



## EXPERIMENTÁLNÍ POZNATKY S UPLATN ĚNÍM VÍCENÁSOBN Ě RECYKLOVANĚHO R-MATERIÁLU V ASFALTOVĚ SM SI TYPU SMA

Zpracovali: Ing. Tereza Valentová, Ing. Jan Valentin, Ph.D. (Fakulta stavební VUT v Praze)

### Souhrn

V návaznosti na experimentální studie z p edešlých dvou let byl v roce 2017 uplatn ěn vícenásobn ě recyklovatelný asfaltový R-materiál ve sm si typu SMA (mastixový koberec asfaltový). Uplatn ěna byla p ítom kombinace n kolika d íve samostatn ě testovaných koncept ů. V p ípad ě vlastního R-materiálu byl zvolen asfaltový t íd ěný recyklát, který se nejprve recykloval technologií recyklace za studena s uplatn ěním asfaltové emulze nebo kombinovaného pojiva emulze a cementu. Tento materiál se podrobil dlouhodobému simulovanému stárnutí (popsáno v technickém listu 1.12 za rok 2016). Následn ě došlo k jeho p edrcení a p et íd ění. Takto získaný materiál se znovu využil jako R-materiál v množství 20 %-hm. do asfaltové sm si typu SMA 11. Jako druhé posouzení byla zvolena k referen ěním asfaltovým pojiv m dv ě variantní, p í emž v jednom p ípad ě se jednalo o asfaltové pojivo umož űující koncept nízkoteplotní asfaltové sm si (tedy výroba sm si a hutn ění zkušebních t les prob hlo p í snížené pracovní teplot ě) a siln ění asfalt spl űující požadavky SN EN 12591. Uplatn ěn byl u všech variant shodn ě typ vícenásobn ě recyklovatelného R-materiálu. V jednom p ípad ě se potom provedlo porovnání s dalším typem vícenásobn ě recyklovatelného materiálu, který se z hlediska první recyklace lišil použitým typem pojiva (absence hydraulického pojiva ve sm si).

U všech variant byla provedena zkouška stanovení mezerovitosti, stanovení modulu tuhosti pro dv ě zkušební teploty a stanovení odolnosti proti trvalým deformacím. Použitý R-materiál byl vždy ze stejné deponie a sou asn ěi zvolené kamenivo bylo použito z jedné lokality (kamenolom Litice). Výsledky ukazují n které limitující faktory, jež vlastn ě výkonost asfaltové sm si s vícenásobn ě recyklovaným R-materiálu nutn ě budou ovliv űovat.

### Oblast použití

Snížování závislosti na neobnovitelných zdrojích, jakož i snaha o uv dom ělé a efektivn ě využití zdroj ě již jednou použitých, u kterých byla vložena energie

do jejich získání, úpravy a p em ny jsou ve vysp ělé postkapitalistické spole nosti jediný rozumný sm r, jak udržet sv j standard a ochránit prost edí, ve kterém žijeme. Opakovan ě bylo v rámci n kterých technických list ů uvedeno, že dopravní stavby jsou specifické svou plochou, kterou zaujímají, jakož i množstvím neobnovitelných p írodních zdroj ů, které konzumují. Na druhé stran ě jejich životnost vždy bude po technické stránce omezená tak, aby zajistila kvalitní, funk ění a bezpe nou službu – p epravu. Z tohoto d űvodu je pravidelná oprava, rekonstrukce i vým ěna neodvratná sou ást každé dopravní stavby. U vozovek a zejména jejich krytových souvrství je životnost omezena na období 10-20 let. V t chto cyklech je nezbytné pravideln ě provád ět obm ěnu. To znamená, že v relativn ě krátké dob ě se cykly oprav a tím pádem i využívání recyklovaných materiálu opakují. V p ípad ě vrstev typu SMA je tato skute nost do jisté míry p edem daná, na druhé stran ě p edstavuje technicky pom rn ě náro ný krok, protože tento typ sm si pat í k t m nejkvalitn ějším, které se používají primárn ě pro nejzatížen ější vozovky. To znamená zvýšené nároky na vstupn ě materiály a tudíž i na p ípadn ě použitý R-materiál, který se teprve v posledních letech za íná u SMA sm sí využívat – zatím v podob ě zkušebních úsek ů. I tak je to vhodná doba v p edstihu um t argumentovat na otázku, jak bude takový materiál využitelný za deset let nebo jak se bude chovat SMA sm s v p ípad ě, kdy se u ní použije vícenásobn ě recyklovaný R-materiál. Experimentální výzkum a ov ěn ě r zných variant v této oblasti tak reaguje na p ímou pot ebu praxe a na získávání informace ů o možnostech ešení této problematiky.

### Metodika a postup ešení

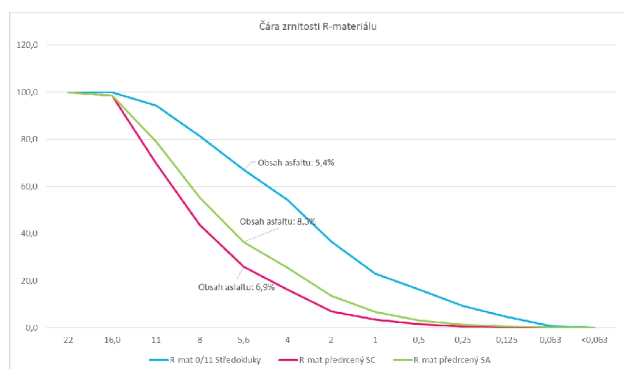
Pro výrobu p vodních variant sm sí recyklace za studena byl použit t íd ěný R-materiál 0/22 z obalovny St edokluky. V souladu s TP 208 byla pro návrh a následnou výrobu sm si použita asfaltová kationaktivní emulze typu C60B7 od spole nosti Eurovia CS. Dále se jako hydraulické pojivo, použil Portlandský cement sm sný s ozna ěním CEM II/B-M (V-LL) 32,5 R vyrobený v souladu s

harmonizovanou normou SN EN 197-1. Jedná se o cement obsahující celkové množství k emi itého popílku (V) a vápence (LL) mezi 21 % a 35 % hmotnosti, s pevností t ídou 32,5 MPa a s rychlým vývojem po áte ních pevností (R). Z hlediska vícenásobné recyklace vlastní cement po hydrataci, k níž dojde vmícháním do sm si recyklace za studena, již nehraje žádnou roli.

Tab. 1 Složení variant sm si recyklace za studena

Sm s	R-materiál 0/22	Použitá pojiva			Voda
		Cement	Asfaltová emulze	Zp n ý asfalt	
A	91,0%	3,0%	3,5%	-	2,5%
B	90,5%	3,0%	-	4,5%	2,0%
C	94,0%	-	3,5%	-	2,5%

Zkušební válcová t lesa sm si recyklace za studena dle tabulky 1 byla podrobena dlouhodobému simulovanou stárnutí p i teplot 85 °C po dobu 5 dní v sušárn s nucenou cirkulací vzduchu. Tím se dociluje p edevším termooxidativní stárnutí. Následn se provedlo p edrcení materiálu elis ovým drti em, a získání recyklovaného materiálu frakce 0/11 mm. U materiálu se spole n se stanovením áry zrnitosti provedla i extrakce a výpo et skute ného obsahu asfaltového pojiva.

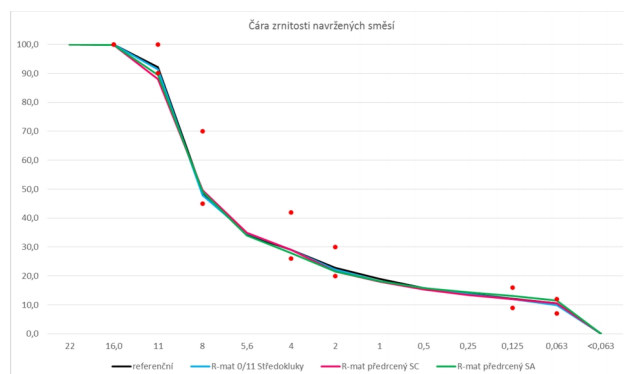


Obr. 1 Čára zrnitosti jednotlivých variant R-materiálu, v etn odlišného obsahu asfaltového pojiva

Tento materiál se dávkoval v množství 20 %-hm. jako substituce kameniva do sm si SMA 11. Vlastní laboratorní výroba této sm si probíhala v zásad ve t ech podobách s teplotou hutn ní 160 °C pro PMB pojiva, 150 °C pro silni ní asfalt 50/70 a 140 °C pro PMB pojivo kombinované s polyetylenovým voskem RH. Ten se využívá jako jedna z možných p ísad pro snižování pracovních teplot výroby asfaltových sm sí. Vlastní vosk je ínského p vodu a dávkuje se v množství 1-3 %-hm. asfaltového pojiva. V p ípad provád ěné studie se použilo dávkování 2 %. Z vyrobené asfaltové sm si se ztuhlila zkušební t lesa, u nichž se stanovila p edevším mezerovitost, tuhost a odolnost proti trvalým deformacím. V n kterých p ípadech byla posuzovaná i odolnost proti ší ení trhlin.

## Výsledky

Jednotlivé varianty asfaltové sm si – tedy s využitím r zných typ asfaltového R-materiálu – byly navrženy z hlediska áry zrnitosti zp sobem, aby se vzájemn co nejvíce podobaly jedna druhé.



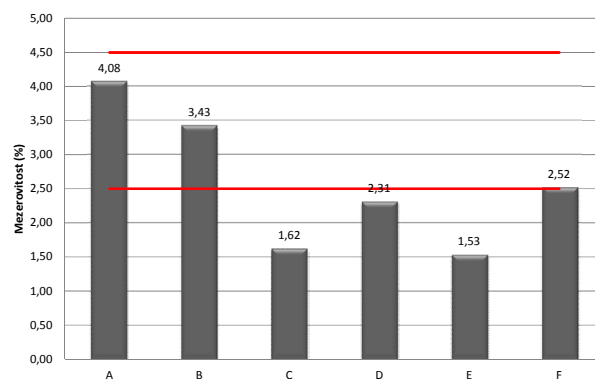
Obr. 2 Čára zrnitosti jednotlivých variant SMA sm si s r zným R-materiálem

Množství asfaltového pojiva v p ípad variant s vícenásobn použitým R-materiálem bylo oproti základní referen ní sm si sniženo o 0,5 %-hm, resp. v p ípad kombinace se silni ním asfaltem dokonce o 1,5 %-hm. V tomto p ípad bylo ke snížení p istoupeno s ohledem k docílení velmi nízké mezerovitosti variant s PMB pojivem. Pro porovnání byla navíc zvolena asfaltová sm s s vysoce modifikovaným asfaltem 40/100-65, kde se též jeho množství ve sm si snížilo.

Tab. 2 Varianty asfaltové sm si SMA 11 s množství pojiva

Sm s	R-materiál	Asfaltové pojivo	Obsah asfaltového pojiva	Teplota hutn ní
			(%)	(°C)
A	St edokluky	PMB 40/100-65	4,5	160
B	St edokluky	PMB 25/55-60	5,0	160
C	SC	PMB 25/55-60	4,5	160
D	SA	PMB 25/55-60	4,5	160
E	SA	PMB 25/55-60 + 2% RH	4,5	140
F	SA	50/70	3,5	150

Z každé varianty asfaltové sm si bylo vždy vyrobeno nejmén 6 zkušebních t les a dále byla ást asfaltové sm si použita pro výrobu zkušebních desek. Základní charakteristiky asfaltových sm sí uvádí další tabulka a obrázek.



Obr. 3 Mezerovitost variant SMA 11 sm si

Tab. 3 Základní volumetrické vlastnosti variant asfaltové sm si SMA 11

Sm s	R-materiál	Asfaltové pojivo	Obsah pojiva (%)	Objemová hmotnost (g.cm <sup>-3</sup> )	Max. obj. hmotnost (g.cm <sup>-3</sup> )	Mezerovitost (%)
A	St edokluky	PMB 40/100-65	4,5	2,484	2,589	4,08
B	St edokluky	PMB 25/55-60	5,0	2,484	2,572	3,43
C	SC	PMB 25/55-60	4,5	2,526	2,568	1,62
D	SA	PMB 25/55-60	4,5	2,493	2,552	2,31
E	SA	PMB 25/55-60 + 2% RH	4,5	2,504	2,543	1,53
F	SA	50/70	3,5	2,515	2,580	2,52

Tabulka 4 uvádí stanovené moduly tuhosti, které byly změřeny v souladu s SN EN 12697-26 metodou opakovaného namáhání v pívním tahu nedestruktivní pi dvou zvolených zkušebních teplotách.

Tab. 4 Stanovené moduly tuhosti pi dvou vybraných teplotách

Sm s	R-materiál	Asfaltové pojivo	Teplota (°C)	Modul tuhosti (MPa)
A	St edokluky	PMB 40/100-65	5	16.465
B	St edokluky	PMB 25/55-60	5	15.679
C	SC	PMB 25/55-60	5	16.175
D	SA	PMB 25/55-60	5	14.924
E	SA	PMB + 2% RH	5	15.466
F	SA	50/70	5	18.067
A	St edokluky	PMB 40/100-65	15	7.947
B	St edokluky	PMB 25/55-60	15	7.135
C	SC	PMB 25/55-60	15	7.816
D	SA	PMB 25/55-60	15	7.622
E	SA	PMB + 2% RH	15	7.781
F	SA	50/70	15	9.286

## Závěr

Z výsledků je patrné, že vícenásobná recyklace asfaltové sm si typu SMA je možná, resp. je využitelný asfaltový R-materiál, který prošel dvěma cykly recyklace. Z výsledků je patrné, že velmi důležitou roli hraje vhodné nastavení množství prvků v idávaného asfaltového pojiva, pi emž u daných variant by teoreticky bylo možné je dále snižovat. Takový přístup však může být dvojnásobně a může velmi rychle vést k ovlivnění vlastností (například odolnost proti vzniku a šíření trhlin). Je proto velmi důležité hledat a dále ověřit možnosti kombinace použitím PMB pojiva a vhodného typu rejuvenátoru. U uvedených variant asfaltové sm si tento přístup nebyl zvolen s ohledem na diskutabilní vzájemných účinků oživovacích přísad (rejuvenátor) a polymer obsažených v asfaltovém pojivu. Druhou možností je použití dosud v minimální míře testovaných PMB RC pojiv. I v takovém případě však je nezbytné vnovat zvýšenou pozornost celkovému množství asfaltu ve sm si, aby nedošlo k přílišnému vyplnění mezer (k snížení mezerovitosti pod přípustnou mez) a k postupnému riziku vzniku trvalých deformací.