



MOŽNOSTI A POZNATKY OPAKOVANÉ RECYKLACE ASFALTOVÉHO MATERIÁLU ZA STUDENA JIŽ JEDNOU TAKTO RECYKLOVANÉHO

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

Souhrn

Problematika recyklace dřívě recyklovaných konstrukcí vozovek dosud byla opomíjeným tématem. V tomto ohledu se dílčí aktivita v roce 2014 zaměřila na směsi recyklace za studena, které byly laboratorně uměle zestárnuté, znovu rozdrčeny a jako recykláž aplikovány do nových směsí recyklace za studena. Souběžně byla zahájena jejich aplikace i do asfaltových směsí realizovaných za horka. Cílem řešení je stanovit podmínky a především limity opětovné recyklace již jednou recyklovaných materiálů asfaltových vozovek a to zejména s ohledem k faktu, že dnes již existuje řada konstrukcí, kde technologie recyklace za studena proběhla před více jak 15 lety a tudíž v určitém okamžiku může vzniknout otázka další obnovy stávající konstrukce vozovky. Jedním z klíčových aspektů v tomto ohledu je limit pro aplikaci asfaltového pojiva, jelikož materiál v minulosti již byl dvakrát asfaltovým pojivem (případně v kombinaci s hydraulickým pojivem) stmelěn a další zvětšování asfaltového filmu může vést k negativním vlivům na chování konstrukční vrstvy. V tomto ohledu byly laboratorně navrženy a vyrobeny reprezentativní varianty směsí recyklace za studena a po předrcení byl tento materiál znovu aplikován do studené směsi. Sledovány byly zejména deformační charakteristiky a odolnost proti účinkům vody (vazba na trvanlivost směsi).

Oblast použití

Poznatky, které budou postupně dále rozvíjeny v dílčím úkolu 1.3.3, mají přímý dopad na budoucí recyklaci vozovek, u kterých byla v minulosti prokazatelně některá z recyklačních technologií aplikována. Tato problematika je klíčová především u asfaltových vozovek, kde bylo opakovaně prokázáno, že asfaltové pojivo v původních materiálech vozovky si zachovává určitou aktivitu (např. evropský projekt CoRePaSol) a tudíž materiál nelze vnímat pouze jako recyklované kamenivo, nýbrž je třeba věnovat pozornost množství tohoto aktivního pojiva a důsledkům, které může mít další zvyšování asfaltu ve směsích, kde je takový recyklát

používán. Poznatky a doporučení, která z probíhajícího výzkumu budou plynout, mají přímé praktické využití, jelikož konstrukční vrstvy dřívě recyklované vozovky se po dosažení konce životnosti dřívě či později budou muset opět recyklovat nebo kompletně vyměnit. V případě stále více upřednostňovaného přístupu opětovného využití stavebních materiálů je potom třeba znát meze, jež budou materiály již jednou recyklované mít a současně je nezbytné umět predikovat chování vícenásobně recyklovaných materiálů a konstrukcí vozovek a to zejména z hlediska trvanlivosti a celkové životnosti. Současně s tím zde vzniká celá řada dalších praktických otázek, které souvisejí s potenciálem rejuvenace dřívě recyklovaného asfaltového materiálu, jakož i s možnými ekonomickými přínosy, kterých lze dosáhnout zejména v případě snižování množství nově přidávaného pojiva do opakovaně recyklovaného materiálu.

Metodika a postup řešení

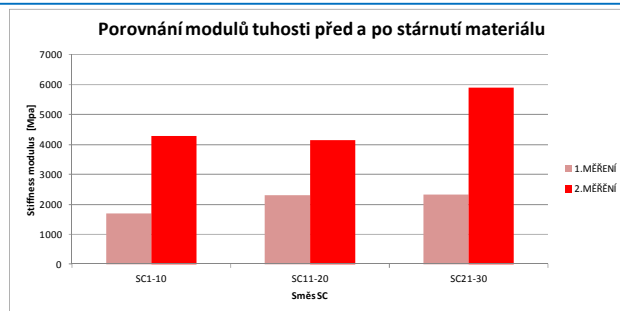
Klíčovou problematikou při predikci a simulaci opakovaně recyklovatelnosti asfaltových materiálů je způsob laboratorního stárnutí asfaltové směsi. Této oblasti je dlouhodobě věnována značná pozornost v řadě mezinárodních projektů (Re-Road, CoRePaSol apod.), přičemž jednotná metodika stále neexistuje. Při řešení zde popisované dílčí aktivity se vycházelo z postupu, který se dnes aplikuje nejčastěji a který byl jako doporučený potvrzen a upřednostňován i v projektu CoRePaSol. V tomto případě se vyrobená zkušební tělesa směsí recyklace za studena tvaru válce po základním zráním umístí na 9 dní do sušicího boxu s teplotou 85°C a tímto způsobem se provede vlastní stárnutí asfaltové směsi. Jelikož dominující roli ve vlastní směsi sehraává již degradované pojivo v asfaltovém R-materiálu, který je ve směsi zpravidla z více jak 80 % obsažen, nelze očekávat další výraznější pokles penetrace. Pojivo přidávané v podobě zpěněného asfaltu či asfaltové emulze má sice významně vyšší penetraci, reziduální množství takového pojiva je ale v porovnání s podílem pojiva v R-materiálu mnohem menší a tudíž degradace nového pojiva nesehraává

klíčovou úlohu – pouze zpomaluje celkový další pokles penetrace (ztvrdnutí pojiva). Tímto způsobem bylo stárnutí provedeno u tří variant směsí recyklace za studena – varianta A (emulze a cement), varianta C (emulze) a varianta D (zpeněný asfalt). U jednotlivých variant bylo vždy aplikováno stárnutí v souladu s doporučením dle projektu CoRePaSol a na zkušebních tělesech byla stanovena objemová hmotnost a modul tuhosti při 15°C. Následně bylo provedeno vlastní laboratorní stárnutí s následným opakovaním měření modulu tuhosti při 15°C a stanovením pevnosti v příčném tahu. Poté byla zkušební tělesa předrcena čelistovým laboratorním drtičem na frakci 0-11. Pro jednotlivé varianty se u předrceného materiálu provedla extrakce recyklátu se stanovením obsahu zbytkového pojiva. Zejména materiál varianty „C“ byl opětovně aplikován pro nové varianty směsí recyklace za studena a to se sníženým množstvím dávkovaného asfaltového pojiva (emulze či pěny). Poznatky a dosažené výsledky jsou průběžně porovnávány se závěry projektu CoRePaSol.

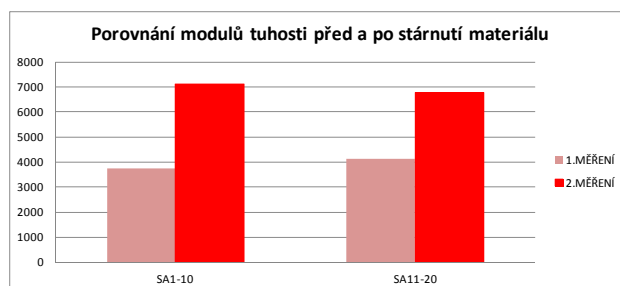
U směsí recyklace za studena s laboratorně zestárlým a předrceným materiálem byla vyrobena zkušební válcová tělesa, která v závislosti na typu použitého pojiva byla podrobena standardnímu nebo zrychlenému zrání s následným stanovením pevnostních charakteristik, odolnosti proti účinkům vody, stanovení tuhosti při 15°C a zkoušce odolnosti směsi proti šíření trhliny na půlválcových zkušebních tělesech.

Výsledky

S ohledem k rozsahu získaných výsledků jsou uvedeny dále jen některé poznatky. Z hlediska základních charakteristik dosáhly směsi mezerovitosti 9-13 %-obj., přičemž zhutněná objemová hmotnost byla vždy stanovena minimálně pro 10 zkušebních těles (v případě směsi C 30 zkušebních těles). Rozdíly, které bylo možné pozorovat pro jednotlivé záměsi opět potvrzují nejistotu způsobenou nestejnorodostí použitého R-materiálu (Středokluky, frakce 0-22). Z hlediska dosažených pevností v příčném tahu po laboratorním stárnutí při teplotě 15°C byly dosaženy hodnoty 0,99 MPa (směs C), 1,20 MPa (směs A) a 1,20 MPa (směs D). V tabulce 1 jsou prezentovány nárůsty modulů pro jednotlivé skupiny zkušebních těles po procesu stárnutí. Rozdíly mezi první, druhou a třetí skupinou dokládají uvedený vliv nestejnorodosti asfaltového R-materiálu. Vlastní vliv stárnutí zpravidla vede k více jak dvojnásobnému zvýšení tuhosti, což je dáno jednak konsolidací směsí recyklace za studena a současně i další degradací pojiva ve směsi, které zvyšuje svoji tuhost. Tabulka 2 prezentuje obdobné výsledky pro směs A.



Obr. 1 Moduly tuhosti nezestárlých a zestárlých zkušebních těles, směs C.



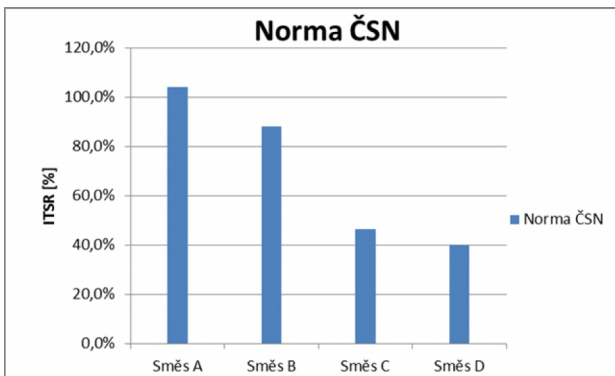
Obr. 2 Moduly tuhosti nezestárlých a zestárlých zkušebních těles, směs A.

Dále jsou prezentovány vybrané výsledky uplatněné znovu předrcené směsi C, která byla jako R-materiál aplikována do tří variant směsí recyklace za studena (REC SA, REC SC, REC SD), kdy v případě směsi REC SA byla dávkována 2 % asfaltové emulze a cement, u směsi REC SC se jednalo pouze o 2 % emulze a u směsi REC SD potom o 1,5 % zpeněného asfaltu. Základní charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 1. V případě aplikace asfaltové emulze dochází oproti původní směsi C k mírnému nárůstu mezerovitosti, oproti tomu směs REC SD lze považovat za neměnnou a s opatrností lze usuzovat, že charakteristické bodové stmelení zrn recyklátu pěnou vede k pravděpodobně lepšímu zaklínění jednotlivých zrn. Zajímavé jsou dále výsledky odolnosti směsi proti účinkům vody, kdy směs s kombinovaným pojivem (emulze a cement – REC SA) vede k lepší odolnosti s výsledkem, který splňuje běžné kritérium pro asfaltové betony.

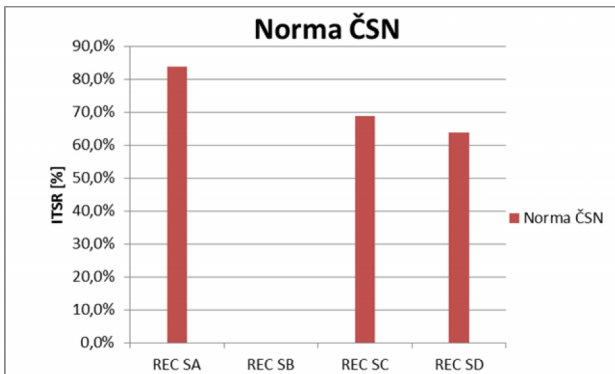
Tab. 1 Vybrané charakteristiky opětovně recyklovaných směsí.

Směs	REC SA	REC SC	REC SD
Objemová hmotnost (g.cm ⁻³)	2,017	2,059	2,078
Mezerovitost (%-obj.)	13,36	14,46	9,63
Modul tuhosti (MPa)	3 150	2 600	3 150
Lomová houževnatost (N/mm ^{3/2})	13,96	16,13	12,92
ITS (MPa)	0,80	0,80	0,83
ITSR (%)	84	68	63

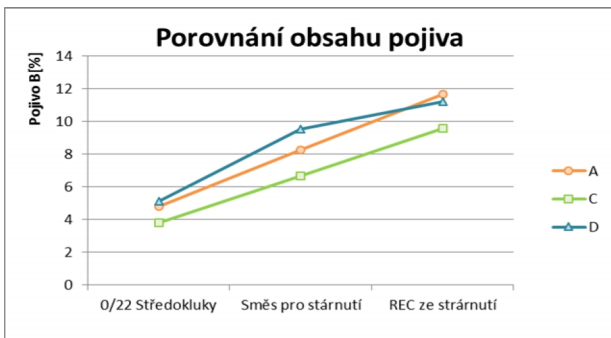
Pokud by se provedlo porovnání uvedených tří směsí s moduly tuhosti původní směsí recyklace za studena „C“, potom při opětovné recyklaci dochází k zvýšení hodnoty tuhosti při 15°C o 30-50 %, což by bylo možné přisoudit aktivitě pojiva v R-materiálu.



Obr. 3 Hodnoty ITSR původní směsi recyklace za studena.



Obr. 4 Hodnoty ITSR směsi recyklace za studena REC SA – REC SD.



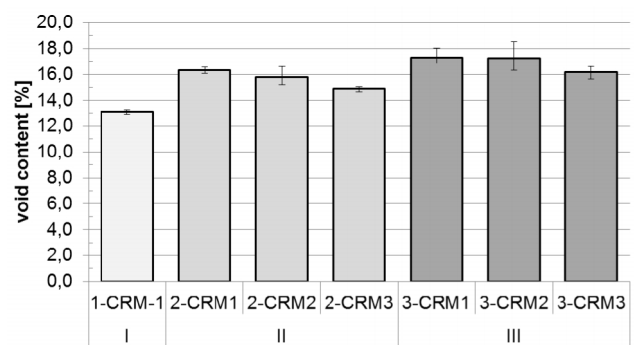
Obr. 5 Obsah zbytkového pojiva pro různé stavy asfaltového R-materiálu.

Samostatně byly prováděny pro jednotlivé skupiny směsí a použitý typ R-materiálu zpětné extrakce kameniva a asfaltového pojiva. V tomto technickém listu jsou prezentovány výsledky pro směsi A, C a D, jakož i směsi REC SA – REC SD, kde byl aplikován předcenený materiál směsi „C“. Z výsledků je jednak dobře patrná nestejnorodost asfaltového R-materiálu, kdy pro každou směs byla provedena extrakce na počátku a to s rozdílným výsledkem v intervalu 4-5 %-hm. pojiva. Tuto skutečnost je třeba vzít v potaz především při porovnání hodnot „směs po stárnutí“, kdy směsi A a C by v případě stejného R-materiálu vedly k stejné hodnotě, což odpovídá skutečnosti, že bylo dávkováno stejné množství asfaltové emulze. U směsi se zpěněným asfaltem je logické, že zbytkové množství s ohledem k dávkovaným podílům je mírně vyšší. V případě

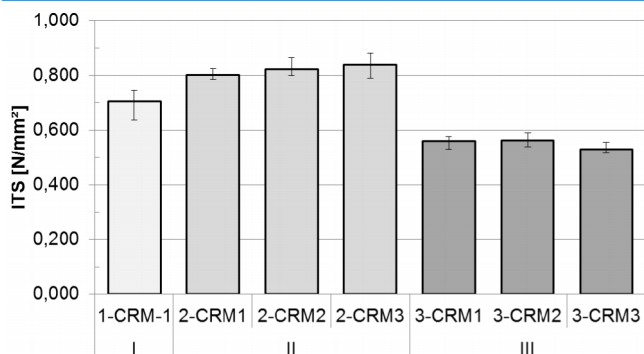
opětovně recyklované směsi, kde se vycházelo z předceneného materiálu směsi „C“, je dobře patrné, že zvolená dávkování asfaltové emulze a zpěněného asfaltu vzájemně poměrně dobře korelují a vedou v zásadě k identickým hodnotám (hodnoty vpravo pro směsi označenou A a D).

Závěr

Problematika opětovné recyklace již jednou recyklovaných směsí přináší řadu zajímavých podnětů, které je třeba z hlediska budoucí praxe řešit a zpřesnit meze pro budoucí využití tohoto kroku. Jednou z otázek je bezesporu vhodnost a přesnost použité metody laboratorního stárnutí. Tato oblast obecně představuje pro asfaltové směsi jednu z klíčových otázek, pokud mají vést laboratorní zkoušky k co nejlepší predikci chování těchto materiálů. Druhým aspektem je potom stanovení mezního množství přidávaného asfaltového pojiva, jelikož průběžné zvyšování obsahu pojiva ve směsi s každým dalším stupněm opakované recyklace vede k nutnému přebytku asfaltu ve směsi, který se dříve nebo později musí projevit zhoršením některých vlastností – zejména z hlediska pevnostních a deformačních charakteristik, kdy začne docházet k zhoršování koheze směsi. Tuto skutečnost výzkumem získané výsledky dosud potvrdily jen částečně, nicméně dobře jsou tato rizika patrná z výsledků projektu CoRePaSol, kde se této problematice v Německu věnovala větší pozornost (viz obrázky 6 a 7). V tomto případě byly provedeny dokonce tři stupně opakované recyklace, které teoreticky simulují vývoj využití asfaltového R-materiálu ve vozovce v průběhu více jak 50 budoucích let. Je patrné, že z hlediska mezerovitosti mezi první opakovanou recyklací a dalšími dvěma stupni dochází k mírnému nárůstu, což může být opět vysvětleno zhoršením vzájemným zaklíněním zrn kameniva v důsledku přebytku pojiva. Zásadnější je ale pokles pevností při rostoucím celkovém podílu zbytkového pojiva.



Obr. 6 Hodnoty mezerovitosti pro opakovaně recyklované směsi.



Obr. 7 Hodnoty pevnosti v příčném tahu pro opakovaně recyklované směsi.

Druhou oblastí, které bude ve zvýšené míře věnována pozornost v průběhu roku 2015, je využití asfaltového R-materiálu ze směsi recyklace za studena v standardní asfaltové směsi prováděné za horka nebo ve variantě tzv. nízkoteplotní směsi. V těchto případech bude nejprve analyzováno využití 20-30 % takového materiálu v kombinaci se standardními pojivy či pojivy s vhodně vybranými přísadami. U těchto směsí je předpokladem mnohem efektivnější využití opakované aktivity asfaltového pojiva v R-materiálu, kdy varianty nízkoteplotních směsí mohou přispívat především k šetrnějšímu zpracování již jednou recyklované asfaltové směsi.

Literatura

- [1] Browne, A.: Foamed bitumen stabilisation in New Zealand – a performance review and comparison with Australian and south African design philosophy. 25th ARRB Conference – Perth, Australia, 2012.
- [2] De la Roche C., et al.: Development of a laboratory bituminous mixtures aging protocol. Procs. Int. Conf. on Advanced Testing and Characterisation of Bituminous Materials, 2009.
- [3] De Visscher, J., Mollenhauer, K., Raaberg, J. and Khan, R.: Mix design and performance of asphalt mixes with RA. Deliverable Report D2.4. Re-Road project, 2012.
- [4] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Merkblatt für Kaltrecycling in situ im Straßenoberbau – M KRC, 2005.
- [5] Grilli, A., Graziani, A. and Bocci, M.: Compactability and thermal sensitivity of cement-bitumen –treated materials. Road Materials and Pavement Design. Vol. 13, No. 4, 2012,
- [6] Mollenhauer, K., et al: Synthesis of national and international documents on existing knowledge regarding the recycling of reclaimed road materials in asphalt. DIRECT-MAT, Deliverable D5. FP7/2007-2013 EC no. 218656, 2011.
- [7] Mollenhauer, K., et al: Best Practice guide for the dismantling of asphalt roads and use of recycled materials in asphalt layers. DIRECT-MAT, Deliverable D19. FP7/2007-2013 EC no. 218656, 2011.
- [8] Simnofske, D., Mollenhauer, K., Engels, M. & Valentin, J.: Activity of RA in cold-recycled mixes. Corepasol-project deliverable report D4.1., 2014
- [9] Solaimanian, M., Harvey, J., Tahmoressi, M. and Tandon, V.: Test Methods to Predict Moisture Sensitivity of Hot-Mix Asphalt Pavements. http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/conf/reports/moisture/03_TOP3.pdf