.3 Zrinitosť kameniva

Priemerná zrinitosť musí byť deklarovaná v minimálnej početnosti skúšok na R-materiál podľa 9.1.7. Výkon skúšky zrinitosti sa stanovuje podľa STN EN 12697-2 a musí sa vyjadriť v percentách prepádov cez charakteristické sítá uvedené v [T14].

9.1.4 Obsah spojiva

Musí byť deklarovaný priemerný obsah spojiva zo skládky v minimálnej početnosti skúšok podľa 9.1.7. Obsah sa stanovuje podľa STN EN 12697-1 (pre R-materiál obsahujúci cestný asfalt alebo spojivo modifikované polymérmi).

9.1.5 Zrornosť R-materiálu

Musí byť deklarovaná maximálna veľkosť zrna vzoriek R-materiálu U_{RA} zo skládky v minimálnej početnosti skúšok podľa 9.1.7. Zrornosť sa stanovuje podľa STN EN 933-1.

9.1.6 Homogenita R-materiálu

Ak sa uvažuje s dávkovaním R-materiálu v asfaltovej zmesi pre podkladovú a ložnú vrstvu viac ako 20 % a s dávkovaním viac ako 10 % v obrusnej vrstve musí sa deklarovať homogenita skládky R-materiálu. Homogenita skládky sa musí určiť na základe variability percentuálneho zastúpenia hrubého kameniva, drobného kameniva a jemných častíc v R-materiáli, obsahu spojiva a buď na základe penetrácie alebo bodu mäknutia znovuzískaného spojiva.

9.1.7 Odber vzoriek a skúšky R-materiálu

Na základe stanoveného množstva R-materiálu na skládke sa musia vykonať odbery vzoriek v súlade s STN EN 932-1.

Početnosť skúšok je stanovená počtom vzoriek (n) pre skúšky, kde (n) sa rovná množstvu R-materiálu na skládke delenému početnosťou skúšok uvedenej v tabuľke 2.

Tabuľka 2 - Početnosť skúšok R -materiálu [T8]

Úroveň	Tony/skúška
Y	1000
Z	2000

Úroveň Y stanovuje najmenšiu početnosť pri použití plánovaných skúšok z vyrobených asfaltových zmesí pri ich výrobe, TDZ I až III.

Úroveň Z stanovuje najmenšiu početnosť pri použití plánovaných skúšok z vyrobených asfaltových zmesí pri ich výrobe, TDZ IV až VI.

Minimálny počet vzoriek na skládku sa rovná 5.

Ak sa uvažuje s dávkovaním R-materiálu v asfaltovej zmesi pre podkladovú a ložnú vrstvu menej ako 20 % a s dávkovaním menej ako 10 % v obrusnej vrstve pre TDZ IV až VI, stanoví sa jedna vzorka na skládku.

10 Technológie recyklácie a ich použitie vo vozovke

10.1 Recyklácia asfaltového materiálu získaného zo stavby vo výrobníach asfaltových zmesí

Pre výrobu asfaltových zmesí technológiou recyklácie asfaltových zmesí za horúca alebo za tepla vo VAZ existujú tri základné technologické možnosti ak vynecháme kontinuálne obaľovacie súpravy, ktoré sa v našich podmienkach takmer nevyskytujú:

- Technológia pridávanie R-materiálu studenou cestou,
- Technológia dvojplášťového bubna,
- Technológiu paralelného bubna.

Pridávanie studenou cestou umožňuje do výrobného procesu pridávať do cca 20 % R-materiálu. Všeobecne je pri výrobe problematické dodržať homogenitu pridávaného R-materiálu, preto sú niektoré VAZ vybavené dvoma studenými zásobníkmi na R-materiál a tým dokážu eliminovať výkyvy v kvalite a zabezpečuje tak dodatočnú homogenizáciu vstupných surovín vo fáze dávkovania.

Použitie technológie dvojplášťového bubna umožňuje dávkovanie väčšieho množstva R-materiálu (až do 50 %). Technológia má svoje obmedzenia, ktoré môžu negatívne ovplyvniť kvalitu vyrábaných asfaltových zmesí. Výroba neprebíha pomocou technológie horúceho triedenia, ale celý ohriaty materiál vstupuje od miešacieho procesu. Ide teda o technológiu citlivú na kvalitu vstupných materiálov.

Technológia paralelného bubna je najlepšou možnosťou výroby asfaltových zmesí s pridaním R-materiálu. Tento spôsob umožňuje pridávať najväčšie množstvo R-materiálu v niektorých prípadoch presahujúcich až 80 %.

Pridávanie R-materiálu studenou cestou je najmenej efektívny spôsob pridávania R-materiálu do výroby novej asfaltovej zmesi no VAZ, avšak na Slovensku v súčasnosti najrozšírenejší spôsob. R-materiál je dávkovaný rovnakým spôsobom ako nové kamenivo alebo je dávkovaný priamo do miešačky VAZ cez samostatnú váhu. R-materiál je nahrievaný priamo v miešačke VAZ od nového kameniva ohriateho na vyššiu teplotu. Tento spôsob má svoje nevýhody a obmedzenia. Vzhľadom k vlhkosti pridávaného studeného R-materiálu dochádza pri styku s kamenivom nahriatym na vysokú teplotu k vzniku vodnej pary, ktorú je potrebné odvetrávať čo spôsobuje zníženie výkonu VAZ. Vlhkosť pridávaného R-materiálu je možné eliminovať vhodným spôsobom skladovania R-materiálu uvedeného v odporúčaniach pre hospodárenie so získaným asfaltovým materiálom podľa 5.1. Vzhľadom k nutnosti nahrievať nové pridávané kamenivo na vyššiu teplotu hrozí pri styku so spojivom obsiahnutom v R-materiáli jeho prepálenie a degradácia.

Pridávanie R-materiálu za tepla pomocou paralelného bubna je rozšíreným spôsobom v krajinách, ktoré majú s pridávaním R-materiálu pri výrobe asfaltových zmesí vo VAZ bohatšie skúsenosti a pridávané % R-materiálu do nových asfaltových zmesí je vyššie, napríklad Nemecko (tab. 1). R-materiál je v paralelnom bubne VAZ nahrievaný na teplotu 120 °C až 130 °C a rovnako v paralelnom bubne dochádza k ošetrovaniu R-materiálu oživovacou (regeneračnou) prísadou. Následne je takto ošetrovaný a nahriaty R-materiál dávkovaný do miešačky VAZ. Pri tomto spôsobe výroby nehrozí nebezpečenstvo nadmernej degradácie spojiva v R-materiáli nakoľko netreba nové kamenivo zohrievať na tak vysokú teplotu ako pri pridávaní R-materiálu studenou cestou. Rovnako pri tomto spôsobe nedochádza k tvorbe vodnej pary, ktorá má negatívny vplyv na výkon výroby VAZ.

10.1.1 Použitie vo vozovke

R-materiál sa podľa [T8] používa v zmesiach Asfaltový betón pre obrusné vrstvy, Asfaltový betón pre vyrovnávacie vrstvy, ložné vrstvy a podkladové vrstvy, Liaty asfalt pre obrusné vrstvy. Ak sa R-materiál získava zo zmiešanej skládky, jeho použitie pre kvalitatívnu triedu II sa obmedzí na maximálne 10 % hmotnosti R-materiálu pre obrusné vrstvy a maximálne 20 % hmotnosti R-materiálu pre vyrovnávacie vrstvy, ložné vrstvy a podkladové vrstvy. R-materiál, získaný zo zmiešanej skládky, sa nesmie použiť v zmesiach pre kvalitatívnu triedu I.

Asfaltový betón s R-materiálom pre obrusné vrstvy

Pri použití maximálne 10 % hmotnosti R-materiálu v zmesi sa musia vykonávať skúšky – *druh spojiva* (iba pre kvalitatívnu triedu I), *zrornosť kameniva*, *obsah spojiva*, *zrornosť R-materiálu*.

Ak sa R-materiál, v ktorom sa použil len cestný asfalt, pridá v množstve viac ako 10 % hmotnosti do novej zmesi, do ktorej sa pridá cestný asfalt vybratej triedy, potom musí spojivo spĺňať nasledovnú požiadavku:

- penetrácia a/alebo bod mäknutia spojiva vo výslednej zmesi, vypočítané z penetrácií a/alebo bodov mäknutia pridaného spojiva a spojiva z R-materiálu, musia vyhovovať požiadavkám na penetráciu a/alebo bod mäknutia vybratej triedy asfaltu. Výpočet sa vykoná podľa STN EN 13 108-1.

V niektorých prípadoch môže byť spojivo v R-materiáli také stvrdnuté, že sa musí vybrať nové veľmi mäkké spojivo, aby sa mohli splniť tieto požiadavky. V takých prípadoch sa určí iná trieda, ako bola vypočítaná podľa STN EN 13 108-8.

Asfaltový betón s R-materiálom pre vyrovnávacie vrstvy, ložné vrstvy a podkladové vrstvy

Pri použití maximálne 20 % hmotnosti R-materiálu v zmesi sa musia vykonávať skúšky – *druh spojiva* (iba pre kvalitatívnu triedu I), *zrornosť kameniva*, *obsah spojiva*, *zrornosť R-materiálu*. Platia tie isté podmienky a postupy ako pre Asfaltový betón s R-materiálom pre obrusné vrstvy.

Ak sa R-materiál, v ktorom sa použil len cestný asfalt, pridá v množstve viac ako 20 % hmotnosti do novej zmesi, do ktorej sa pridá cestný asfalt vybratej triedy, potom musí spojivo spĺňať rovnakú požiadavku ako pre Asfaltový betón s R-materiálom pre obrusné vrstvy.

Liaty asfalt s R-materiálom pre obrusné vrstvy

Pri použití maximálne 10 % hmotnosti R-materiálu v zmesi sa musia vykonávať skúšky – *druh spojiva* (iba pre kvalitatívnu triedu I), *zrornosť kameniva*, *obsah spojiva*, *zrornosť R-materiálu*. Platia tie isté podmienky a postupy ako pre Asfaltový betón s R-materiálom pre obrusné vrstvy.

Ak sa R-materiál, v ktorom sa použil len cestný asfalt, pridá v množstve viac ako 10 % hmotnosti do novej zmesi, do ktorej sa pridá cestný asfalt vybratej triedy, potom musí spojivo spĺňať rovnakú požiadavku ako pre Asfaltový betón s R-materiálom pre obrusné vrstvy.

Podrobnosti a označovanie zmesí s použitím R-materiálu sú uvedené v [T8].

10.2 Recyklácia asfaltových zmesí na mieste za horúca

Technológie recyklácie na mieste za horúca zaznamenali od svojho vzniku významný pokrok vo vývoji: od reprofílovania povrchu vozovky bez pridania potrebných komponentov, až po technológiu pridávania chýbajúcich komponentov výslednej zmesi s premiešaním za súčasného kladenia novej asfaltovej zmesi obrusnej vrstvy. Obnova obrusných vrstiev asfaltových vozoviek pomocou technológie na mieste zabezpečuje vrátenie požadovaných vlastností povrchu vozovky. Uvedené poruchy možno opraviť tradičnými formami veľkoplošnej opravy asfaltových vozoviek, ako sú najrôznejšie sanačné úpravy (udržiavacie nátery, slurry seal, mikrokoberce), alebo celkovou výmenou rozpadajúcej sa obrusnej vrstvy či celého krytu, čo predstavuje vyfrézovanie pôvodných vrstiev a polozenie nových vrstiev po vykonaní spojovacieho postreku.

Recyklácia na mieste za horúca ponúka nové, progresívne technológie opravy asfaltových vozoviek. Hlavné dôvody uplatnenia tejto technológie pri údržbe vozoviek sú, že povrch vozovky sa regeneruje na mieste a pôvodná štruktúra a flexibilita povrchu sa obnoví. Podľa použitej technológie možno buď zachovať pôvodnú niveletu, alebo zosilniť pôvodnú vozovku.

Strojová zostava pre recykláciu za tepla pozostáva z dvoch predhrievačov, ktoré opravovanú asfaltovú vrstvu pomocou infražiaričov pomaly nahrievajú na potrebnú teplotu. Ďalej sa v zostave nachádza kľúčový stavebný stroj remixér, ktorý nahriatu vrstvu rozpojí a podľa požadovanej výslednej úpravy takto získanú stavebnú zmes dokonale premieša (buď bez prídavných komponentov alebo s komponentmi, ako sú asfalt, kamenivo a asfaltová zmes). Posledná časť remixéra je v podstate finišer, ktorý zmes znova rozprestrie – reprofiluje a predhutní. Nakoniec nasleduje hutnenie recyklovanej zmesi cestnými valcami [L15]. Zhutňovanie treba začať okamžite po rozprestretí a predhutnení asfaltovej zmesi. Zhutňovanie účinnými mechanizmami sa musí ukončiť, ak teplota zmesi s klasickými asfaltmi klesne pod 90 °C a pri zmesi s modifikovanými asfaltmi pod 115 °C [T9].

Uvedená súprava umožňuje vykonávanie štyroch základných variantov recyklácie asfaltových vrstiev za tepla:

- Reshape,
- Repave,
- Remix,
- Remix plus.

Podrobnosti technológií recyklácie asfaltových zmesí na mieste za horúca a označovanie asfaltových zmesí je uvedená v [T9].

10.2.1 Použitie vo vozovke

Technológia Reshape je vhodná na odstránenie vzniknutých trvalých deformácií obrusnej vrstvy z asfaltových zmesí, ktorých zloženie z hľadiska zrnitosti vyhovuje požiadavkám STN EN 13 108-1 pre druh zmesi, ktorá je recyklovaná. Zároveň spojivo pôvodnej zmesi nesmie mať nižšie parametre ako má cestný asfalt CA 50/70, podľa STN EN 12591.

Technológia Repave sa používa na zlepšenie rovnosti alebo drsnosti obrusných vrstiev asfaltových vozoviek, pričom sa odstránia i trvalé deformácie. Pri hrúbkach novej vrstvy 40 mm a viac sa zároveň dosahuje výraznejšie zosilnenie pôvodnej vozovky.

Technológia Remix sa používa ako úprava asfaltovej vrstvy na obrusnú alebo ložnú vrstvu. Úprava na obrusnú vrstvu je vhodná v prípade, že pôvodná zmes je homogénna v upravovanej hrúbke a šírke, a ak konštrukcia vozovky nevyžaduje žiadne alebo len veľmi malé zosilnenie. Úprava pôvodnej asfaltovej vrstvy na ložnú vrstvu je vhodná v prípade, ak je potrebné zmeniť zrnitosť existujúcej vrstvy z jemnozrnej na hrubozrnnú.

Technológia Remix plus sa spravidla používa vtedy, ak sa požaduje zosilnenie vozovky a je možné pôvodnú obrusnú vrstvu upraviť na ložnú.

Tabuľka 3 - Použitie recyklovaných vrstiev vo vozovke [T9]

Technológia	TDZ	
	obrusná vrstva	ložná vrstva
Reshape, Repave	III až VI	-
Remix	II až VI	II až VI
Remix Plus	II až VI	-

10.2.2 Stavebné práce

Jestvujúci povrch vozovky sa musí upraviť tak, aby sa dosiahla jeho homogenita. Nerecyklovateľné materiály sa musia odstrániť. Ak sa pri lokálnych opravách použili technológie

materiálovo nekompatibilné s technológiami hutnených asfaltových zmesí (napr. cementovým betónom) ako i lokálne opravy vykonané liatymi asfaltmi či studenými technológiami, zmesi sa musia odstrániť. Prípadné výtlky väčšieho rozsahu alebo pozdĺžne nerovnosti sa vyplnia asfaltovou zmesou použitou ako prídavný materiál alebo vtlačanou zmesou. Na odstránenie nerovností možno použiť aj ich odfrézovanie. Pre technológie recyklácie asfaltových zmesí na mieste za horúca platia podmienky kladenia asfaltových zmesí uvedené v [66]. Práce sa môžu vykonávať aj pri mokrom povrchu bez viditeľných kaluží. Technológie Remix a Remix plus umožňujú vykonávanie prác pri teplotách vzduchu do +3 °C, pričom najnižšia teplota vzduchu nameraná za posledných 24 h pred začatím prác nesmie byť nižšia ako 0 °C.

Klimatické podmienky – teplota vzduchu, vlhkosť podkladu a vietor majú vplyv na nasadenia nahrievačov asfaltovej zmesi. Je potrebné zvoliť také množstvo nahrievačov a tak optimalizovať ich rýchlosť, aby sa vždy dosiahli najnižšie prípustné teploty recyklovanej asfaltovej zmesi podľa tab. 4.

Tabuľka 4 - Najnižšie prípustné teploty asfaltových zmesí pri recyklácii na mieste za horúca [T9]

Asfaltová zmes	Penetrácia výsledného asfaltu pri 25 °C (0,1 mm)	Najnižšia prípustná teplota zmesi °C ^{1), 2)}		
		Do 40 mm	40 mm až 70 mm	70 mm až 100 mm
AC	151 - 210	-	110	100
	101 - 150	130	120	105
	71 - 100	145	130	110
	51 - 70	160	145	125
	30 - 50	175	160	140

¹⁾ Teploty sa merajú za slimákovým rozdeľovačom finišera

²⁾ Teploty pri použití modifikovaných asfaltov stanovuje výrobca asfaltu

10.2.3 Skúšanie

Požadované vlastnosti stavebných materiálov, asfaltovej zmesi a hotovej vrstvy sa overujú v štádiu prípravy, počas výroby zmesi a po jej položení a zhutnení.

Skúška typu recyklovanej zmesi sa spracováva v súlade s požiadavkami STN EN 13 108-20, pričom vychádza zo vzoru uvedeného v [T7]. Plánovanými skúškami výrobcu recyklovanej zmesi sa priebežne overujú vlastnosti materiálov a asfaltovej zmesi s požiadavkami ST. V rámci preberacích skúšok sa kontroluje hrúbka, zhutnenie, nerovnosti a priečny sklon hotovej vrstvy.

10.3 Opätovné spracovanie vrstiev vozoviek na mieste za studena

Technológie recyklácie za studena sa využívajú pri rehabilitácii vrstiev asfaltovej vozovky s nižším dopravným zaťažením. Pri tejto recyklácii možno použiť niekoľko druhov spojív, ktoré rozdeľujeme na hydraulické a asfaltové. Medzi hydraulické spojivá patrí cement, vápno, prípadne zmesi týchto prísad s rôznymi druhmi popolčiek alebo mletou vysokopecnou troskou. K asfaltovým spojivám používaným pre tento účel patria asfaltové emulzie a spenený asfalt. V minulosti sa používali aj riedené asfalty.

Opätovné spracovanie asfaltových zmesí za studena na mieste je ďalšou možnosťou, ako využiť pôvodný materiál (zmesný a neasfaltový R-materiál):

- z vrstiev asfaltových vozoviek,
- z horných podkladových vrstiev stmelených asfaltovým spojivom,
- zo spodných podkladových vrstiev stmelených hydraulickým spojivom,
- z nestmelených spodných podkladových vrstiev,
- v kombinácii horných a spodných podkladových vrstiev.

Predpokladom úspešnosti tejto technológie je nasadenie výkonnej a vzájomne zladenej strojnej zostavy. Základným strojným zariadením je recyklér. Toto strojné zariadenie umožňuje odfrézovanie vrstiev určených k recyklovaniu v hrúbke najmenej 200 mm a premiešanie recyklovaného materiálu na mieste za studena. Recyklér musí umožniť dávkovanie vody a asfaltovej emulzie, alebo asfaltu a vody (spenený asfalt) či cementu a vody (cementová suspenzia). Vysokovýkonné recykléry – označované ako mixpavery – umožňujú aj dávkovanie príslušných frakcií kameniva priamo do zariadenia dvoj-hriadeľovej miešačky. Voľba vhodného typu recykléra vychádza z dĺžky úseku stavebných prác a zo splnenia základných požiadaviek tak, aby sa celá hrúbka vrstvy určená k recyklácii dokonale premiešala a zhomogenizovala.

Výhodou recyklácií za studena na mieste (oproti technológiám za tepla na mieste) je ich energetická nenáročnosť (vozovku netreba pred rozpojením ohrievať), a najmä možnosť recyklovať v jednom pracovnom slede celú hrúbku vozovky až do 500 mm. Podstatne to redukuje množstvo škodlivých emisií, a to najmä pri použití asfaltovej emulzie a cementu [L15].

Označenie vrstvy z opätovne spracovaných vrstiev na mieste za studena. V technickej dokumentácii sa zmesi obalované za studena na mieste označia [T10]:

Vrstva z neasfaltového R-materiálu s veľkosťou zrna 32 mm, hrúbky 200 mm, so spojivom CEM III/B 32,5 N sa označí:

- NRM 32 CEM III/B 32,5 N 200 mm; TP 046

Vrstva zo zmesného R-materiálu s veľkosťou zrna 32 mm, hrúbky 200 mm, so spojivom CEM III/B 32,5 N sa označí:

- ZRM 32 CEM III/B 32,5 N 200 mm; TP 046

Technológie opätovného spracovania na mieste za studena sa používajú pri opravách spodných podkladových vrstiev vozoviek. Cieľom použitia vrstvy z R-materiálov v konštrukcii vozovky je ekonomické využitie v minulosti zabudovaných materiálov v konštrukčných vrstvách tak, aby sa dosiahli požadované technické parametre. Najmenšia hrúbka vrstvy po zhutnení je 150 mm. Pred začatím prác sa na pripravovanom úseku zistí skutočná skladba vozovky a odoberie sa materiál na vypracovanie skúšky typu (ST).

Tabuľka 5 - Použitie vo vozovke [T10]

Vrstva vozovky	Dovolená TDZ	
	NRM	ZRM
Podkladová vrstva	II až VI	II až VI

10.4 Ďalšie možnosti využitia R-materiálu

Na základe skúsenosti zo zahraničia [L53] je možné používať triedený R-materiál z asfaltových krytov vozoviek aj v technológii emulzných mikrokobercov pri dodržaní príslušných platných technických noriem a TPR.

V prípade, že získaný materiál z vozovky a následne R-materiál je takej kvality, resp. nekvality (zmesný, neasfaltový R-materiál), že sa nedá použiť v žiadnej už spomenutej technológii, alebo je rozhodnutie investora ho použiť aj v inej ako štandardne spomínanej technológii je možné ho použiť do nestmelených konštrukčných vrstiev vozoviek alebo na zásypy a nespevnené krajnice. V niektorých prípadoch je možnosť použitia ako vrstvy krytu na cestách s nízkym dopravným zaťažením, napr. miestne, účelové, lesné cesty a odstavné alebo iné spevnené plochy pri splnení požiadaviek príslušných platných technických noriem a TPR, resp. PD stavby.

Ďalšie typy recyklovaných materiálov (napr. predrvený betón, murovací materiál, škridla, recyklované pneumatiky, plasty a podobne), vedľajších priemyselných produktov (napr. UHKT) je možné uvažovať pre zapracovanie do materiálov konštrukcie vozovky resp. zabudovanie do zemných konštrukcií a konštrukčných vrstiev vozovky na základe laboratórnych rozborov a hodnotení doplnených sledovaním in situ v reálnych podmienkach (napr. na pokusných úsekoch alebo pokusných poliach) za predpokladu, že budú splnené stanovené kvalitatívne parametre a ich použitie budú umožňovať príslušné platné technické normy a TPR. Po overení a zapracovaní do TPR je možné ich použitie napr. ako v prípade UHKT [T4, T14]. Kvalita kameniva vyrobeného z vedľajších priemyselných produktov a/alebo druhotných surovín sa posudzuje podľa technických noriem na prírodné kamenivo. Recyklované kamenivo musí byť deklarované podľa STN EN 13242+A1. Podmienky použitia recyklovaných materiálov do zemných konštrukcií sú uvedené v STN 73 6133 a [T2], konkrétne špecifikácie musí obsahovať PD stavby a technologický predpis spracovaný zhotoviteľom a odsúhlasený objednávatelom.

Každá takto novo navrhnutá technológia by mohla byť príkladom klimaticky adaptívneho responzívneho kontextového dizajnu (navrhovanie zohľadňujúce podrobne objektivizované špecifiká záujmovej lokality vrátane klimatických zmien).

11 Laboratórne overovanie asfaltového spojiva

Laboratórne overovanie asfaltového spojiva sa pre potreby RÚ zameriavalo na testovanie cestného asfaltu CA modifikovaného gumovým granulátom (gumoasfaltu) pri porovnaní s čistým

cestným asfaltom CA, asfaltom CA dodatočne modifikovaným SBS polymérmi a komparácie s výsledkami zo zahraničia za účelom priblíženia sa parametrom PMB modifikovaného asfaltu dodávaného výrobcom PMB asfaltu.

Pre laboratórne overovanie boli použité metódy:

- penetrácia pri 25 °C podľa STN EN 1426,
- bod mäknutia KG, podľa STN EN 1427,
- elastická návratnosť pri 25 °C, podľa STN EN 13398.

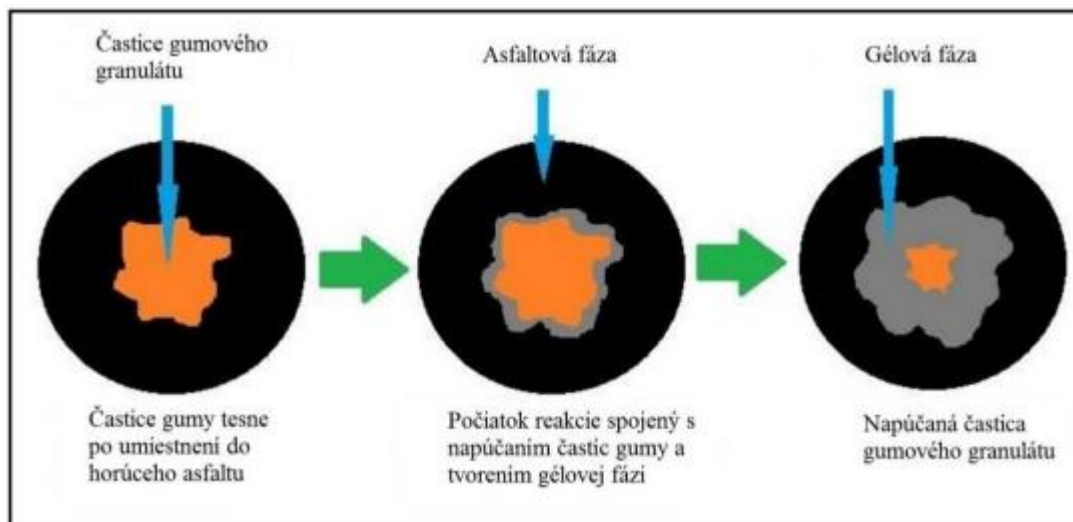
Penetrácia je skúška založená na meraní hĺbky vniknutia zaťaženej normalizovanej ihly penetrometra do skúšobnej vzorky asfaltu pri stanovených podmienkach teploty, veľkosti a doby trvania zaťaženia. Hĺbka vniknutia ihly sa uvádza v desatinách milimetra a umožňuje vyjadriť tuhosť asfaltu pri predpísanej teplote.

Bod mäknutia (označenie KG je teplota v °C, pri ktorej skúšané asfaltové spojivo dosiahne pri stanovených skúšobných podmienkach stav, pri ktorom spojivo nachádzajúce sa v krúžku predpísaných rozmerov zmäkne tak, že sa tlakom oceleovej guľôčky deformuje až po doštičku stojana.

Elastická návratnosť je percentuálne skrátenie asfaltového vlákna natiahnutého pri stanovenej rýchlosti a teplote na predpísané predĺženie, ku ktorému dôjde prestrihnutím vlákna po dosiahnutí predpísaného predĺženia.

11.1 Asfalt modifikovaný gumovým granulátom

Technológia prídavku gumového granulátu do asfaltu a asfaltových zmesí sa do Európy dostala z USA, kde sa vznik cestných materiálov s prídavkom gumového granulátu datuje do konca tretieho desaťročia 20. storočia. V USA sa pre popisovanú technológiu najčastejšie používa názov Asphalt Rubber (prípadne Rubberized Asphalt), z čoho vzniklo slovo gumoasfalt, ktoré sa hovorovo používa pre označenie technológie, spojiva i asfaltovej zmesi. Po pridaní gumového granulátu získaného spracovaním ojazdených pneumatík do asfaltu prudko vzrastá dynamická viskozita spojiva. To je spôsobené fyzikálnym „zahustením“ asfaltu, podobne ako pri pridávaní fileru (účinnosť častíc). Potom sa začínajú uplatňovať procesy, kedy častice gumy absorbujú ľahké frakcie asfaltu (maltény). Túto interakciu označujeme ako „napúčanie polyméru“, nejde však o chemickú reakciu. Súčasne sa na povrchu častíc gumového granulátu začne vytvárať gélová vrstva, ktorá je obalená asfaltovou fázou (obr. 7). Odstránením ľahkých zložiek asfaltu a zväčšením objemu častíc granulátu dochádza k ďalšiemu zvyšovaniu viskozity spojiva, čo vedie k zmenám vlastností v priebehu času (účinnosť interakcie).

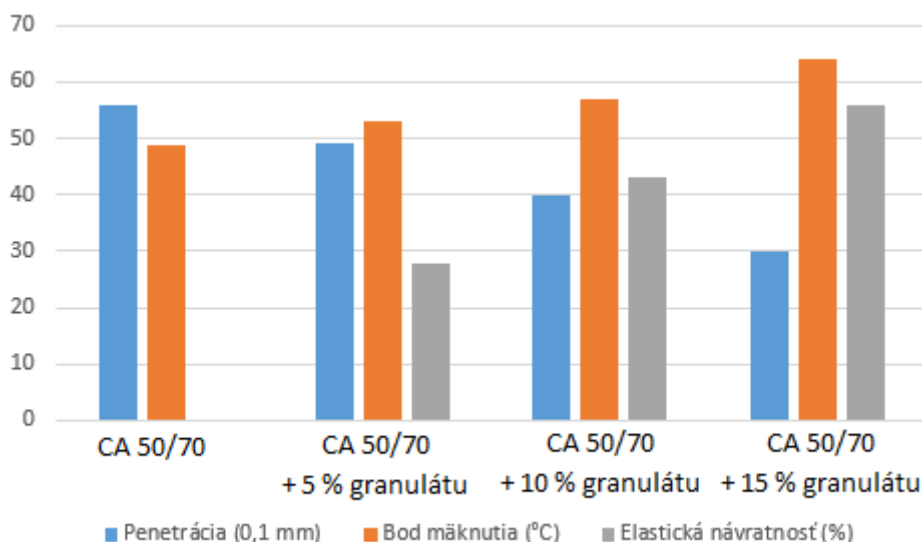


Obrázok 7 – Proces fyzikálnej reakcie asfaltového spojiva s gumovým granulátom [L21]

Pre laboratórnu výrobu asfaltu modifikovaného gumovým granulátom bol použitý cestný asfalt CA 50/70, do ktorého bolo pomocou laboratórnej miešačky vmiešaný gumový granulát frakcie 0/0,7 mm pri teplote 175 °C po dobu 60 minút. Namerané údaje laboratórneho overovania asfaltu modifikovaného gumovým granulátom sú uvedené v tab. 6 a na obr.8.

Tabuľka 6 - Namerané hodnoty penetrácie, bodu mäknutia a elastickej návratnosti asfaltu CA 50/70 s prídavkom gumového granulátu [L46]

Spojivo	Penetrácia (0,1 mm)	Bod mäknutia (°C)	Elastická návratnosť (%)
CA 50/70	56	48,7	
CA 50/70 + 5 % granulátu	49	53,0	28
CA 50/70 + 10 % granulátu	40	57,0	43
CA 50/70 + 15 % granulátu	30	64,0	56



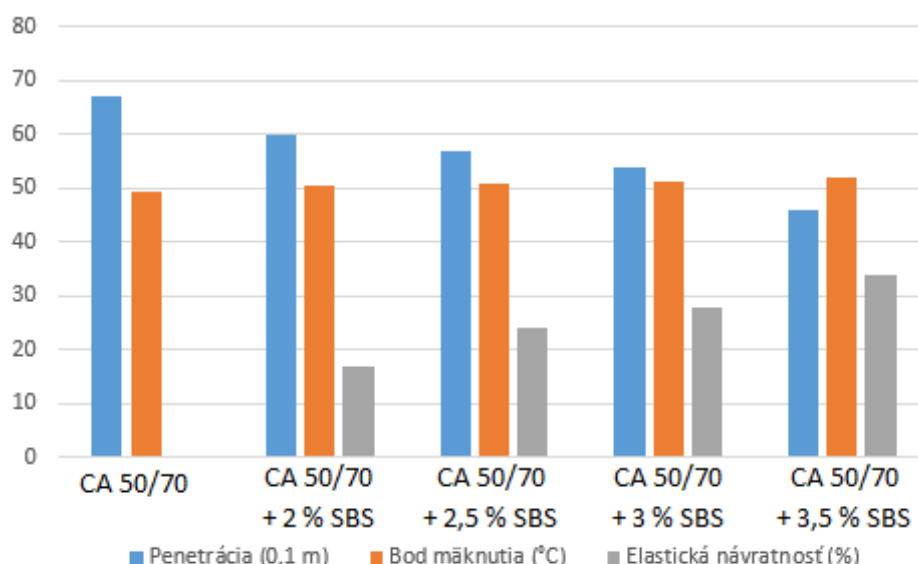
Obrázok 8 – Penetrácia, bod mäknutia a elastická návratnosť asfaltu CA 50/70 s prídavkom gumového granulátu [L46]

11.2 Asfalt modifikovaný SBS polymérom

Ďalším overením bol overenie modifikácie cestného asfaltu CA 50/70 pomocou SBS polyméru. Namerané hodnoty základných kvalitatívnych parametrov sú uvedené v tab. 7 a na obr. 9.

Tabuľka 7 - Namerané hodnoty penetrácie, bodu mäknutia a elastickej návratnosti asfaltu CA 50/70 s prídavkom SMS modifikátora

Spojivo	CA 50/70		
	Penetrácia (0,1 m)	Bod mäknutia (°C)	Elastická návratnosť (%)
CA 50/70	67	49,5	
CA 50/70 + 2 % SBS	60	50,3	17
CA 50/70 + 2,5 % SBS	57	50,9	24
CA 50/70 + 3 % SBS	54	51,4	28
CA 50/70 + 3,5 % SBS	46	51,9	34



Obrázok 9 – Penetrácia, bod mäknutia a elastická návratnosť asfaltu CA 50/70 s prídavkom SBS modifikátora

12 Laboratórne overovanie asfaltových zmesí

V nasledujúcej kapitole sú zosumarizované výsledky dlhodobého výskumu vykonávaného na Stavebnej fakulte Žilinskej univerzity a komparácie s výsledkami zo zahraničia na preukázanie kvalitatívnych parametrov asfaltových zmesí s pridaním R-materiálu pri porovnaní s asfaltovými zmesami bez prídavku R-materiálu. Laboratórne boli overované fyzikálno-mechanické vlastnosti asfaltových zmesí a rovnako funkčné skúšky asfaltových zmesí (tuhosť a odolnosť proti únave).

12.1 Asfaltová zmes AC 11 obrus s R-materiálom

R-materiál použitý na výroby skúšobných zmesí bol získaný z vrstvy asfaltového betónu úseku rýchlostnej cesty R1 v blízkosti mesta Sereď, ktorá bola položená v roku 1996. Názov spojiva v čase výroby asfaltovej zmesi bol Apollobit MCA-S. Bolo to SBS polymérom modifikované asfaltové spojivo s penetráciou 50 až 100 penetračných jednotiek a bodom mäknutia nad 70 °C. Na základe rozboru R-materiálu bolo zistené množstvo spojiva na úrovni 5,05 %.

Na výskumné účely v rámci projektu Recypma [L25] bolo vyrobených 5 asfaltových zmesí AC 11 obrus s rôznym percentuálnym zastúpením R-materiálu. Zloženie jednotlivých asfaltových zmesí je uvedené v tab. 8.

Tabuľka 8 - Zloženie skúšobných zmesí AC 11 obrus [L25]

Označenie zmesi	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5
R-materiál %	0 % R-mat	40 % R-mat	0 % R-mat	15 % R-mat	40 % R-mat
Druh spojiva	CA 70/100		PMB 70/100-83		
Nové spojivo %	5,60	3,69	5,60	4,88	3,69
Filler	7,08	5,66	7,08	6,61	5,66
0/2 mm	29,26	12,27	29,26	22,66	12,27
2/4 mm	15,58	9,44	15,58	13,22	9,44
4/8 mm	22,66	17,94	22,66	20,77	17,94
8/11 mm	19,82	11,33	19,82	16,99	11,33
R-materiál (spojivo + kamenivo)	0,00	39,67	0,00	14,87	39,67
Zmes AC 11	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Teplota pri zhutňovaní (výrobe vzoriek) °C	145	155	160	160	160

Na asfaltových zmesiach boli laboratórne zisťované základné kvalitatívne parametre asfaltových zmesí a porovnávaný vplyv obsahu R-materiálu v zmesi AC.

Pre laboratórne overovanie boli použité metódy:

- extrakcia (obsah asfaltu a zrornosť) asfaltovej zmesi podľa STN EN 12697-1, STN EN 12697-2, STN EN 933-1
- objemová hmotnosť zhutnenej asfaltovej zmesi podľa STN EN 12697-6,
- maximálna objemová hmotnosť podľa STN EN 12697-5,
- medzerovitost' asfaltovej zmesi podľa STN EN 12697-8,
- citlivosť na vodu, pomer pevnosti v priečnom ťahu podľa STN EN 12697-12 a STN EN 12697-23,
- odolnosť proti trvalým deformáciám podľa STN EN 12697-22,
- funkčné skúšky asfaltových zmesí: tuhosť podľa STN EN 12697-26 a odolnosť proti únavě podľa STN EN 12697-24.

12.1.1 Objemová hmotnosť zhutnenej asfaltovej zmesi, maximálna objemová hmotnosť a medzerovitost' asfaltovej zmesi

Objemová hmotnosť zhutnenej asfaltovej zmesi sa určuje z neporušeného zhutneného telesa asfaltovej zmesi (zhutnenej predpísaným spôsobom) meraním jeho hmotnosti a objemu.

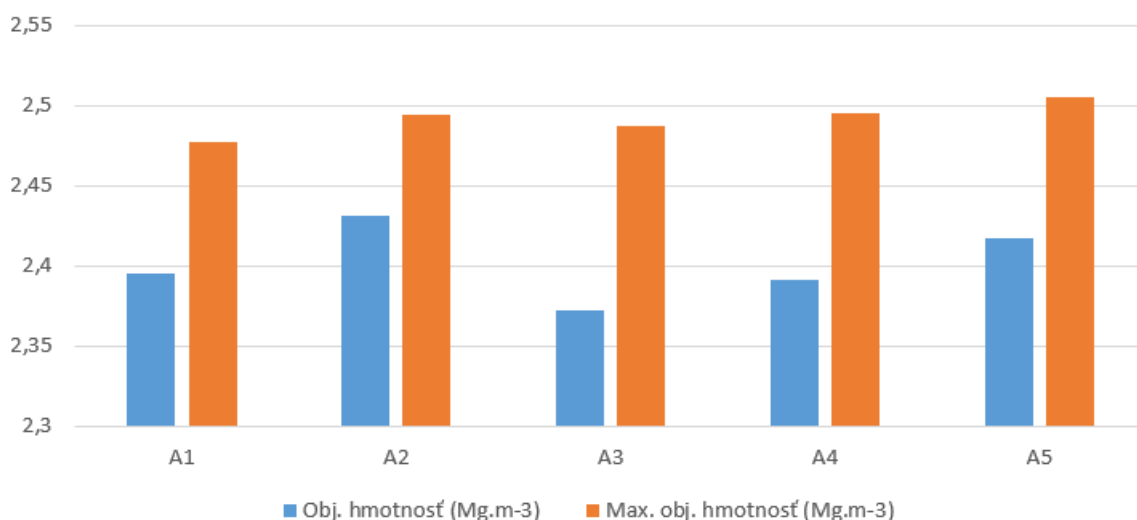
Maximálna objemová hmotnosť asfaltovej zmesi sa určuje na nezhuťnenej asfaltovej zmesi pre čerstvo vyrobenú zmes alebo aj na vzorkách so zabudovanej asfaltovej zmesi.

Medzerovitost' asfaltovej zmesi je parameter, ktorý sa používa ako kritérium pri návrhu asfaltovej zmesi alebo ako parameter na zmesi po pokládke a zhutnení vo vozovke. Vypočíta sa zo známej objemovej hmotnosti zhutnenej asfaltovej zmesi a maximálnej objemovej hmotnosti asfaltovej zmesi.

Namerané hodnoty sú uvedené v tab. 9, 10 a na obr. 10, 11.

Tabuľka 9 - Namerané hodnoty objemovej hmotnosti zhutnenej asfaltovej zmesi a maximálnej objemovej hmotnosti asfaltovej zmesi AC 11 obrus s prídavkom R – materiálu [L25]

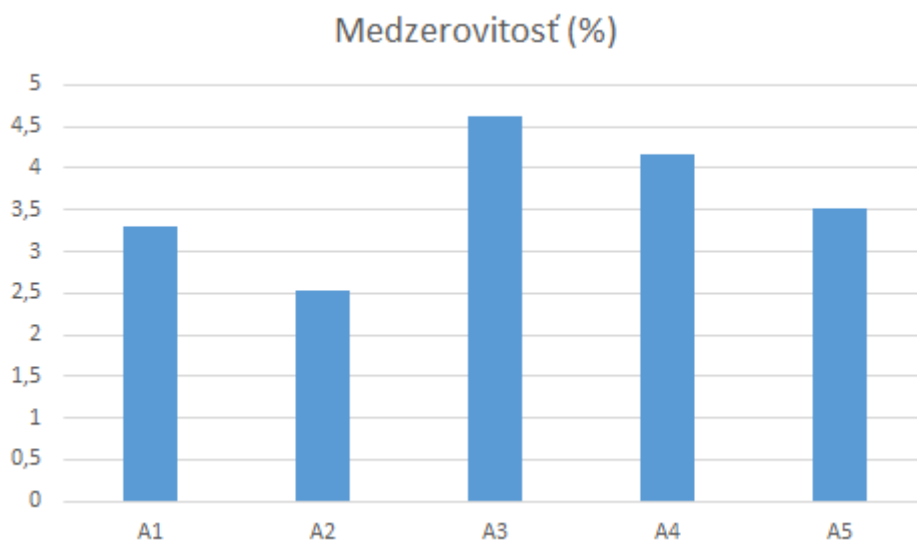
Asfaltová zmes	Objem. hmotnosť (Mg.m^{-3})	Max. objem. hmotnosť (Mg.m^{-3})
A1	2,395	2,477
A2	2,431	2,494
A3	2,372	2,487
A4	2,391	2,495
A5	2,417	2,505



Obrázok 10 – Objemová hmotnosť zhutnenej asfaltovej zmesi a maximálna objemová hmotnosť asfaltovej zmesi AC 11 obrus s prídavkom R – materiálu [L25]

Tabuľka 10 - Namerané hodnoty medzerovitosti asfaltovej zmesi AC 11 obrus s prídavkom R – materiálu [L25]

Asfaltová zmes	Medzerovitosť (%)
A1	3,31
A2	2,53
A3	4,62
A4	4,17
A5	3,51



Obrázok 11 – Medzerovitost' asfaltovej zmesi AC 11 obrus s prídavkom R – materiálu [L25]

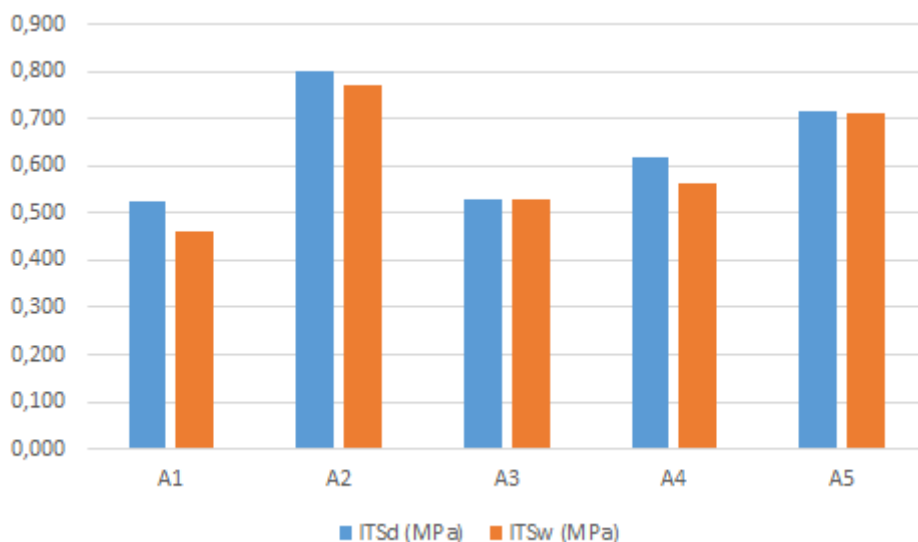
Vzhľadom na vyhodnotené základné fyzikálne vlastnosti skúmaných asfaltových zmesí sa dá predikovať, že je možné navrhnúť zmesi s relatívne vysokým obsahom R-materiálu (až 40 %). Výsledky ukázali, že je možné kombinovať nové kamenivo, nové spojivo a R-materiál tak, aby výsledné asfaltové zmesi dosahovali požadované vlastnosti výslednej asfaltovej zmesi AC.

12.1.2 Citlivosť na vodu

Citlivosť asfaltovej zmesi na vodu sa posudzuje na pomer pevnosti v nepriamom (pričnom) ťahu (ITS_R) dvoch súborov vzoriek, pričom jeden súbor vzoriek je pred skúškou temperovaný s suchom prostredí pri laboratórnej teplote a druhý súbor sa nechá nasiaknuť vo vode pri zvýšenej teplote.

Tabuľka 11 - Namerané hodnoty pevnosti v priečnom ťahu suchých (ITS_d) a vlhkých (ITS_w) telies asfaltovej zmesi AC 11 obrus s prídavkom R – materiálu [L25]

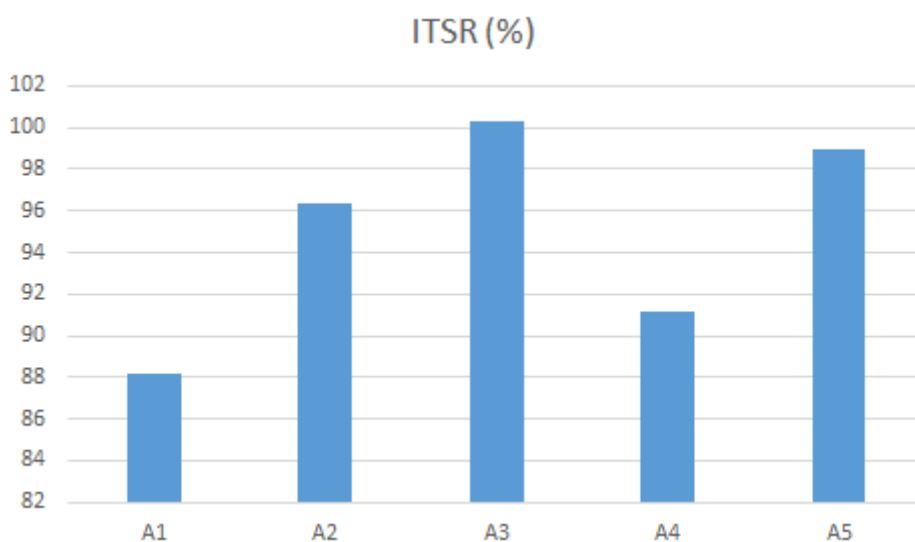
Asfaltová zmes	ITS _d (MPa)	ITS _w (MPa)
A1	0,525	0,463
A2	0,800	0,771
A3	0,529	0,530
A4	0,618	0,563
A5	0,717	0,710



Obrázok 12 – Pevnosť v priečnom ťahu suchých a vlhkých telies asfaltovej zmesi AC 11 obrus s prídavkom R – materiálu [L25]

Tabuľka 12 - Namerané hodnoty citlivosti na vodu asfaltovej zmesi AC 11 obrus s prídavkom R – materiálu [L25]

Asfaltová zmes	ITSR (%)
A1	88,2
A2	96,4
A3	100,3
A4	91,2
A5	99,0



Obrázok 13 – Citlivosť na vodu asfaltovej zmesi AC 11 obrus s prídavkom R – materiálu [L25]

Z porovnania je zrejmé, že existujú vyššie hodnoty *ITS* (suché aj mokré) pre vyšší obsah R-materiálu čo možno považovať za pozitívny efekt pridania R-materiálu. Treba však podotknúť, že sa potvrdil predpoklad, že zmesi s nižšou medzerovitosťou majú vyššie hodnoty *ITS*.

Penetrácia zmiešaného spojiva vplyva na hodnoty *ITS* bez ohľadu na typ asfaltu. Tuhšie spojivo (s nižšou penetráciou) má pozitívny vplyv a zvyšuje tuhosť asfaltovej zmesi. Spojivá s R-materiálom majú logicky nižšiu penetráciu, vyšší obsah R-materiálu v zmesi zaručí vyššiu pevnosť v priečnom ťahu asfaltovej zmesi. Na druhej strane to môže viesť ku krehkosti zmiešaného spojiva pri nízkych teplotách.

Preto je potrebné nájsť rovnováhu medzi potrebnou pevnosťou v ťahu a rizikom krehkosti pri zohľadnení teplotných podmienok v lokalite (kontextový, responzívny dizajn), kde sa zmes pokladá.

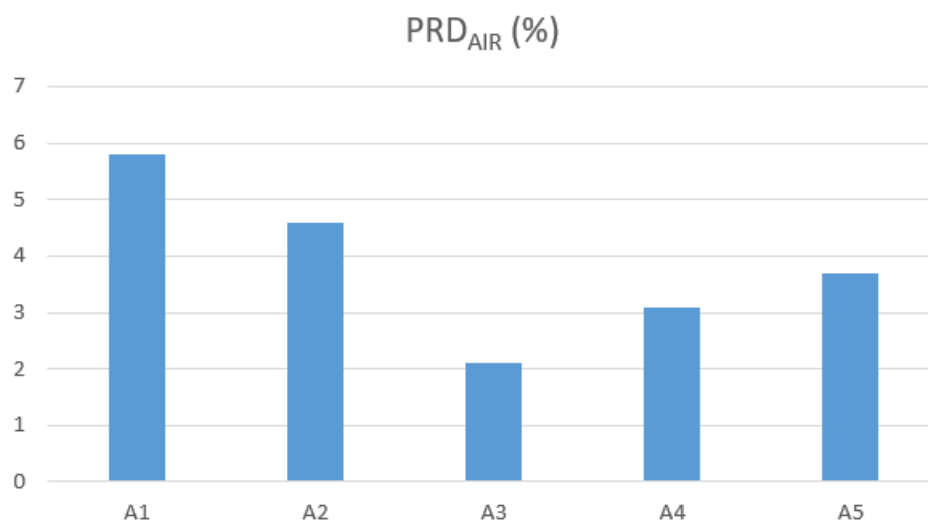
Pokiaľ ide o hodnoty *ITSR*, menia sa s obsahom R-materiálu, ale s nameraných údajov nemožno stanoviť vplyv množstva R-materiálu. Dá sa predpokladať, že pridanie R-materiálu nemá negatívny vplyv na citlivosť asfaltovej zmesi na vodu.

12.1.3 Odolnosť proti trvalým deformáciám

Metóda na stanovenie náchylnosti asfaltovej zmesi na deformáciu účinkom zaťaženia, hodnotí sa hĺbka koľaje vytvorená vytvorenej opakovanými prejazdmi zaťaženého kola pri konštantnej teplote.

Tabuľka 13 - Namerané hodnoty pomernej hĺbky vyjazdenej koľaje asfaltovej zmesi AC 11 obrus s prídavkom R – materiálu [L25]

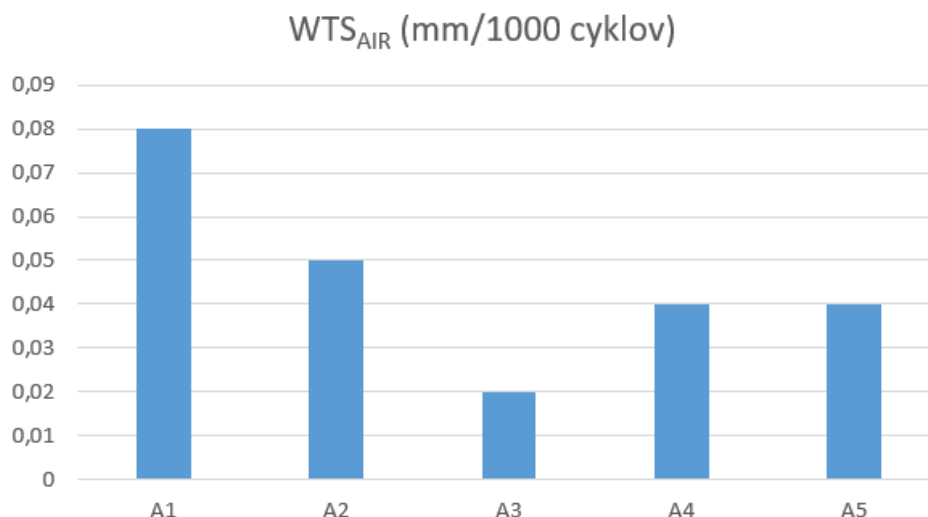
Asfaltová zmes	PRD _{AIR} (%)
A1	5,8
A2	4,6
A3	2,1
A4	3,1
A5	3,7



Obrázok 14 – Pomerná hĺbka vyjazdenej koľaje asfaltovej zmesi AC 11 obrus s prídavkom R – materiálu [L25]

Tabuľka 14- Namerané hodnoty sklonu vyjazdenej koľaje asfaltovej zmesi AC 11 obrus s prídavkom R – materiálu [L25]

Asfaltová zmes	WTS _{AIR} (mm/1000 cyklov)
A1	0,08
A2	0,05
A3	0,02
A4	0,04
A5	0,04



Obrázok 15 – Sklon vyjazdenej koľaje asfaltovej zmesi AC 11 obrus s prídavkom R – materiálu [L25]

Z nameraných údajov možno pozorovať, že asfaltové zmesi so spojivom CA majú nižšiu odolnosť proti trvalým deformáciám. Ale 40 % prídavok R-materiálu výrazne zlepšuje ich odolnosť na porovnateľnú úroveň ako asfaltové zmesi s PMB spojivom pri rovnakom obsahu R-materiálu.

Pri použití PMB spojiva sú pozorované malé rozdiely v hodnotách WTS_{AIR} a PRD_{AIR} pri použití zmesi bez R-materiálu a s R-materiálom. Ako dôvod sa predpokladá, že body mäknutia zmiešaných spojív sú veľmi podobné.

S prihliadnutím na výsledky meraní je možné predpokladať, že zmesi s vyšším obsahom R-materiálu (až do 40 %) môžu dosiahnuť porovnateľné parametre ako zmesi bez R-materiálu alebo s nízkym obsahom R-materiálu (do 10 %). Je však potrebné zaistiť, aby zmiešané spojivo malo hodnotu bodu mäknutia nad 60 °C.

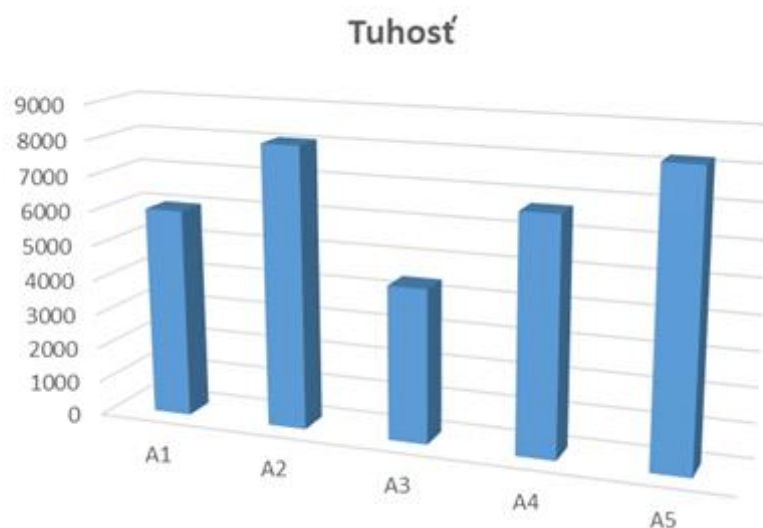
12.1.4 Tuhosť

Namerané hodnoty tuhosti pri teplote 15 °C a frekvencií 10 Hz zistené metódou dvojbodovým ohybom na skúšobných telesách tvaru trapezoidu (2PB – TR), podľa podmienok uvedených v STN EN 12697-26 sú uvedené v tab. 15 a na obr. 16.

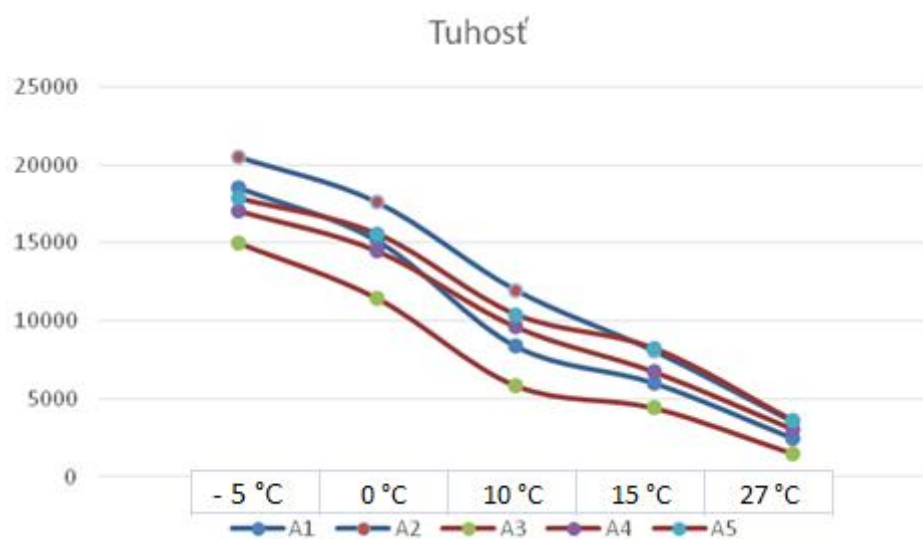
Namerané hodnoty tuhosti pri frekvencií 10 Hz a pri rôznych teplotách merania sú uvedené na obr. 17, na obr. 18 sú na porovnanie uvedené hodnoty tuhosti merané v rámci projektu Recypma [L25] metódou nepriameho ťahu (IT-CY).

Tabuľka 15 - Namerané hodnoty tuhosti asfaltových zmesí AC 11 obrus s prídavkom R – materiálu [L25]

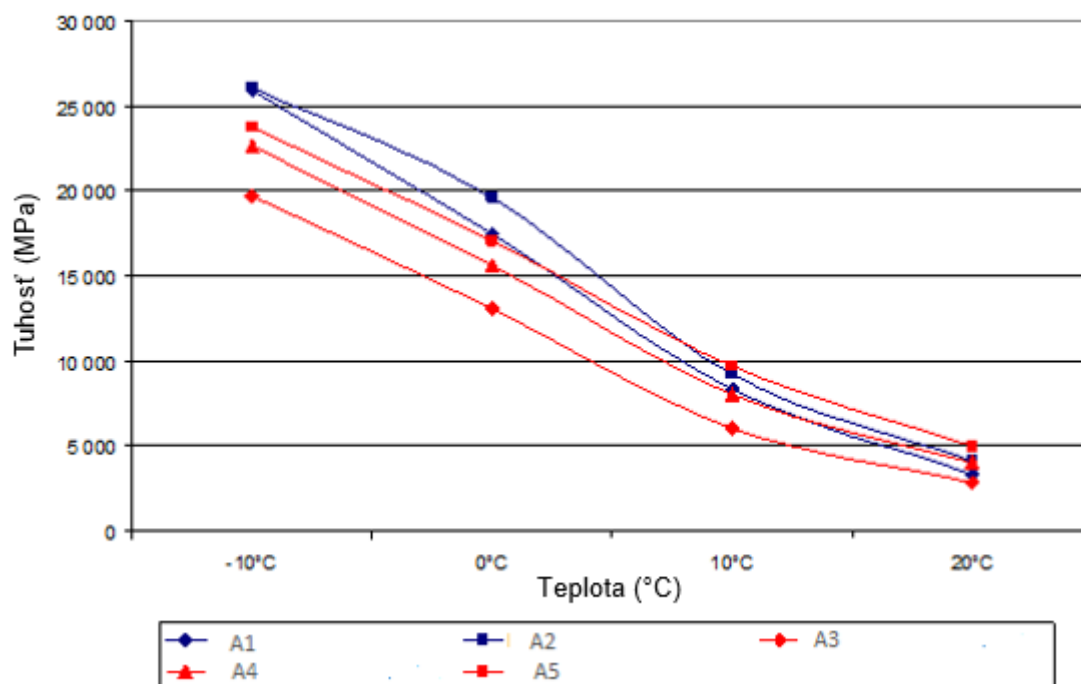
Asfaltová zmes	Tuhosť (MPa)
A1	5 998
A2	8 071
A3	4 408
A4	6 726
A5	8 234
Teplota / Frekvencia	15 °C / 10 Hz



Obrázok 16 – Tuhosť (MPa) pri teplote merania 15 °C a frekvencií 10 Hz [L25]



Obrázok 17 – Tuhosť (MPa) asfaltových zmesí A1 – A5, spôsob namáhania 2BP – TR [L25]



Obrázok 18 – Tuhosť asfaltových zmesí A1 – A5, spôsob namáhania IT-CY [L25]

Z porovnania nameraných výsledkov možno konštatovať, že najvyššie hodnoty komplexného modulu tuhosti dosahovali zmesi A2 a A5, zmesi s najvyšším podielom R-materiálu (40 %), rovnako tak pri použití nového spojiva CA (cestný asfalt) aj pri použití nového spojiva PMB. Prídanie R-materiálu (obsahujúceho spojivo s nižšou penetráciou) zníži penetráciu pôvodného spojiva a zvýši tuhosť výslednej asfaltovej zmesi.

Zmesi s novým spojivom CA či už bez prídania R-materiálu, alebo s pridaným R-materiálom preukazujú vyšší rozptyl hodnôt komplexného modulu tuhosti vplyvom zmeny teploty, ako zmesi s novým spojivom PMB. Pri porovnaní zmesi A1 a A2 so spojivom CA možno pri sledovaní vplyvu teploty sledovať pozitívny vplyv zmiešania nového spojiva CA s modifikovaným spojivom PMB obsiahnutým v R-materiáli. Pri zmesiach A3 – A5 s novým spojivom PMB malo prídanie R-materiálu zanedbateľný vplyv na zmes a citlivosť zmeny tuhosti zmesi vplyvom teploty.

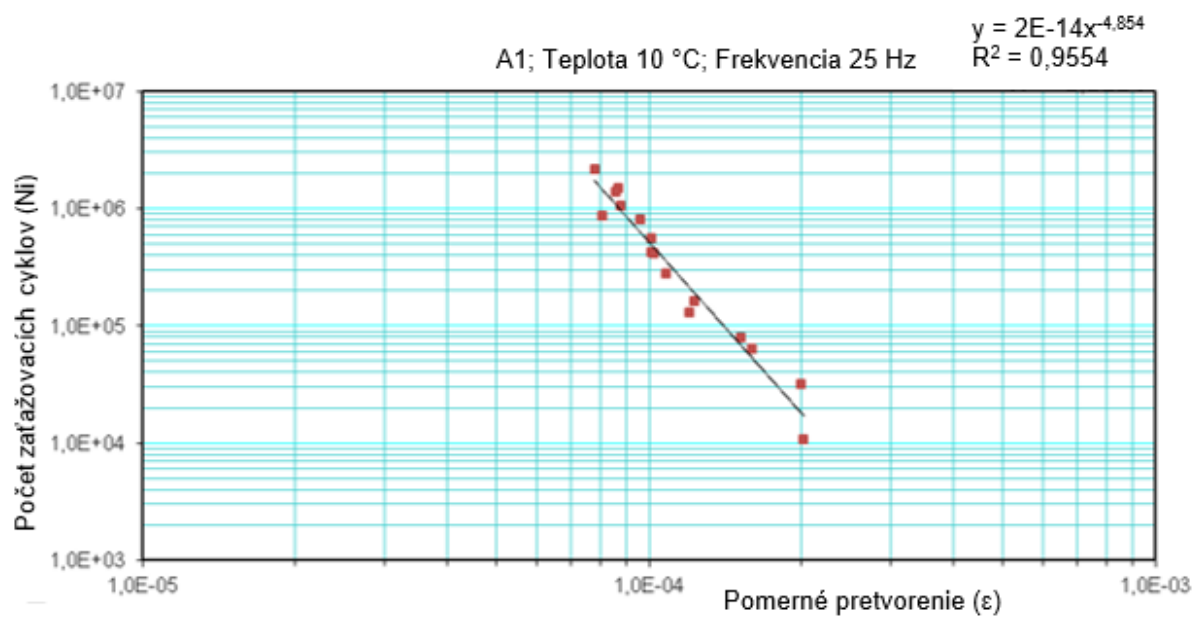
Bolo dokázané, že výsledná penetrácia zmiešaných spojív ovplyvňuje modul tuhosti asfaltových zmesí rovnakým spôsobom ako pri zmesiach obsahujúcich iba nové asfaltové spojivo. Asfaltová zmes s tvrdším spojivom má vyšší modul tuhosti a naopak. Všetky tieto skutočnosti potvrdzujú pozitívny vplyv pridávania R-materiálu na hodnoty modulu tuhosti asfaltových zmesí.

12.1.5 Odolnosť proti únave

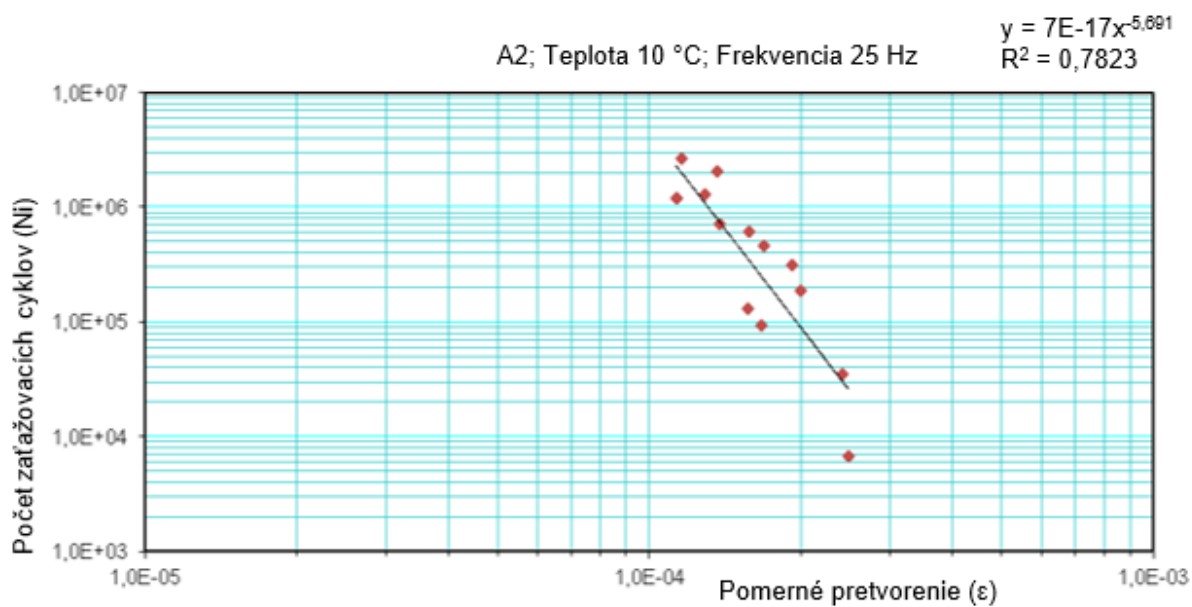
Výsledky skúšok únavy (skúška dvojbodovým ohybom 2PB – TR podľa STN EN 12697-24, príloha A) sú uvedené v tab. 16 a únavové čiary pre jednotlivé AC zmesi sú na obr. 19 až 23. Porovnanie únavových čiar všetkých piatich zmesí je znázornené na obr. 24.

Tabuľka 16 - Odolnosť proti únave asfaltovej zmesi AC 11 [L25]

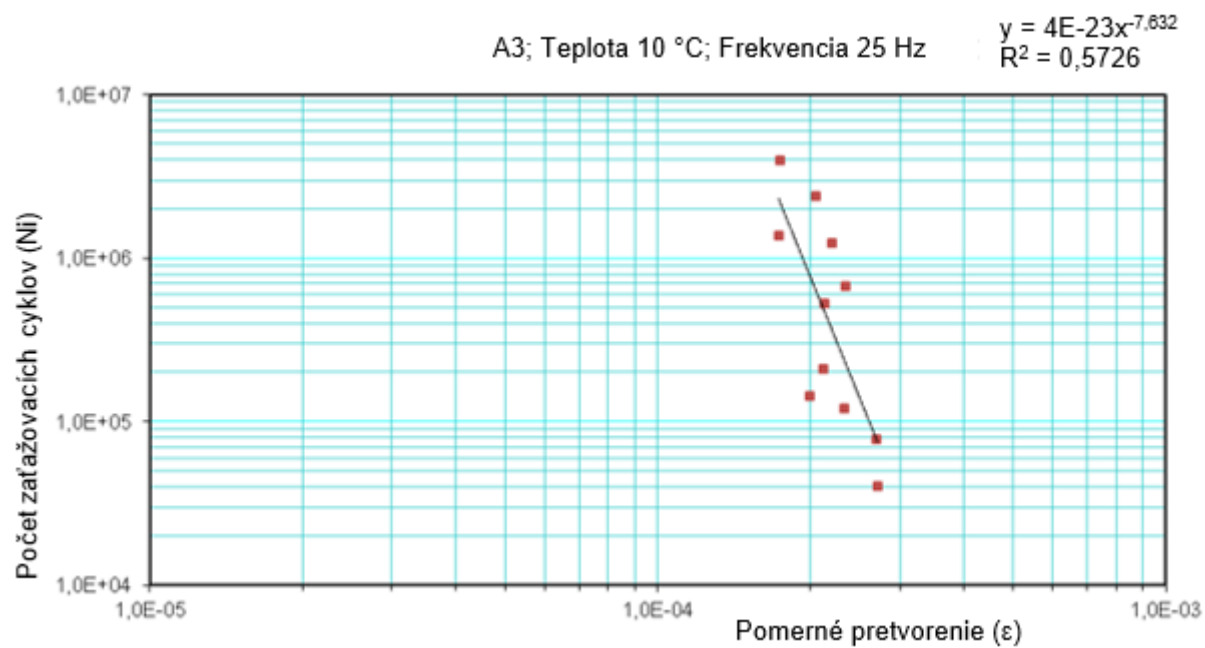
Asfaltová zmes	T (°C)	F (Hz)	$\epsilon_6 \cdot 10^{-6}$ (mikrostrain)	b (-)	r^2 (-)	sN	$\Delta \epsilon_6$	Kategória
A1	10	25	87,44	0,206	0,955	0,144	4,61 E-10	Fat ϵ_{min80}
A2	10	25	130,83	0,176	0,782	0,355	2,83 E-9	Fat ϵ_{min130}
A3	10	25	193,10	0,131	0,573	0,448	4,41 E-9	Fat ϵ_{min190}
A4	10	25	135,77	0,081	0,707	0,568	1,32 E-9	Fat ϵ_{min130}
A5	10	25	166,38	0,040	0,804	0,612	1,24 E-9	Fat ϵ_{min160}



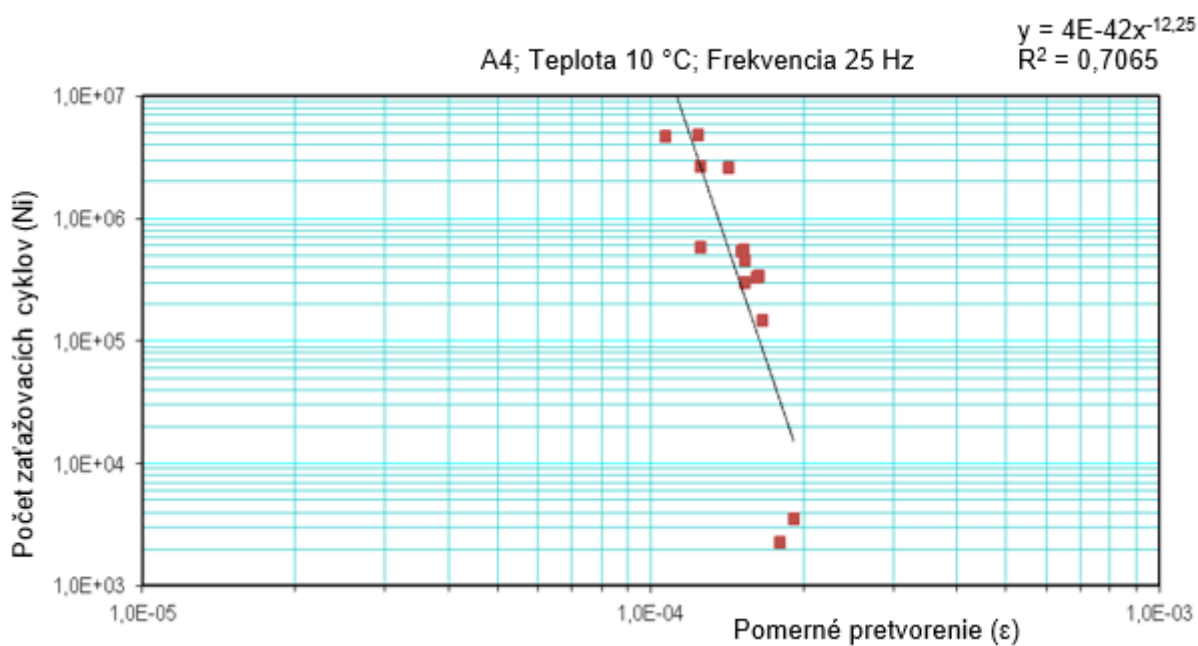
Obrázok 19 – Wöhlerov diagram pre zmes A1 [L25]



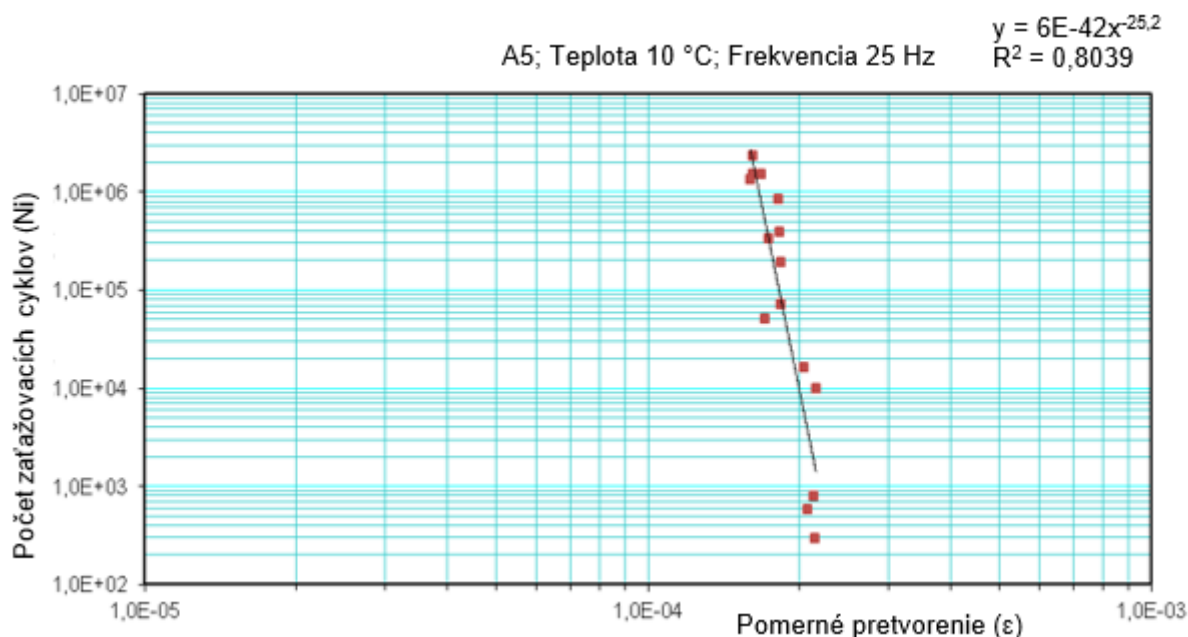
Obrázok 20 – Wöhlerov diagram pre zmes A2 [L25]



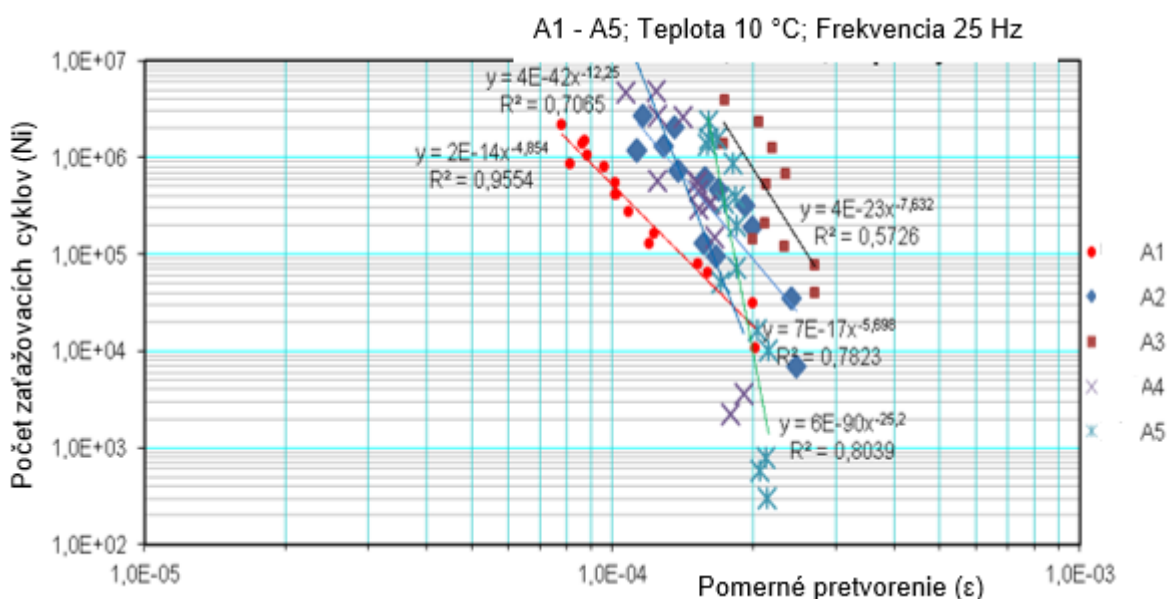
Obrázok 21 – Wöhlerov diagram pre zmes A3 [L25]



Obrázok 22 – Wöhlerov diagram pre zmes A4 [L25]



Obrázok 23 – Wöhlerov diagram pre zmes A5 [L25]



Obrázok 24 – Súhrnný Wöhlerov diagram pre zmesi A1 – A5 [L25]

Výsledky únavovej skúšky sa môžu použiť na odhad relatívnej výkonnosti (životnosť) zmesi v konštrukcií vozovky. Pre určenie odolnosti proti únave asfaltovej zmesi sa používa napätie (alebo namáhanie) v závislosti od počtu zaťažovacích cyklov až do porušenia. Hodnota ϵ_6 zodpovedajúca 10^6 zaťažovacích cyklov (deformácia pri 10^6 cykloch zaťaženia) je určená z únavovej čiary a používa sa na klasifikáciu zmesi vzhľadom na jej únavovú účinnosť (odolnosť). Všeobecne sa predpokladá, že vyššie hodnoty ϵ_6 predstavuje zmes s väčšou odolnosťou proti únave. Avšak sklon únavovej čiary b je tiež dôležitý a môže sa použiť ako doplnkový parameter pre hodnotenie odolnosti proti únavovému zaťaženiu.

Na základe údajov v tab. 16 a na obr. 24 možno konštatovať, že ak sa nepoužíva R-materiál, použitie modifikovaného spojiva PMB s podobnou zmesou kameniva vedie k lepšej odolnosti zmesi proti únave. Zmesi bez R-materiálu (A1 a A3) sa líšia v ϵ_6 . Obe zmesi majú štandardný priebeh (sklon) únavovej čiary, ale zmes A3 má vyššiu hodnotu, a preto je odolnejšie proti únave. Navyše zmesi s modifikovaným spojivom PMB (bez obsahu R-materiálu) vykazovali vyššiu hodnotu ϵ_6 v porovnaní so zmesami so spojivom CA.

Je zrejmé, že prídanie 40 % R-materiálu do zmesi so spojivom CA zvyšuje hodnotu ε_6 významne (z 87 na 130). Znamená to, že zmes A2 (s 40 % R-materiálom) je odolnejšia proti únave v porovnaní so zmesou A1. Okrem toho sú sklony únavových čiar A1 a A2 podobné, takže rozdiel v únavovej životnosti medzi zmesami A1 a A2 sa očakáva, že bude rovnaký pre všetky úrovne deformácie. Toto zlepšenie možno vysvetliť modifikáciou nového spojiva spojivom PMB nachádzajúcim sa v R-materiáli. To by naznačovalo, že modifikácia spojiva zmiešaním modifikovaného spojiva z recyklovaného materiálu a cestného asfaltu CA je dostatočne vysoká na zlepšenie odolnosti proti únave. Časť účinku by sa však mohla vysvetliť aj starnutím spojiva.

Je možno pozorovať, že prídanie R-materiálu do zmesí s novým modifikovaným spojivom PMB viedlo k hodnotám nižšej odolnosti proti únave v porovnaní so zmesou s modifikovaným spojivom bez pridaného R-materiálu. Hodnota ε_6 pre zmesi A4 a A5 je nižšia v porovnaní s referenčnou zmesou A3; to znamená, že zmesi A4 a A5 sú menej odolné voči únave v porovnaní so zmesou A3. Sklony priebehu únavových čiar zmesí A4 a A5 sú strmšie v porovnaní so zmesou A3, to znamená, že zmesi s pridaným R-materiálom sú citlivejšie na úroveň deformácie.

Nižšia hodnota parametra ε_6 zmesi s prídavkom R-materiálu pravdepodobne súvisí s celkovým obsahom SBS polymérov v modifikovanom spojive. Nové spojivo PMB pridávané do výslednej zmesi obsahuje 10 % SBS polymérov, ale PMB obsiahnuté v R-materiáli má nižší obsah SBS polymérov (podľa výsledkov projektu RECYPMA [L29]). Keď sa obe spojivá zmiešajú, celkový obsah SBS v zmesiach A4 a A5 je nižší v porovnaní so zmesou A3 (s čistým novým spojivom PMB). Nižšia úroveň modifikácie vedie k zníženiu parametra ε_6 a zníženiu únavovej odolnosti zmesí A4 a A5. Existuje však rozdiel medzi hodnotami A4 a A5. Možno očakávať, že celkový obsah SBS v zmesi A5 by mal byť nižší ako v zmesi A4 (kvôli vyššiemu obsahu R-materiálu). V dôsledku toho by mala byť zmes A5 menej odolná voči únave a mala by mať nižšiu hodnotu parametra ε_6 . Na odchýlku v zistených výsledkoch môže mať vplyv úroveň homogenity výsledkov skúšok zmesí s PMB (viď. tab. 16, hodnoty korelačného koeficientu r^2 , štandardnej odchýlky S_N , indexu kvality $\Delta\epsilon$).

Bolo preukázané, že dochádza k zvýšeniu odolnosti proti únave, keď sa R-materiál obsahujúci modifikované spojivo PMB pridáva do zmesi s novým spojivom CA, pretože pridaný PMB v R-materiáli modifikuje spojivo CA (dodáva SBS polyméry do zmiešaného spojiva). Bolo preukázané, že relatívne vysoký obsah R-materiálu, až 40% dokazuje dobrú odolnosť proti únave.

Skúšky únavy tiež ukázali, že ak sa zmes R-materiálu pridáva do zmesi s vysoko modifikovaným spojivom, odolnosť proti únave, životnosť zmesi bude kratšia. To je pravdepodobne spôsobené znížením obsahu SBS polymérov v zmiešanom spojive. Nižšia úroveň modifikácie vedie k zníženiu ε_6 a zníženiu únavovej odolnosti zmesi. Hoci pokles odolnosti proti únave môže byť významný, všetky zmesi s novým PMB spojivom a rôznymi obsahmi R-materiálu vykazujú vyššiu odolnosť proti únave (majú vyššiu hodnotu ε_6) v porovnaní so zmesami s použitím spojiva CA [L29].

Dôležité je používanie kvalitného R-materiálu, pri ktorom vieme deklarovať potrebné kvalitatívne parametre.

12.2 Asfaltová zmes AC 22 podklad s R-materiálom

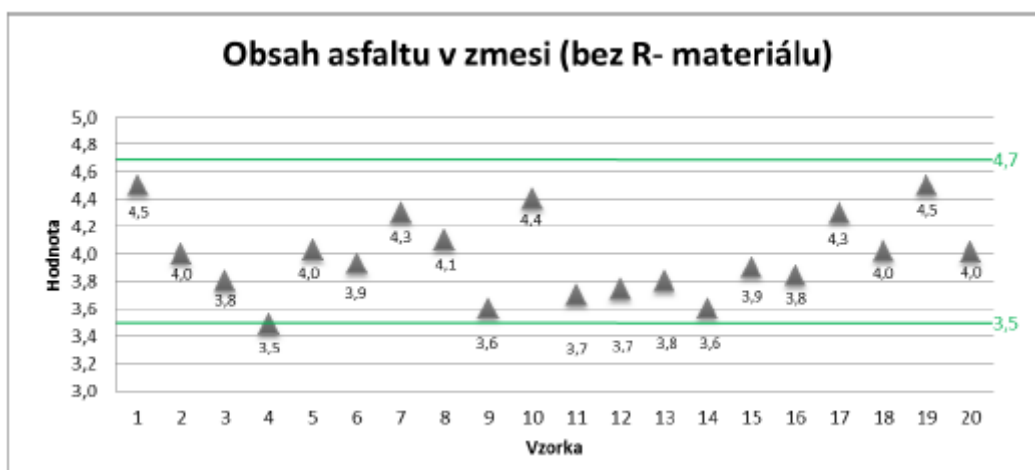
Ďalšou časťou výskumu pre potreby RÚ – Hospodárenie s R-materiálom bolo porovnanie základných fyzikálnych vlastností a vykonanie funkčných skúšok asfaltovej zmesi AC 22 podklad CA 50/70; II bez R-materiálu a AC 22 podklad CA 50/70; II s 15 %-ným obsahom R-materiálu. Išlo o dve zmesi, ktoré svojimi vlastnosťami spĺňali požiadavky na asfaltovú zmes AC 22 podklad; II podľa [T13] I/9, teplota pri zhutňovaní (výrobe vzoriek) bola totožná 150 °C.

12.2.1 Obsah asfaltu a zrnitosť

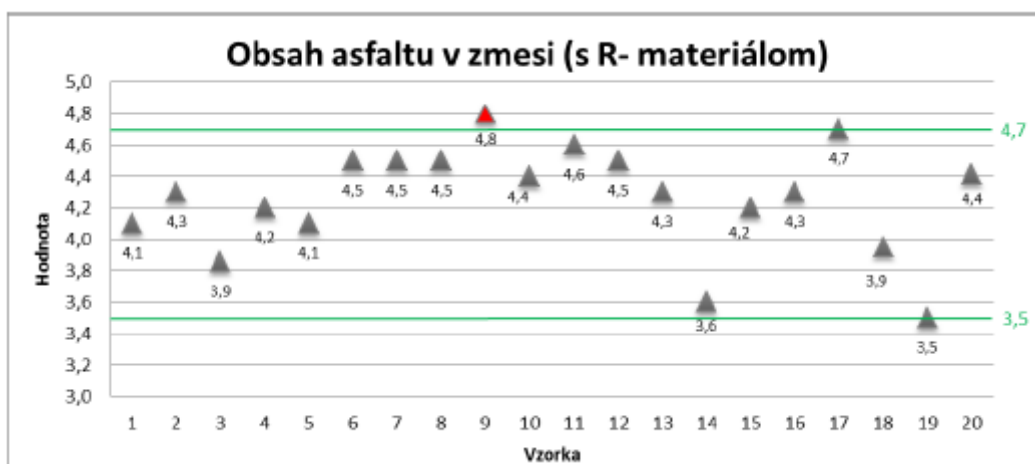
V rámci výskumu bola vykonaná extrakcia 20 vzoriek zmesi bez R-materiálu a 20 vzoriek s R-materiálom a zistenie obsahu spojiva a zrnitosti kameniva asfaltovej zmesi.

Tabuľka 17 - Namerané hodnoty obsahu asfaltu asfaltovej zmesi AC 22 podklad

číslo vzorky	Obsah asfaltu (%) bez R-materiálu	Obsah asfaltu (%) 15 % R-materiálu
1	4,5	4,1
2	4,0	4,3
3	3,8	3,9
4	3,5	4,2
5	4,0	4,1
6	3,9	4,5
7	4,3	4,5
8	4,1	4,5
9	3,6	4,8
10	4,4	4,4
11	3,7	4,6
12	3,7	4,5
13	3,8	4,3
14	3,6	3,6
15	3,9	4,2
16	3,8	4,3
17	4,3	4,7
18	4,0	3,9
19	4,5	3,5
20	4,0	4,4



Obrázok 25 – Obsah asfaltu asfaltovej zmesi AC 22 podklad bez R - materiálu



Obrázok 26 – Obsah asfaltu asfaltovej zmesi AC 22 podklad s R - materiálom

Priemerná hodnota obsahu asfaltu pri zmesi bez R- materiálu bola 4,0 %, pri zmesiach s R- materiálom bola hodnota 4,3 % hmotnosti zmesi.

Priemerné hodnoty zrnitosti asfaltových zmesí, prepádov na sitách pre 20 vzoriek zmesi bez R-materiálu a 20 vzoriek s R-materiálom sú uvedené v tab. 18.

Tabuľka 18 - Namerané hodnoty a medzné hodnoty zrnitosti asfaltovej zmesi AC 22 podklad

Veľkosť sita (mm)	Prepad (%) bez R-materiálu	Prepad (%) 15 % R-materiálu	Medzné prepady (%) AC 22 P
31,5	100	100	100
22,4	97	97	90 - 100
11,2	61	63	55 - 80
2	28	29	18 - 40
0,5	13	14	7 - 25
0,063	7,1	8,2	3 -10

Poznámka: Pre návrh zmesí platia medzné hodnoty v tabuľke podľa [T13], pre kontrolu kvality hodnoty v ST + odchýlky podľa EN 13108-21.

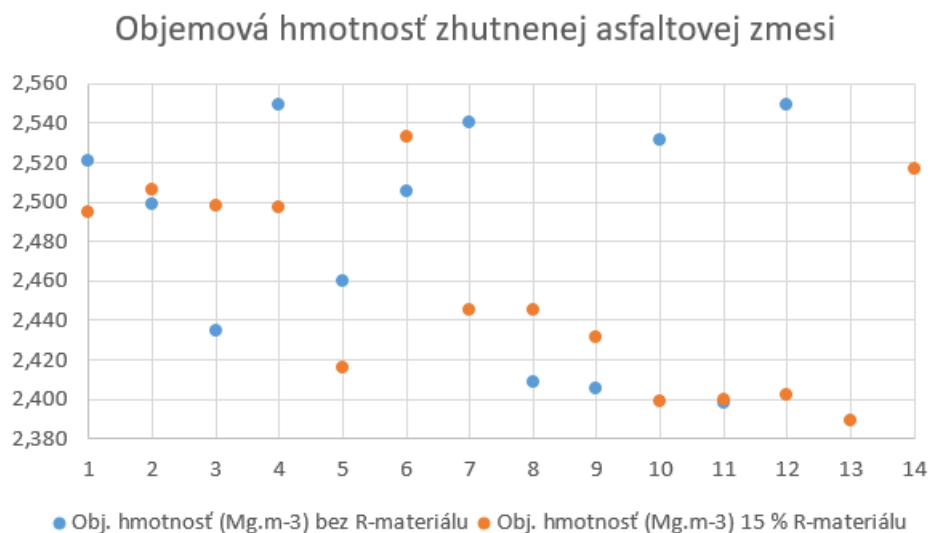
12.2.2 Objemová hmotnosť zhutnenej asfaltovej zmesi



Obrázok 27 – Vzorky na určenie objemovej hmotnosti zhutnenej asfaltovej zmesi AC 22 podklad

Tabuľka 19 - Namerané hodnoty objemovej hmotnosti zhutnenej asfaltovej zmesi AC 22 podklad

číslo vzorky	Obj. hmotnosť (Mg.m ⁻³) bez R-materiálu	Obj. hmotnosť (Mg.m ⁻³) 15 % R-materiálu
1	2,521	2,495
2	2,499	2,506
3	2,435	2,498
4	2,549	2,497
5	2,460	2,416
6	2,505	2,533
7	2,540	2,445
8	2,409	2,445
9	2,405	2,431
10	2,531	2,399
11	2,398	2,400
12	2,549	2,402
13		2,389
14		2,517



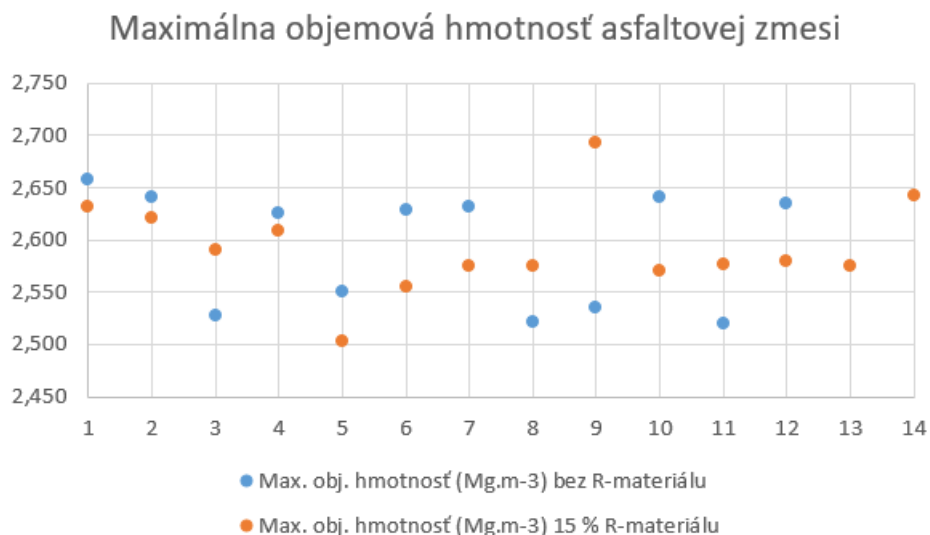
Obrázok 28 – Objemová hmotnosť zhutnenej asfaltovej zmesi AC 22 podklad bez R – materiálu a s R-materiálom

Priemerná hodnoty vzoriek bez R-materiálu bola 2,483 Mg.m⁻³, zatiaľ čo priemerná hodnota vzoriek s R- materiálom bola 2,455 Mg.m⁻³, čo predstavuje v priemere pre zmes s R- materiálom o 0,028 Mg.m⁻³ menej.

12.2.3 Maximálna objemová hmotnosť

Tabuľka 20 - Namerané hodnoty maximálnej objemovej hmotnosti asfaltovej zmesi AC 22 podklad

číslo vzorky	Max. obj. hmotnosť (Mg.m ⁻³) bez R-materiálu	Max. obj. hmotnosť (Mg.m ⁻³) 15 % R-materiálu
1	2,658	2,632
2	2,641	2,621
3	2,528	2,591
4	2,625	2,608
5	2,550	2,503
6	2,628	2,555
7	2,631	2,575
8	2,521	2,575
9	2,535	2,693
10	2,641	2,571
11	2,520	2,576
12	2,635	2,580
13		2,575
14		2,643



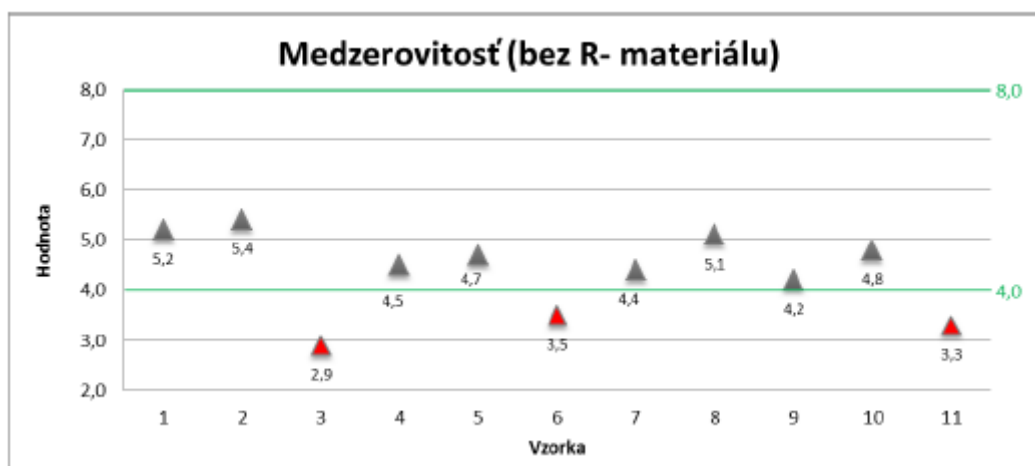
Obrázok 29 – Maximálna objemová hmotnosť asfaltovej zmesi AC 22 P bez R – materiálu a s R - materiálom

Priemerná hodnota maximálnej objemovej hmotnosti asfaltovej zmesi bez R-materiálu sa zhoduje s priemernou maximálnou objemovou hmotnosťou vzoriek s R-materiálom.

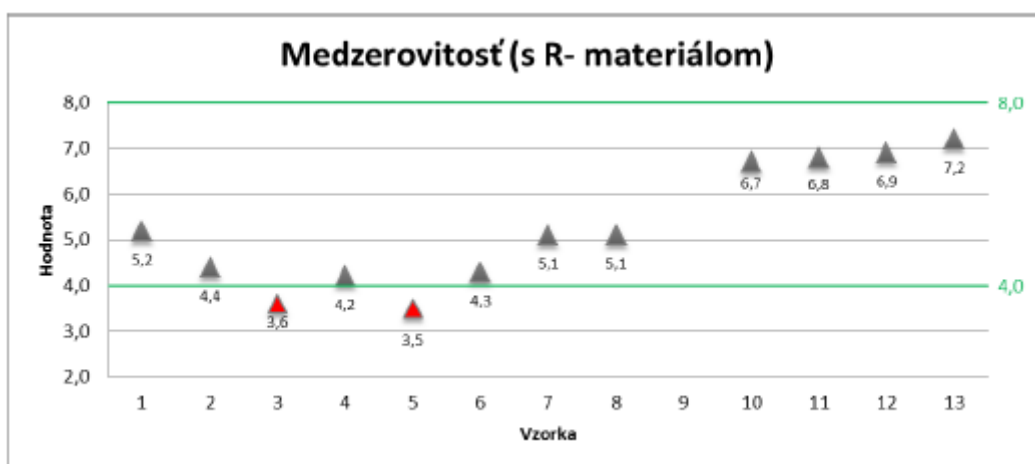
12.2.4 Medzerovitost' asfaltovej zmesi

Tabuľka 21 - Namerané hodnoty medzerovitosti asfaltovej zmesi AC 22 podklad

číslo vzorky	Medzerovitost' (%) bez R-materiálu	Medzerovitost' (%) 15 % R-materiálu
1	5,2	5,2
2	5,4	4,4
3	3,7	3,6
4	2,9	4,2
5	4,5	3,5
6	4,7	4,3
7	3,5	5,1
8	4,4	5,1
9	5,1	9,7
10	4,2	6,7
11	4,8	6,8
12	3,3	6,9
13		7,2
14		4,7



Obrázok 30 – Medzerovitost' asfaltovej zmesi AC 22 P bez R - materiálu



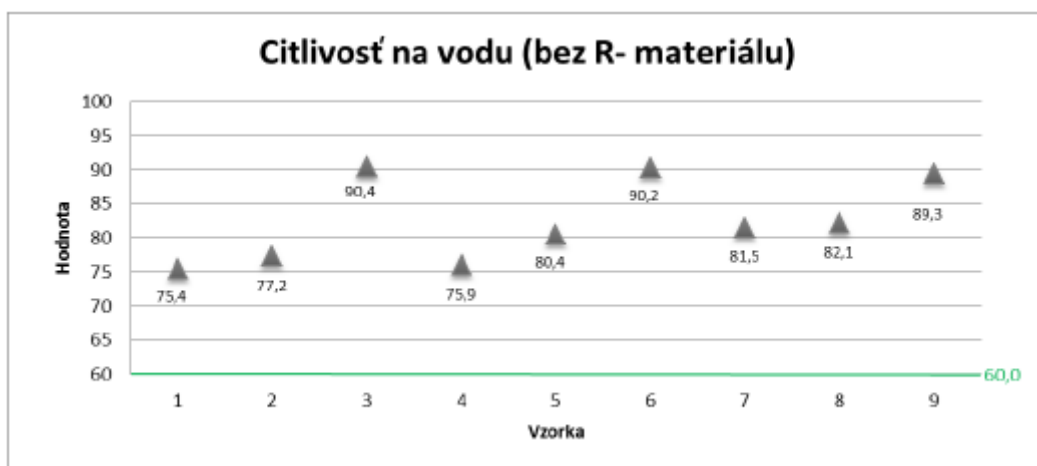
Obrázok 31 – Medzerovitost' asfaltovej zmesi AC 22 P s R - materiálom

Priemerná hodnota vzoriek bez R - materiálu je 4,3 %, vzorky s R- materiálom majú priemernú hodnotu na úrovni 5,5 %.

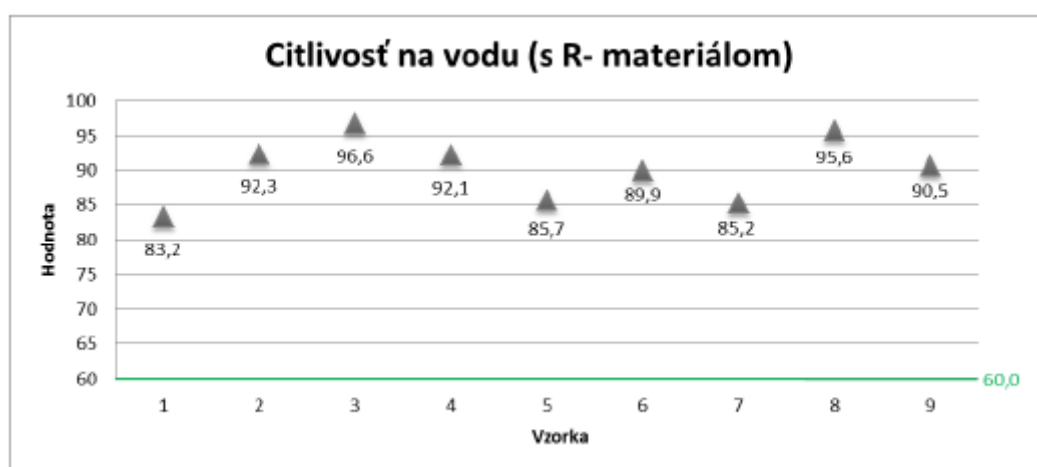
12.2.5 Citlivosť na vodu

Tabuľka 22 - Namerané hodnoty citlivosti na vodu asfaltovej zmesi AC 22 podklad

číslo vzorky	ITSR (%) bez R-materiálu	ITSR (%) 15 % R-materiálu
1	75,4	83,2
2	77,2	92,3
3	90,4	96,6
4	75,9	92,1
5	80,4	85,7
6	90,2	89,9
7	81,5	85,2
8	82,1	95,6
9	89,3	90,5



Obrázok 32 – Citlivosť na vodu asfaltovej zmesi AC 22 P bez R - materiálu



Obrázok 33 – Citlivosť na vodu asfaltovej zmesi AC 22 podklad s R - materiálom

Priemerná hodnota pomeru pevnosti v nepriamom (pričnom) ťahu (ITSR) asfaltovej zmesi bez R- materiálu je 82,5 %, pri zmesiach s R- materiálom bola priemerná hodnota na úrovni 90,1 %.

12.2.6 Tuhosť

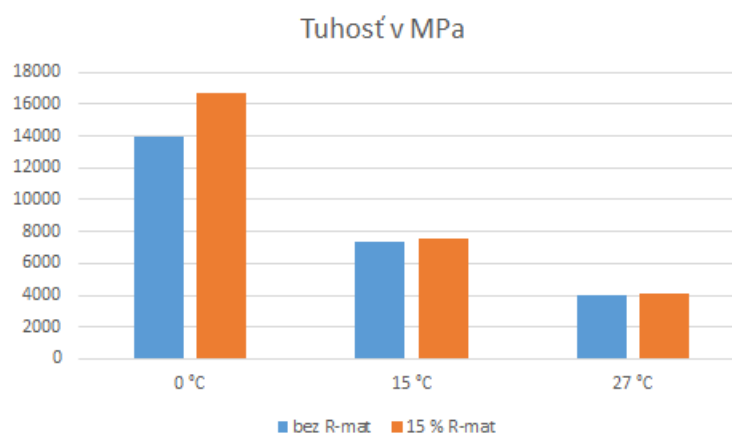
Príprava skúšobných telies v tvare trapezoidu sú uvedené na obr. 34. Namerané hodnoty tuhosti pri teplote 15 °C a frekvencií 10 Hz metódou dvojbodovým ohybom na skúšobných telesách tvaru trapezoidu (2PB – TR), podľa podmienok uvedených v STN EN 12697-26 sú uvedené v tab. 23 a na obr. 35 je uvedené porovnanie hodnôt tuhosti pri frekvencií 10 Hz a pri 3 rôznych teplotách.



Obrázok 34 – Príprava skúšobných telies na vykonanie funkčných skúšok asfaltových zmesí

Tabuľka 23 - Namerané hodnoty tuhosti asfaltových zmesí AC 22 podklad

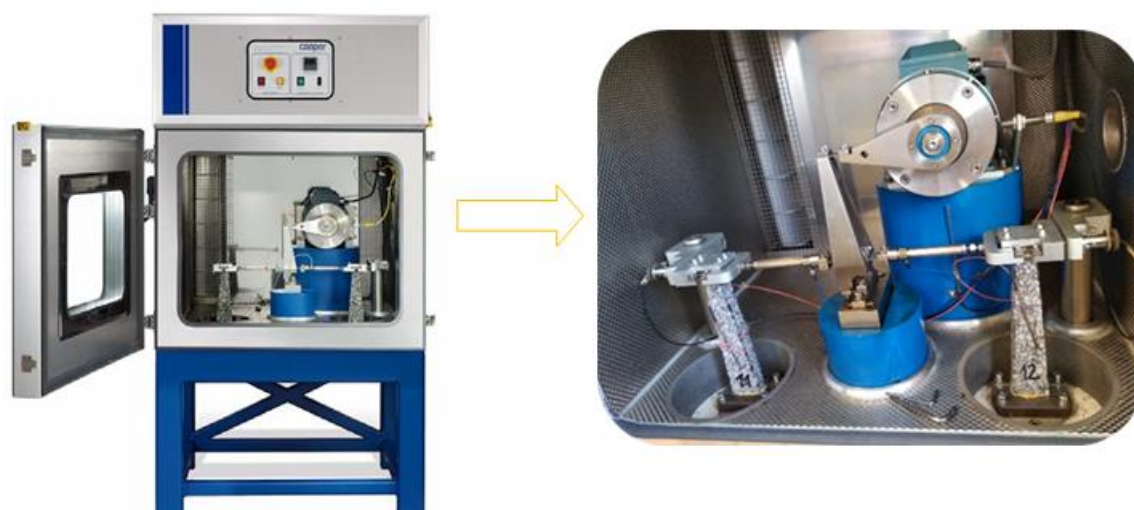
Asfaltová zmes	Tuhosť (MPa)
bez R - materiálu	7 350
15 % R-materiálu	7 525
Teplota / Frekvencia	15 °C / 10 Hz



Obrázok 35 – Tuhosť zmesí AC 22 podklad pri teplote merania 0, 15 a 27 °C a frekvencií 10 Hz

12.2.7 Odolnosť proti únave

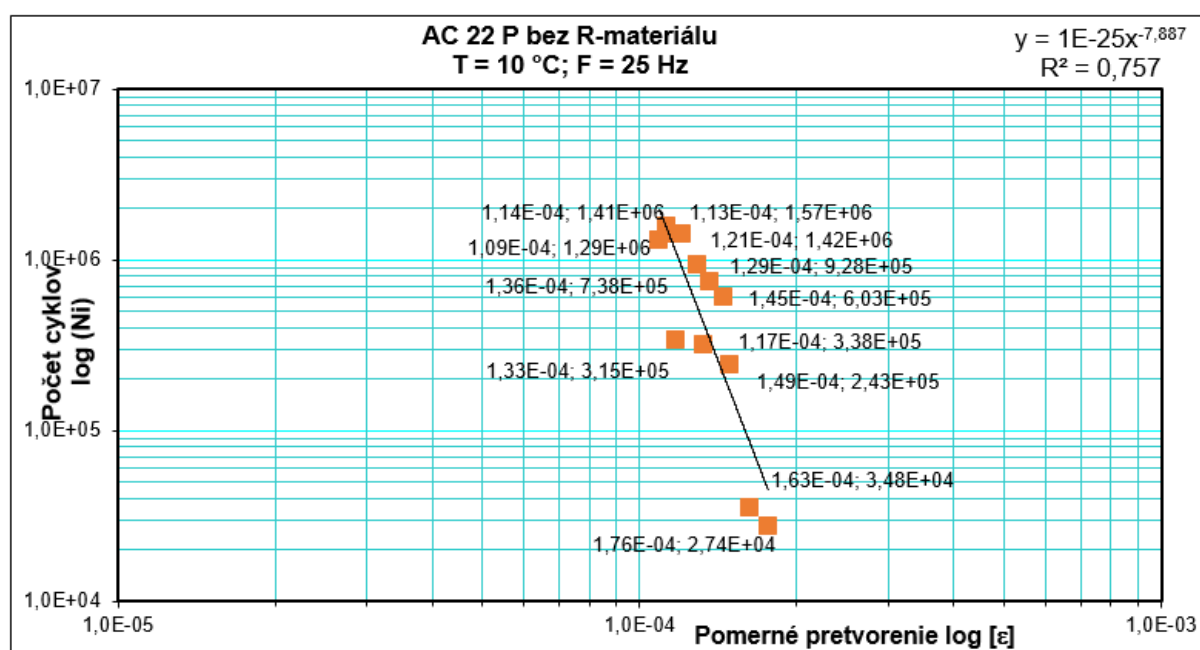
Výsledky skúšok únavy (skúška dvojbodovým ohybom 2PB – TR podľa STN EN 12697-24, príloha A) sú uvedené v tab. 24 a únavové čiary pre zmesi AC 22 podklad bez R-materiálu a s 15% podielom R-materiálu sú na obr. 37 a 38. Na obr. 36 je uvedené zariadenie Žilinskej univerzity na vykonávanie funkčných skúšok asfaltových zmesí (tuhosť, odolnosť proti únave) skúškou dvojbodovým ohybom 2PB – TR.



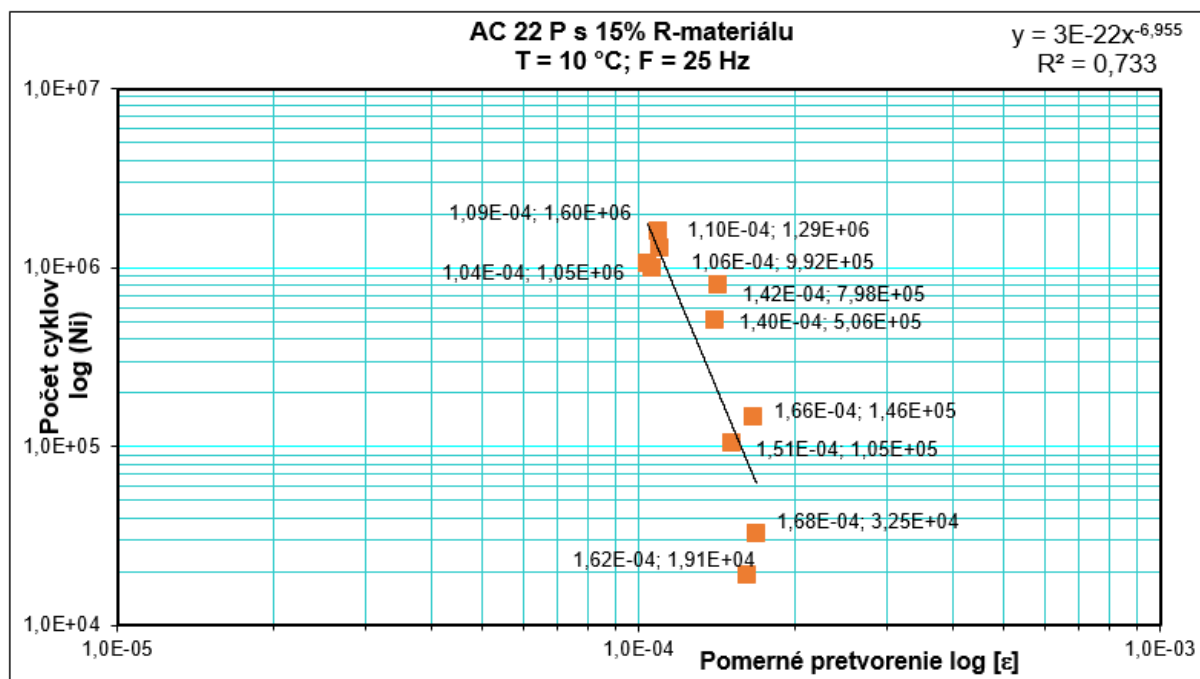
Obrázok 36 – Meracie zariadenie na skúšku dvojbodovým ohybom 2PB – TR

Tabuľka 24 - Odolnosť proti únavě asfaltových zmesí AC 22 podklad

Asfaltová zmes	T (°C)	F (Hz)	$\epsilon_6 \cdot 10^{-6}$ (mikrostrain)	b	r^2	Kategória
bez R-materiálu	10	25	112,78	0,144	0,757	Fat ϵ_{min100}
15 % R-materiálu	10	25	118,91	0,127	0,733	Fat ϵ_{min115}



Obrázok 37 – Wöhlerov diagram pre zmes AC 22 podklad bez R-materiálu



Obrázok 38 – Wöhlerov diagram pre zmes AC 22 podklad s 15% R-materiálu

Na základe porovnania laboratórneho overovania fyzikálnych vlastností a vykonanie funkčných skúšok asfaltovej zmesi AC 22 podklad CA 50/70; II bez R-materiálu a AC 22 podklad CA 50/70; II s 15 %-ným obsahom R-materiálu možno jednoznačne potvrdiť, že pridanie 15 % R-materiálu do asfaltovej zmesi nemá negatívny vplyv na kvalitatívnych vlastností asfaltových zmesí. Pri splnení požiadaviek a špecifikácií na výrobu asfaltových zmesí s obsahom R-materiálu možno tieto zmesi považovať za kvalitatívne rovnocenné s asfaltovými zmesami bez použitia R-materiálu.

12.3 Asfaltové zmesi AC 11 obrus typu PMAZ

Pri asfaltových zmesiach AC 11 obrus boli experimentálne overované funkčné vlastnosti asfaltových zmesí bez pridania R-materiálu pri použití spojiva cestného asfaltu CA modifikovaného gumovým granulátom a asfaltom CA modifikovaným SBS polyméromi pri výrobe asfaltových zmesí. Namerané hodnoty tuhosti pri teplote 15 °C a frekvencií 10 Hz sú uvedené v tab. 25. Polymérom modifikovaná asfaltová zmes (PMAZ) – hutnená asfaltová zmes typu asfaltový betón, so spojivom z cestného asfaltu a s polymérnou modifikačnou prísadou pridávanou do zmesi pri jej výrobe. Cieľom modifikácie je dosiahnutie rovnakých parametrov zmesi ako má zmes rovnakého zloženia vyrobená z polymérom modifikovaného asfaltu. Prísady na výrobu PMAZ – polymérne látky, ktoré menia vlastnosti asfaltovej zmesi tak, aby boli rovnocenné s vlastnosťami asfaltovej zmesi rovnakého zloženia vyrobenej z polymérom modifikovaného asfaltu [L2].

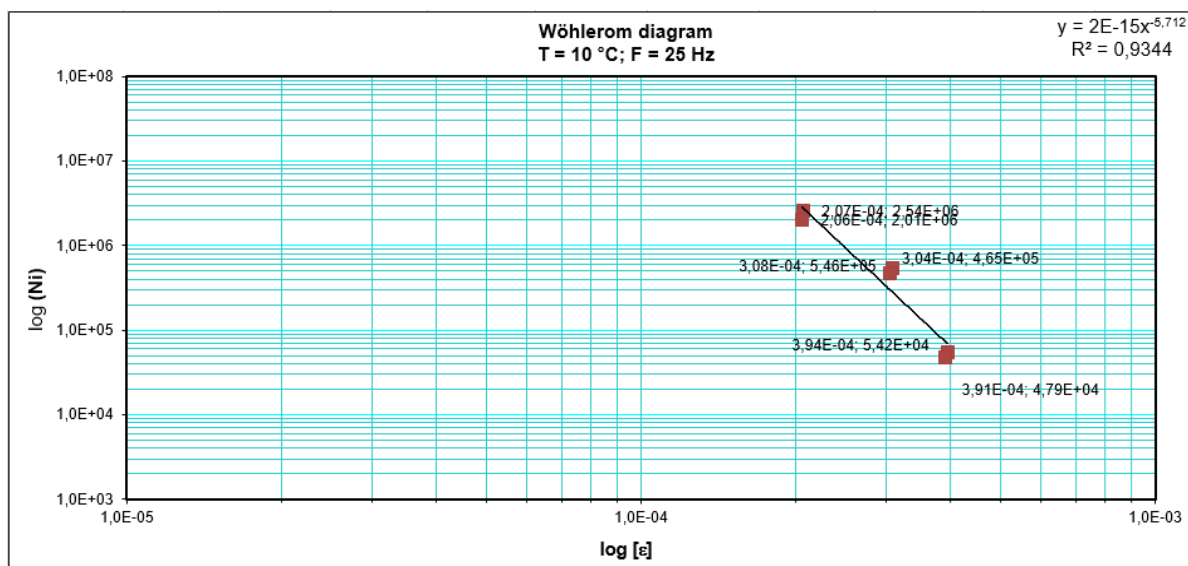
Tabuľka 25 - Namerané hodnoty tuhosti asfaltových zmesí AC 11 obrus

Asfaltová zmes	Tuhosť (MPa)
AC 11 O s gumovým granulátom	6 143
AC 11 O s SBS polymérom	7 802
Teplota / Frekvencia	15 °C / 10 Hz

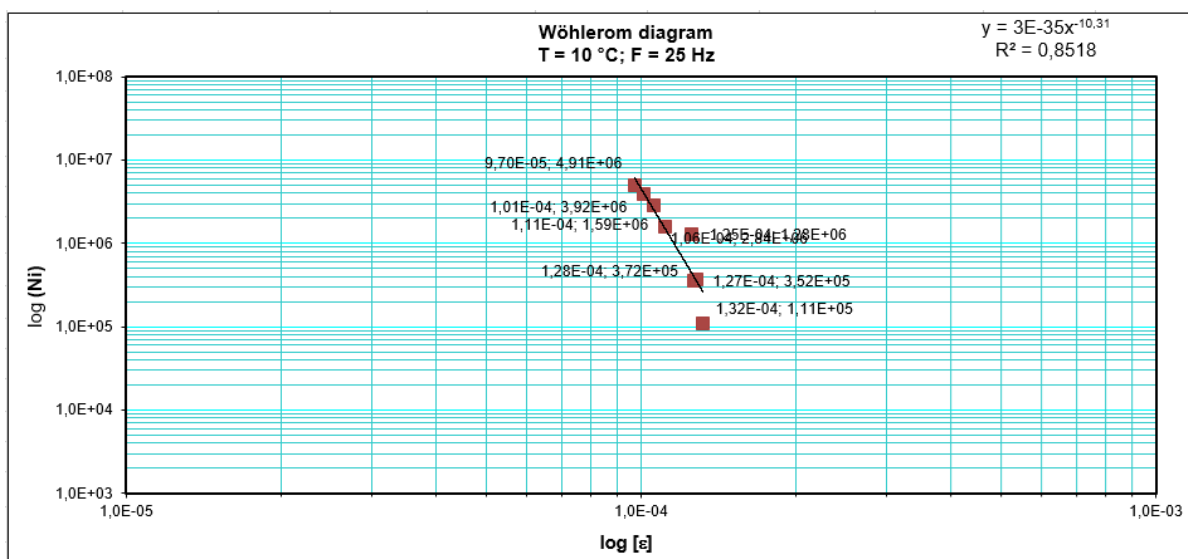
Výsledky skúšok únavy (skúška dvojbodovým ohybom 2PB – TR sú uvedené v tab. 26 a únavové čiary pre zmesi AC 11 obrus s gumovým granulátom a AC 11 obrus s SBS polymérom sú na obr. 39 a 40.

Tabuľka 26 - Odolnosť proti únave asfaltových zmesí AC 11 obrus

Asfaltová zmes	T (°C)	F (Hz)	$\epsilon_6 \cdot 10^{-6}$ (mikrostrain)	b (-)	r ² (-)	Kategória
s gumovým granulátom	10	25	246,99	0,175	0,934	Fat _{ε min220}
s SBS polymérom	10	25	115,82	0,097	0,852	Fat _{ε min115}



Obrázok 39 – Wöhlerov diagram pre zmes AC 11 obrus s gumovým granulátom



Obrázok 40 – Wöhlerov diagram pre zmes AC 11 obrus s SBS polymérom

Problematike PMAZ bola venovaná rozborová úloha [L2], ktorá analyzuje možnosti použitia zmesi PMAZ ako alternatívu k asfaltovej zmesi s použitím modifikovaného spojiva typu PMB. Zo zistených pozorovaní, objektivizovaných výsledkov výskumu vzniknutých spoluprácou VUIS-Cesty s.r.o. a SvF UNIZA (KCEI a KTMS) [L9, L30 až L32] a komparácie poznatkov zo zahraničia odporúčame pokračovanie výskumu v oblasti asfaltových zmesí s obsahujúcou modifikačnou prísadou pridávanou do zmesi pri jej výrobe (najmä gumového granulátu) v kombinácii s R-materiálom.

13 Overovanie R-materiálu na iné použitie

V [L7] je prezentované, že stav vozoviek miestnych ciest sú dlhodobým, občanov traumatizujúcim problémom miestnych samospráv celého Slovenska. V súčasnej dobe celosvetovej pandémie a následného obdobia výrazne ovplyvneného jej ekonomickými dopadmi význam využitia recyklovaných materiálov (R-materiálov) v konštrukčných vrstvách vozoviek naberá na význame. Využitie tohto druhu stavebného materiálu má na Slovensku a v Česku dlhoročnú tradíciu v prípade vozoviek účelových ciest napr. lesných [L3]. Technologickými, ekologickými a ekonomickými aspektami R-materiálov z asfaltových vozoviek pre cestné využitie sa zaoberali autori prác [L8, L11, L22, L39, L43, L47]. V tejto kapitole je prezentované overenie zmesného R-materiálu.

Pokusné pracovisko (PP) pre výskum nestmelených konštrukcií vozoviek (VYNEKOVO) bolo budované v rokoch 2015 až 2017 (obr. 41).



Obrázok 41 – Pohľady na budovanie PP VYNEKOVO z dňa 3.10.2015

Pôvodná plocha tvoriaca súčasť miestnej cesty bola rozšírená hlinitými zeminami a pokládkou R-materiálu (frézovaných asfaltových zmesí s obsahom hlinitých a kamenitých častí) a v súčasnosti slúži pre odstavenie osobných automobilov a uskladnenie veľkokapacitného kontajnera (obr. 42).



Obrázok 42 – Pohľady na PP VYNEKOVO z 4.4.2016 a z 19.10.2017

Následne po verifikácii vhodnosti predmetného R-materiálu boli v r. 2017 rehabilitovaná posudzovaným R-materiálom získaným frézovaním asfaltových krytov miestnej komunikácie v Dolnom Hričove a z hľadiska jeho využitia priamo pri výrobe novej asfaltovej zmesi vo VAZ bol nepoužiteľný z hľadiska homogenity, obsahoval značný podiel cementobetónových a hlinitých súčastí (zmesný R-materiál).



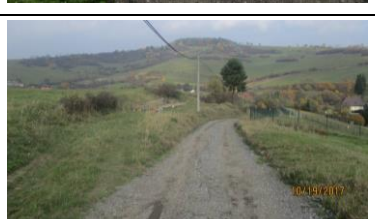
Obrázok 43 – Pohľady na vozovku so zabudovanými starými zvodičmi MK2 v Pekline v deň pokládky R-materiálu 25.8.2017 a 19.10.2017

Laboratórnym rozborom vzoriek R-materiálu (zmesný R-materiál) bolo zistené jeho nasledujúce zloženie:

- 70 % Asfaltová zmes,
- 10 % kamenivo,
- 10 % betón,
- 10 % zemina.

Uvedené zloženie nevylučuje znovupoužitie takéhoto materiálu na budovanie spevnených povrchov vozoviek komunikácií s nízkym dopravným zaťažením. Na zabránenie povrchovej erózie a zlepšenie odvodnenia povrchu MK3 (odvedenie povrchovej vody) s ohľadom na výškové vedenie boli navrhnuté zvodičnice z demontovaných pásnic ocelových zvodičiek (obr. 43). Porovnanie stavu povrchu vozoviek z rokov 2017 a 2020 je prezentované v tab. 27.

Tabuľka 27 - Pohľady na vozovku z R-materiálu miestnej časti Peklina z 10.3.2020 a r. 2017 resp. 2018

Staničenie	25.8.2017, 19.10.2017 resp. 9.6.2018	10.3.2020
ZÚ 0,000 00		
0,098 18		
0,196 36		
0,245 45		
0,343 63		
0,441 81		
KÚ 0,540 00		

Analýzou uskutočnených obhliadok boli zistené nasledujúce závery a stanovené odporúčania:

- v mieste strmých sklonov a z toho vyplývajúceho stekania zrážkových vôd došlo ku čiastočnej erózií použitého R-materiálu,
- v rovinatých úsekoch došlo vplyvom dopravy a teploty k dohutnutiu R-materiálu, ktorý vykazoval kvalitatívne parametre asfaltových zmesí nižšej kvality,

- pokládka zmesného R-materiálu by sa z aspektu využitia energetického potenciálu mala realizovať výhradne počas horúcich letných dní pri teplote minimálne 25 °C (pozri obr. 48),
- v prípade strmších sklonov je vhodné realizovať kvalitné odvedenie zrážkových vôd,
- pre vozovky miestnych ciest len s občasným prístupom nákladných vozidiel v súlade s TP 004 postačuje únosnosť podložia v úrovni 25 MPa (pozri tab. 28),
- zaoberať sa možnosťou vytvorenia technického predpisu, resp. doplnku do súvzťažného TP venujúceho sa využitiu zmesného R-materiálu ako „polostmelenej“ zmesi,
- možnosť použitia uvedeného povrchu R-materiálu ako časť etapovitej výstavby definitívnej vozovky,
- táto technológia by mohla byť inšpiratívnym príkladom klimaticky adaptívneho responzívneho kontextového dizajnu (navrhovanie zohľadňujúce podrobne objektivizované špecifiká záujmovej lokality vrátane klimatických zmien).

Tabuľka 28 - Odporúčané hodnoty únosnosti na povrchu ochrannej vrstvy vozovky z ťaženého predrveného kameniva (TPK) podľa TP 004 [T5]

Modul pružnosti podložia E_{np}		Hrúbka vrstvy z TPK [mm]	Ekvivalentné moduly na povrchu ochrannej vrstvy [MPa]		E_{def2} / E_{def1}	E_{vd} [MPa]			
$E_{n,p}$ [MPa]	TDZ		E_p	$E_{def,2}$					
≥ 25	VI	150	35	30	$\leq 2,5$	25			
		200	40	35		30			
		250	45	40					
≥ 30	V	150	45	40		$\leq 2,5$	35		
		200	50	45				30	
		250	55	50					
≥ 35	IV	150	50	40			$\leq 2,5$	35	
		200	55	45					30
		250	60	50					
≥ 40		IV	150	55	45			$\leq 2,5$	35
			200	60	50				
			250	65	55				

13.1 Vplyv teploty zahriatia na únosnosť vrstvy R-materiálu

Účelom zhutňovania je dosiahnuť takú únosnosť vrstvy, aby bola schopná prenášať budúce zaťaženie určené pre kategóriu cesty, ktorú posudzujeme. Kvalitu zhutnenia zemín kontrolujeme pomocou miery zhutnenia, ktorej charakteristiky vyšetrujeme laboratórnou skúškou podľa STN 72 1015. Zhutniteľnosť R-materiálu sa vyjadruje obyčajne objemovou hmotnosťou v suchom stave. Pri stanovení zhutniteľnosti R-materiálu sa využili dva laboratórne postupy:

- Proctor standard (PS),
- Proctor modifikovaný (PM).



Obrázok 44 – Pohľady na použité prístroje pre skúšky PS a PM sušiareň, zhutňovanie vzorky a použité skúšobné valce [L11]



Obrázok 45 – Zaťažovanie vzorky pri skúške CBR a IBI [L11]

Na skúšku sa použil R-materiál vysušený na vzduchu, alebo v sušiarňi pri max. 70°C rozdrobená a preosiatá príslušným sitom podľa d_{max} . Po 12 hodinách odležania sa vzorka pre skúšku Proctor modifikovaný hutní v 5 vrstvách v kovovom valci ubíjadlom, každá vrstva sa zhutňuje 56 údermi. Z valca sa odoberie nadstavec, zrezaním sa zarovná povrch, prípadné nerovnosti sa doplnia R-materiálom. Vzorka s valcom sa odváži a vypočítame aktuálnu objemovú hmotnosť R-materiálu.

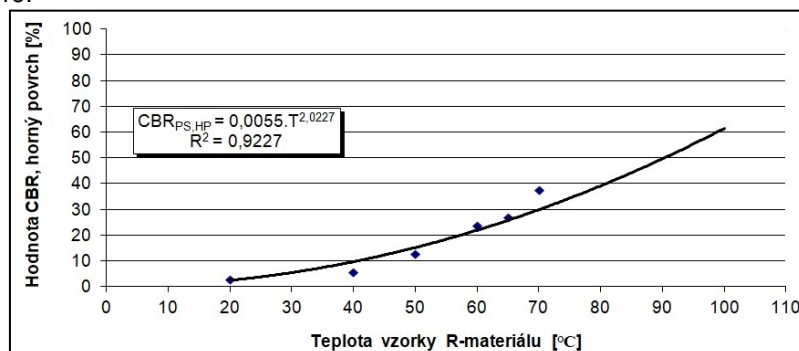
Laboratórna skúška CBR (Californian Bearing Ratio) bola vykonaná podľa STN 72 1016, STN EN 13286-47. Samotná skúška je rozdelená na nasledujúce etapy:

- na povrchu vzorky sa umiestni závažie o hmotnosti zodpovedajúcej hmotnosti konštrukčných vrstiev komunikácie s hmotnosťou nie menšou ako 4,5 kg,
- na povrchu vzorky sa umiestni penetračný valec a zaťaží sa aby celková sila neprekročila 50 N, kde sa predpokladá $CBR < 30 \%$, a 250 N v prípade $CBR > 30 \%$. Tento stav napätia /deformácie sa považuje za počiatočný,
- penetračný valec sa pomocou lisu vtlačá do vzorky rýchlosťou $(1,00 \pm 0,05) \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ a zaznamenáva sa zaťaženie pri penetrácii po 0,5 mm až do celkovej penetrácie 10,0 mm,
- po skončení penetrácie sa vyplní otvor vzniknutý penetráciou R-materiálu, z ktorého bola vzorka pripravená. Vzorka sa obráti a vykoná sa skúška na spodnom povrchu vzorky obdobným postupom.

Vypočítané hodnoty pre CBR 2,5 a CBR 5,0 sa zaokrúhľujú na najbližšiu hodnotu takto:

- pre CBR < 30 zaokrúhlenie na 1%,
- pre CBR 30 až 100 zaokrúhlenie na 5%,
- pre CBR > 100 zaokrúhlenie na 10%,

Pre sledované teploty bola zistená orientačná závislosť nárastu únosnosti hodnotenej prostredníctvom CBR podľa obr. 46.



Obrázok 46 – Vplyv teploty R-materiálu na hodnoty CBR [L11]

14 Kvalitatívne parametre asfaltových zmesí s R-materiálom v zmysle KLAZ

Na Slovensku sú v platnosti Katalógové listy asfaltových zmesí, aktuálne znenie [T13] s účinnosťou od 20.12.2019. V [T13] sú stanovené najnižšie prípustné kategórie vlastností asfaltových zmesí používaných pri výstavbe asfaltových vozoviek s dopravným zaťažením triedy I až VI. Výrobca asfaltových zmesí musí splnenie požadovaných parametrov preukázať výsledkami skúšky typu podľa STN EN 13108-20, kategórie deklaruje vo Vyhlásení o parametroch (VoP).

Kvalitatívne parametre asfaltových zmesí s R-materiálom musia byť v zmysle TPR splnené rovnako bez ohľadu na to, či bola asfaltová zmes vyrobená bez použitia alebo s použitím R-materiálu. Pri asfaltových zmesiach vyrobených s použitím R-materiálu sa musí použiť jednoznačná identifikácia v označení asfaltovej zmesi. Na tento účel sa použije doplnujúce označenie pri typoch asfaltových zmesí typu AC a MA, uvedie sa percentuálne zastúpenia R-materiálu. Príklady označenia asfaltových zmesí s použitím R-materiálu sú uvedené v [T8].

Príklad označenia: AC 16 obrus PMB 45/80-75; I; RA10; STN EN 13108-1

Asfaltový betón s maximálnym zrnom kameniva 16 mm na obrusnú vrstvu, s polymérom modifikovaným asfaltom s penetráciou 45/80 a bodom mäknutia minimálne 75 °C, kvalitatívnej triedy I, s použitím R-materiálu v množstve 10 %, zodpovedajúci STN EN 13108-1.

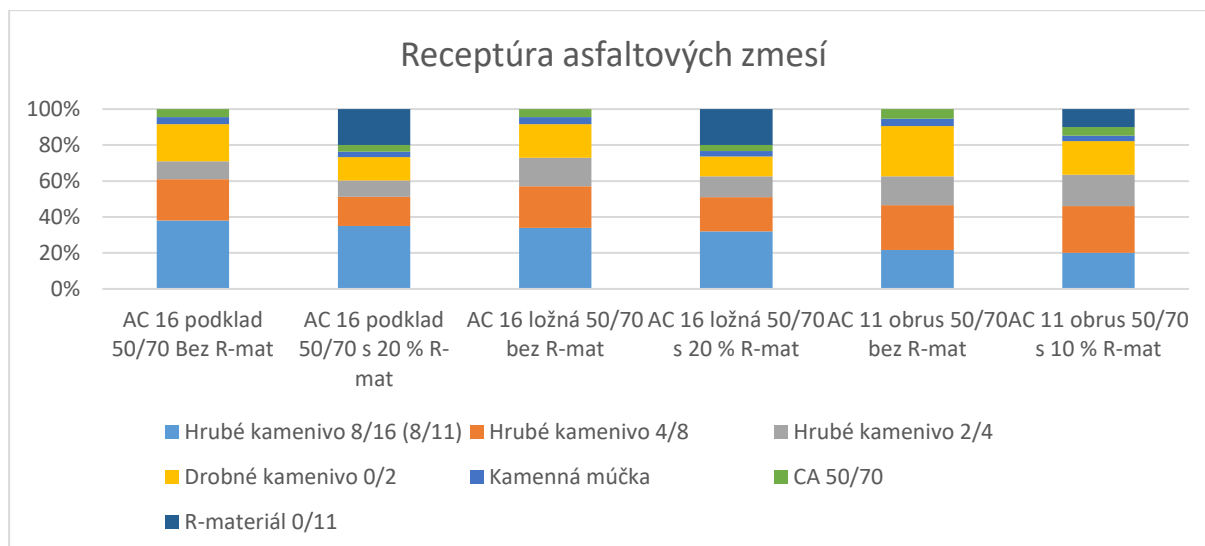
Na základe dlhodobého overovania a rovnako na základe skúsenosti zo zahraničia možno jednoznačne potvrdiť, že asfaltové zmesi s použitím R-materiálu sú pri splnení požiadaviek a špecifikácií na výrobu asfaltových zmesí považované za kvalitatívne rovnocenné s asfaltovými zmesami bez použitia R-materiálu.

15 Ekonomické a ekologické aspekty využívania R-materiálu

Cena asfaltových zmesí, je súčtom priamych nákladov výroby, nepriamych nákladov výrobcu a jeho primeraného zisku odvíjajúceho sa od aktuálnej trhovej situácie. Pre výrobcu asfaltovej zmesi sa priame náklady výroby odvíjajú od nákupnej ceny prvotného vstupného materiálu, jeho dopravy na miesto výroby asfaltovej zmesi, nákladov na strojné vybavenie pri jeho spracovaní a ceny práce profesií podieľajúcich sa na jeho spracovaní. Priame výrobné náklady sú následne základňou z ktorej sa s použitím typového, alebo odborového kalkulačného vzorca stanovia režijne náklady výrobcu a zisk.

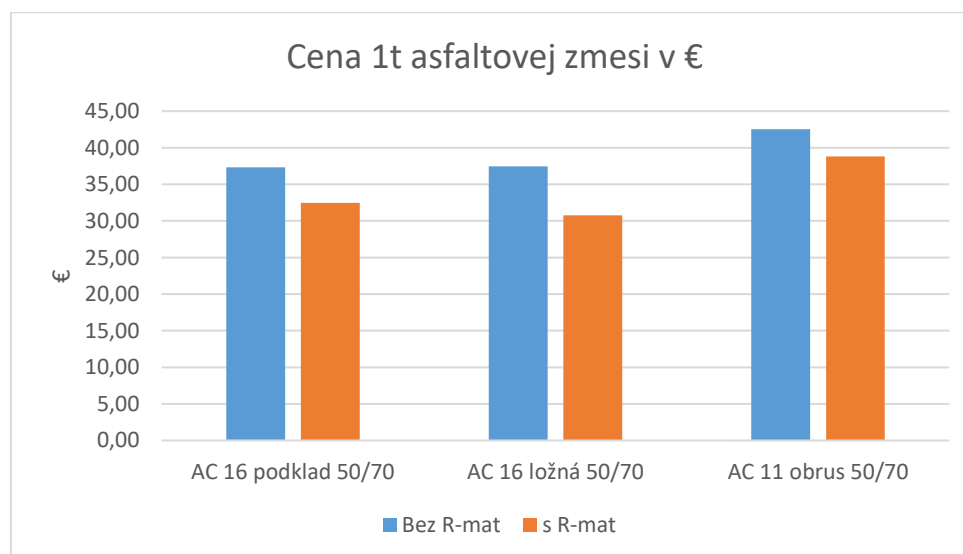
Neobnoviteľnosť prvotných surovín ako napríklad prírodné ťažené kamenivo, drvené kamenivo či asfaltové spojivo vedie k nutnosti hľadať nové zdroje. Ekologické a ekonomické dôvody vedú k potrebe náhrady prvotných surovín. V minulosti sa problém nedostatku materiálu ako aj vysokých cien materiálu riešil využívaním miestnych materiálov, vedľajších priemyselných produktov a vhodne upravovaného odpadu. R-materiál získaný z asfaltových vozoviek je druhotná surovina, ktorou je možné nahradiť prvotný materiál a to plnivo aj spojivo. Cena R-materiálu ako vstupného materiálu do výroby asfaltovej zmesi vo VAZ uvedená v modelových výpočtoch v sebe zahŕňa náklady na získanie, dopravu, spracovanie, úpravu, skladovanie a homogenizáciu R-materiálu. Zmena receptúry a rozdielne jednotkové ceny materiálu menia priame výrobné náklady a tým ovplyvni celkovú výrobnú cenu asfaltovej zmesi. Z obr. 47 vidíme ilustračne teoretické zmeny v receptúre troch asfaltových zmesí pri použití R-materiálu, jedná sa o zmesi:

- AC 16 podklad 50/70
- AC 16 ložná 50/70
- AC 11 obrus 50/70



Cena predstavuje trhovú hodnotu za ktorú je možné od výrobcu túto zmes zakúpiť pre potreby stavebnej výroby. Z hľadiska ceny je kľúčovým prvkom zníženie obsahu spojiva, vzhľadom na jednotkovú cenu spojiva tu má použitie R materiálu najväčší pákový efekt. Tab. 29, 30 a 31 sú porovnaním ceny (platné k 03/2022) 1 tony konkrétnej asfaltovej zmesi bez R-materiálu a s uvedeným obsahom R-materiálu. Následne je cena rozdelená na cenu s dopravou a bez dopravy. V prípade cien s dopravou sa uvažuje s dopravnou vzdialenosťou asfaltovej zmesi 25 km medzi miestom výroby a zabudovania. Pre potreby samotnej výroby asfaltovej zmesi sa uvažuje s dopravnou vzdialenosťou spojiva 60 km a plniva 25 km. Keďže hmotnostne R-materiál nahrádza primárne plnivo, pri kalkulácii bolo uvažované so vzdialenosťou 25 km medzi miestom vyťaženia R materiálu od miesta výroby asfaltovej zmesi. Treba zdôrazniť, že dopravné náklady dokážu výrazne zmeniť cenu priameho materiálu a následne aj nákupnú cenu asfaltovej zmesi. Pri väčších vzdialenostiach medzi miestom vyťaženia R-materiálu a VAZ môžu akékoľvek ekonomické prínosy použitia R-materiálu zaniknúť vzhľadom na nárast jeho dopravných nákladov na miesto spracovania.

Cena bez dopravy síce nepredstavuje skutočnú trhovú cenu, nakoľko zmes je vždy nutné dopraviť na miesto zabudovania, ale pre potreby porovnania ekonomických dopadov použitia R-materiálu z hľadiska výrobcu je objektívnejšia. Na obr. 48 je vidieť cenu za 1 tonu asfaltovej zmesi bez použitia R-materiálu a s použitím R-materiálu (pri AC obrus 10 %, pri AC ložná a AC podklad 20 %). Použitie R materiálu vedie k zníženiu ceny asfaltovej zmesi a to úmerne k množstvu potrebného spojiva.



Tabuľka 29 - Cenové porovnanie 1 tony asphaltovej zmesi AC 16 podklad 50/70 bez a s použitím 20 % R-materiálu

AC 16 podklad 50/70										
Receptúra asphaltovej zmesi			Cena s dopravou				Cena bez dopravy			
			JC/t	Cena		Podiel na cene	JC/t	Cena		Podiel na cene
	Bez R-mat	20 % R-mat		1 t Bez R-mat	1 t 20 % R-mat			1 t Bez R-mat	1 t 20 % R-mat	
Zloženie	%	%	€	€	€	%	€	€	€	%
Hrubé kamenivo 8/16	38,0	35,0	21,45	8,15	7,51	18,82	14,00	5,32	4,90	15,10
Hrubé kamenivo 4/8	23,0	16,3	17,75	4,08	2,89	7,25	10,30	2,37	1,68	5,17
Hrubé kamenivo 2/4	10,0	9,0	21,95	2,20	1,98	4,95	14,50	1,45	1,31	4,02
Drobné kamenivo 0/2	20,6	13,0	15,45	3,18	2,01	5,04	8,00	1,65	1,04	3,20
Kamenná múčka	4,0	3,0	30,00	1,20	0,90	2,26	22,00	0,88	0,66	2,03
CA 50/70	4,4	3,7	600,83	26,44	22,23	55,74	583,00	25,65	21,57	66,46
R-materiál 0/11	0,0	20,0	11,85	0,00	2,37	5,94	6,50	0,00	1,30	4,01
Spolu	100,0	100,0		45,25	39,89	100,00		37,32	32,45	100,00

Tabuľka 30 - Cenové porovnanie 1 tony asphaltovej zmesi AC 16 ložná 50/70 bez a s použitím 20 % R-materiálu

AC 16 ložná 50/70										
Receptúra asphaltovej zmesi			Cena s dopravou				Cena bez dopravy			
			JC/t	Cena		Podiel na cene	JC/t	Cena		Podiel na cene
	Bez R-mat	20 % R-mat		1 t Bez R-mat	1 t 20 % R-mat			1 t Bez R-mat	1 t 20 % R-mat	
Zloženie	%	%	€	€	€	%	€	€	€	%
Hrubé kamenivo 8/16	34,0	32,0	21,45	7,29	6,86	17,98	14,00	4,76	4,48	14,55
Hrubé kamenivo 4/8	23,0	19,0	17,75	4,08	3,37	8,83	10,30	2,37	1,96	6,36
Hrubé kamenivo 2/4	16,0	11,6	21,95	3,51	2,55	6,67	14,50	2,32	1,68	5,46
Drobné kamenivo 0/2	18,6	11,0	15,45	2,87	1,70	4,45	8,00	1,49	0,88	2,86
Kamenná múčka	4,0	3,0	30,00	1,20	0,90	2,36	22,00	0,88	0,66	2,14
CA 50/70	4,4	3,4	600,83	26,44	20,43	53,50	583,00	25,65	19,82	64,40
R-materiál 0/11	0,0	20,0	11,85	0,00	2,37	6,21	6,50	0,00	1,30	4,22
Spolu	100,0	100,0		45,40	38,18	100,00		37,47	30,78	100,00

Tabuľka 31 - Cenové porovnanie 1 tony asphaltovej zmesi AC 11 obrus 50/70 bez a s použitím 10 % R-materiálu

AC 11 obrus 50/70										
Receptúra asphaltovej zmesi			Cena s dopravou				Cena bez dopravy			
			JC/t	Cena		Podiel na cene	JC/t	Cena		Podiel na cene
	Bez R-mat	10 % R-mat		1 t Bez R-mat	1 t 20 % R-mat			1 t Bez R-mat	1 t 20 % R-mat	
Zloženie	%	%	€	€	€	%	€	€	€	%
Hrubé kamenivo 8/11	21,6	20,0	21,45	4,63	4,29	9,21	14,00	3,02	2,80	7,22
Hrubé kamenivo 4/8	25,0	26,0	17,75	4,44	4,62	9,91	10,30	2,58	2,68	6,90
Hrubé kamenivo 2/4	16,0	17,5	21,95	3,51	3,84	8,25	14,50	2,32	2,54	6,54
Drobné kamenivo 0/2	28,0	18,7	15,45	4,33	2,89	6,21	8,00	2,24	1,50	3,86
Kamenná múčka	4,0	3,0	30,00	1,20	0,90	1,93	22,00	0,88	0,66	1,70
CA 50/70	5,4	4,8	600,83	32,44	28,84	61,94	583,00	31,48	27,98	72,11
R-materiál 0/11	0,0	10,0	11,85	0,00	1,19	2,55	6,50	0,00	0,65	1,68
Spolu	100,0	100,0		50,55	46,56	100,00		42,52	38,81	100,00

Použitie recyklovateľných materiálov v cestnom staviteľstve je významným predpokladom pre TUV vozoviek PK. Používanie výhradne nových zdrojov a materiálov sa stáva v súčasnosti z ekonomického, ale aj z ekologického hľadiska neudržateľné. Cestné staviteľstvo môže používaním technológií opätovného použitia v minulosti zabudovaných materiálov vo vozovkách PK významne prispieť k napĺňaniu cieľov trvalo udržateľného rozvoja a trvalo udržateľnej výstavby a tak zvýšiť ich environmentálnu výkonnosť. Získaný a upravený - v minulosti zabudovaný materiál (R-materiál) svojimi fyzikálnymi vlastnosťami, chemickým, petrografickým a mineralogickým zložením musí vyhovovať špecifikovaným požiadavkám pre konkrétnu aplikáciu v cestnom staviteľstve.

Technológia opätovného použitia cestných stavebných materiálov sa stáva naliehavejšou, pomimo aspektu ekonomických a ekologických, aj z hľadiska úspory energie. Blízka budúcnosť bude vyžadovať, aby cestné staviteľstvo vo zvýšenej miere zabezpečilo údržbu a obnovu už vybudovaných vozoviek, a preto množstvo cestných materiálov získaných frézovaním, búraním a inými spôsobmi bude narastať a stane sa ťarchou pre správcov komunikácií na každom stupni ich rozhodovania.

Využitie R-materiálu v cestnom staviteľstve sa prejaví:

- v šetrení materiálových zdrojov (kamenivo, asphalt atď.),
- vo všeobecnosti v úspore energie,
- v tvorbe a ochrane životného prostredia,
- v zmenšovaní skladovacích plôch odpadového materiálu,
- zvýšením environmentálnej výkonnosti vozoviek,
- v úspore pohonných hmôt a znížení zaťaženia komunikácií pri technológii spracovania R-materiálu na mieste.

16 Oblasti použitia a odporúčania pre hospodárenie s asfaltovým materiálom získaným z vozovky, zosúladienie s požiadavkami praxe

V nasledovnej kapitole sú popísané oblasti použitia R-materiálu podľa spôsobu hospodárenia s asfaltovým materiálom získaným z vozovky a výslednou kvalitou R-materiálu. Ďalej sú popísané odporúčania na hospodárenie s asfaltovým materiálom získaným z vozovky tak, aby sa využil potenciál kvalitného R-materiálu v čo najvyššej miere.

Oblasti použitia R-materiálu pri výrobe asfaltových zmesí vo VAZ

- pri dodržaní postupov hospodárenia s asfaltovým materiálom získaným z vozovky je možné materiál získaný z konkrétnej vrstvy vozovky plnohodnotne využiť do asfaltových zmesí pre konkrétne konštrukčné vrstvy vozoviek (tab. 32) v súlade s odporúčaniami podľa [ZP1],
- množstvo dávkovania R-materiálu závisí od technologických možností VAZ a overí sa v rámci ST asfaltovej zmesi.

Tabuľka 32 - Oblasti použitia R-materiálu pri výrobe asfaltových zmesí vo VAZ [ZP1]

R-materiál získaný z	Využitie do asfaltových zmesí pre konštrukčné vrstvy			
	Obrusné vrstvy	Ložné vrstvy	Podkladové vrstvy	Liaty asfalt
Obrusnej vrstvy	+	+	+	+
Obrusnej a ložnej vrstvy	-	+	+	+
Obrusnej a ložnej vrstvy s modifikovaným spojivom	+	+	+	+
Ložnej vrstvy	-	+	+	-
Podkladovej vrstvy	-	-	+	-
Neselektívne frézovanie obrusnej, ložnej a podkladovej vrstvy	-	-	+	-
Vrstvy liateho asfaltu	-	-	-	+

Odporúčania pre spôsob získavania asfaltového materiálu z vozovky

- frézovanie vrstiev asfaltových vozoviek vykonávať selektívne, po vrstvách pomocou cestných fréz za studena,
- asfaltové zmesi obsahujúci modifikované spojivo frézovať a následne skladovať samostatne,
- hĺbku frézovania voliť na základe projektovej dokumentácie, evidencie materiálov konštrukcie vozovky, diagnostiky vozoviek tak, aby bolo možné získať asfaltovým materiálom získaným z vozovky a následne R-materiál čo najvyššej kvality,
- pri búraní konštrukcie vozovky vo formu kusov, kryh oddelenie asfaltových vrstiev od hydraulicky stmelенých a nestmelených vrstiev tak, aby vybúraná asfaltová zmes nebola znečistená,
- pri získavaní asfaltového materiálu z vozovky vykonať prvotné overenie materiálu na prítomnosť uhoľného dechtu na mieste nepriamou metódou, následne postupovať v zmysle [T8].

Odporúčania pre skladovanie neupraveného asfaltového materiálu získaného z vozovky

- oddelené skladovanie znovuzískaných asfaltových zmesí obsahujúcich rôzne spojivá na skládke, skládka upravovaná pomocou nakladača alebo iného vhodného zariadenia (prvotná homogenizácia),
- samostatné skladovanie získaných asfaltových zmesí obsahujúcich modifikované spojivá.

Odporúčania pre úpravu asfaltového materiálu získaného z vozovky

- odoberanie neupraveného materiálu nakladačom náhodným nakladaním po obvodě celej skládky (sekundárna homogenizácia) a doprava do drviča,
- rozpojovanie a drvenie asfaltového materiálu získaného z vozovky v drvičoch na požadované frakcie s minimalizáciou drvenia zrn hrubého kameniva,
- triedenie predrveného materiálu na jednotlivé frakcie, doprava a skladovanie upraveného R-materiálu.

Odporúčania pre skladovanie upraveného R-materiálu

- oddelené skladovanie jednotlivých frakcií R-materiálu samostatne na spevnenom výspádovanom podklade,
- oddelené skladovania upraveného R-materiálu obsahujúceho modifikované spojivo,
- skladovanie upraveného R-materiálu na zastrešených skládkach.

Odporúčania pre homogenizáciu R-materiálu

- homogenizácia ovplyvňuje kvalitu R-materiálu a výslednej asfaltovej zmesi,
- homogenizácia R-materiálu rôzneho pôvodu sa vykonáva pomocou nakladača resp. iného vhodného zariadenia, ktorý z rôznych miest skládky, hromady nakladá a premiestňuje materiál na novú hromadu kužeľového tvaru. Homogenizáciu je vhodné robiť pred každým zapracovaním R-materiálu.
- dodržanie vyššie popísaných odporúčaní pre získavanie, skladovanie neupraveného R-materiálu, jeho úpravu a následné skladovanie upraveného R-materiálu možno považovať za dostatočnú homogenizáciu.

Odporúčania pre výrobu asfaltových zmesí s R-materiálom vo VAZ

- používanie technológie paralelného bubna VAZ na dosiahnutie možnosti pridávania vyšších obsahov R-materiálov do výroby asfaltových zmesí. V súčasnosti pri dnešných možnostiach VAZ nie je reálne pridávanie R-materiálu do asfaltových zmesí v množstve viac ako 20 %,
- pri použití R-materiálu viac ako 10 % hmotnosti do novej zmesi pre obrusné vrstvy a viac ako 20 % hmotnosti do novej zmesi pre vyrovnávacie vrstvy, ložné vrstvy a podkladové vrstvy musí byť spojivo obsiahnuté v R-materiáli ošetrené tak, aby parametre spojiva (penetrácia a bod mäknutia) zodpovedali parametrom spojiva deklarované v novo vyrábanej asfaltovej zmesi. Za ošetrenie R-materiálu možno považovať prídanie spojiva s vyššou hodnotou penetrácie alebo použitie zmäkčovacích resp. oživovacích (regeneračných) prísad (rejuvenátorov).

Zosúladenie s požiadavkami praxe

- Zavedenie odporúčaní pre hospodárenie s asfaltovým materiálom získaným z vozovky umožní na Slovensku využívať potenciál R-materiálu a využívať ho vo vyššej miere ako doposiaľ. Na Slovensku sa ročne vyrobí viac ako 2 milióny ton asfaltových zmesí, pri zlepšení hospodárenia s asfaltovým materiálom získaným z vozovky možno dosiahnuť vyšší podiel zapracovaného R-materiálu do výroby nových zmesí ako v súčasnosti. Tento fakt sa odzrkadlí a bude pozitívne vplývať na ekonomiku a ekológiu výroby asfaltových zmesí pri zachovaní rovnakých (požadovaných) kvalitatívnych parametrov výsledných asfaltových zmesí.

Oblasti použitia R-materiálu na iné použitie

- budovanie spevnených povrchov vozoviek komunikácií s nízkym dopravným zaťažením (miestne, účelové, lesné cesty) alebo odstavné a iné spevnené plochy,
- nestmelené („polostmelené“) podkladové vrstvy vozoviek,
- povrch z R-materiálu ako časť etapovitej výstavby definitívnej vozovky.

17 Odporúčania na aktualizácie/revízie platných TPR MDV SR a odporúčania na pokračovanie výskumu v oblasti R-materiálu

- Vytvorenie nového TP s názvom Hospodárenie s asfaltovým materiálom získaným z vozovky (Hospodárenie s R-materiálom) alebo doplnku [T8], vytvorenie samostatnej časti [T8] obsahujúcej problematiku hospodárenia s asfaltovým materiálom získaným z vozovky. V tejto časti TP by bol vyšpecifikovaný systémový prístup k hospodáreniu so získaným asfaltovým materiálom (od zmluvy na zaobchádzanie so získaným materiálom medzi správcom PK a zhotoviteľom prác, cez všetky činnosti súvisiace s hospodárením, až po použitie materiálu) na základe odporúčaní obsiahnutých v kapitole 16 tejto RÚ.
- Rozšírenie záznamu evidencie konštrukcie vozovky PK v portáli IS MCS Slovenskej správy ciest v aplikácii pre Hospodárenie s vozovkami (hrúbka a typ asfaltových zmesí, typ spojiva v asfaltových zmesiach, rok poklady konštrukčných vrstiev, roky vykonania technológií údržby, opravy, rekonštrukcie) o podrobné informácie o použitých, zabudovaných materiáloch (ST, VoP, certifikát použitého materiálu, výsledky kontrolných skúšok počas realizácie a zabudovania materiálu). Príklad evidencie konštrukcie vozovky PK v portáli IS MCS je pre súvislú údržbu a opravu PK uvedený v prílohe 1 tejto RÚ. V prípade PK a správcom PK, ktorých evidencia nie je obsiahnutá v IS MCS sa odporúča viesť papierový záznam, ktorého návrh je

uvedený v prílohe 2 tejto RÚ. Záznam na evidenciu údajov o PK má byť vedený správcom PK a má slúžiť ako podklad pre hospodárenie s vozovkou podľa [T6] a pre hospodárenie s asfaltovým materiálom získaným z vozovky,

- Doplnenie IS MCS aplikácie Cestné laboratória o záznamy z kontrolných a preberacích skúšok jednotlivých úsekov PK,
- Zaoberať sa možnosťou vytvorenia TP, resp. doplnku do súvzťažného TP venujúceho sa využitiu R-materiálu ako „polostmelenej“ zmesi do konštrukcie vozovky,
- Odporúčanie na zjednotenie terminológie v rámci TP s názvom Systém hospodárenia s asfaltovým materiálom získaným z vozovky (Systém hospodárenia s R-materiálom) alebo doplnku [T8]. Úpravy terminológie vykonať aj v [T10]. Odporúčanie na zjednotenie terminológie a rozdelenia asfaltového materiálu získaného zo stavby (asfaltovej vozovky) takto:

Asfaltový materiál získaný zo stavby (asfaltovej vozovky) sa rozdeľuje na:

- **R-materiál (asfaltový R-materiál)** – spracovaný asfaltový materiál získaný z vozovky a po odskúšaní, posúdení a zatriedení podľa normy STN EN 13108-8 použiteľný ako vstupný materiál pre asfaltovú zmes;
- **zmesný R-materiál** - materiál získaný rozrušením materiálov zo stmelených a nestmelených vrstiev vozovky, obsah asfaltom stmelených zŕn v zmesi sa pohybuje v intervale (20 až 80) %, obsah spojiva (0,7 až 4,0) % hmotnosti celej zmesi;
- **neasfaltový R-materiál** - materiál získaný rozrušením materiálov zo stmelených a nestmelených vrstiev vozovky, obsah asfaltom stmelených zŕn zmesi je menší ako 20 % hmotnosti, obsah asfaltu je menší ako 0,7 % hmotnosti.

Odporúčania na pokračovanie výskumu v danej oblasti:

- Výskum problematiky starnutia spojiva v R-materiáli, sledovanie vlastností spojív (penetrácia, bodu mäknutia) v čase a možnosti ošetrovania zostarnutého spojiva pre optimalizáciu zapracovania R-materiálu do nových asfaltových zmesí vyrábaných vo VAZ,
- Z pohľadu vplyvu asfaltových zmesí s použitím R-materiálu na životné prostredie je tiež vhodné riešiť výskum produkcie tuhých častíc ako nespáľovacích emisií cestnej dopravy pri obrusovaní povrchov ciest. Obrus povrchu vozoviek je jedným z dôležitých zdrojov nespáľovacích emisií tuhých častíc, ktorý závisí od použitého materiálu v asfaltovej zmesi (kamenivo, spojivo),
- Výskum možnosti modifikácie asfaltových spojív inými druhmi recyklovaného materiálu, ako napríklad gumového granulátu pridávaného do zmesi pri jej výrobe. Posúdenie efektívnosti týchto technológií modifikácie asfaltových spojív pri výrobe asfaltových zmesí a možnosti modifikácie spojiva gumovým granulátom pri výrobe asfaltových zmesí v kombinácii s použitím R-materiálu,
- Výskum a dlhodobé overovanie možnosti použitia neasfaltových R-materiálov (najmä recyklovaného betónu) v podkladových vrstvách vozoviek.

Pri zapracovaní odporúčaní na vytvorenie resp. aktualizácie/revízie súvisiacich TPR je možné využiť benefity, ktoré R-materiál ponúka. Využitie R-materiálu v novo vyrábaných asfaltových zmesiach vo VAZ je nevyhnutným predpokladom pre zodpovedné hospodárenie s prírodnými zdrojmi a predstavuje najefektívnejší spôsob jeho využitia.

Príloha 1

Aplikácia realizovaných opráv vozoviek v rámci Portálu Informačného modelu cestnej siete (Portál ISMCS [L54]) sa nachádza na odkaze: <https://ismcs.cdb.sk/portal/vozovky>. V rámci aplikácie sa evidujú zabudované materiály.

Príklad záznamu nových vrstiev vozovky PK s pridaním doplňujúcich informácií o použítom, zabudovanom materiáli sú uvedené na obr. 49, pre čitateľnosť rozdelené na obr. 49a a 49b. Informácie o použítom, zabudovanom materiáli (ST, VoP, certifikát, výsledky - protokoly kontrolných skúšok) sa odporúča uvádzať vo formáte pdf.

NOVÉ VRSTVY VOZOVKY V PORADÍ OD KRYTU SMEROM DOLE				
P. č.	Materiál	Hrúbka [mm]	Normovaný zápis	Poznámka
1	SMA 11 - asfaltový koberec mastixový, s veľkosťou max. zrna zmesi kameniva 11 mm	40		
2	PS - spojovací postrek			
3	AC 16 PMB - asfaltový betón s max. zrnou kameniva 16 mm asfalt EN 14023	60		
4	PS - spojovací postrek			

Obrázok 49 – Nové vrstvy vozovky pre súvislú opravu a údržbu PK [L54]

Doplnený stĺpec

NOVÉ VRSTVY VOZOVKY V PORADÍ OD KRYTU SMEROM DOLE		
P. č.	Materiál	Hrúbka [mm]
1	SMA 11 - asfaltový koberec mastixový, s veľkosťou max. zrna zmesi kameniva 11 mm	40
2	PS - spojovací postrek	
3	AC 16 PMB - asfaltový betón s max. zrnou kameniva 16 mm asfalt EN 14023	60
4	PS - spojovací postrek	

Obrázok 49a – Nové vrstvy vozovky pre súvislú opravu a údržbu PK [L54]

Normovaný zápis		Poznámka
		Informácie o zabudovanom materiáli (ST, VoP, certifikát, výsledky kontrolných skúšok)

Obrázok 49b – Nové vrstvy vozovky pre súvislú opravu a údržbu PK [L54]

Príloha 2

Záznam evidencie konštrukcie vozovky pozemnej komunikácie**Označenie/číslo PK (úseku PK):**

Staničenie v ULS: začiatok úseku :
 koniec úseku :
 dĺžka úseku v m:
 rok výstavby:

Konštrukcia vozovky				
Vrstva	Materiál	Hrúbka vrstvy	Typ použitého spojiva (asfaltové vrstvy)	*Informácie o zabudovanom materiáli (ST, VoP, certifikát, výsledky kontrolných skúšok)
Obrusná vrstva				
Ložná vrstva				
Horná podkladová vrstva				
Spodná podkladová vrstva				
Ochranná vrstva				

* Informácie o zabudovanom materiáli (ST, VoP, certifikát, výsledky - protokoly kontrolných skúšok) sa odporúča uchovávať ako prílohy k Záznamu evidencie konštrukcie vozovky PK

- O každej vykonanej údržbe, oprave, rekonštrukcií je potrebné viesť záznam (v prípade potreby doplniť tabuľku).

Staničenie v ULS: začiatok úseku :
 koniec úseku :
 dĺžka úseku v m:
 rok vykonanie a typ zásahu do konštrukcie vozovky:

Konštrukcia vozovky**				
Vrstva	Materiál	Hrúbka vrstvy	Typ použitého spojiva (asfaltové vrstvy)	*Informácie o zabudovanom materiáli (ST, VoP, certifikát, výsledky kontrolných skúšok)
Obrusná vrstva				
Ložná vrstva				
Horná podkladová vrstva				
Spodná podkladová vrstva				
Ochranná vrstva				

* Informácie o zabudovanom materiáli (ST, VoP, certifikát, výsledky - protokoly kontrolných skúšok) sa odporúča uchovávať ako prílohy k Záznamu evidencie konštrukcie vozovky PK

** Evidovať aktuálne zloženie konštrukčných vrstiev vozovky (v prípade potreby doplniť riadky)