

Použití výztužných geosyntetik pod obrusnou vrstvu: zkušenosti z pokusného úseku a laboratoře

Výztužování asfaltobetonových vozovek pomocí 2D mezivrstev vkládaných mezi asfaltové vrstvy (výztužné mříže, kompozity, netkané textilie) se hojně používá od 80. let 20. století. Od té doby byl přínos použití výztužných vrstev na snížení šíření trhlin ve vozovce zdokumentován výzkumníky po celém světě. Obecně platí, že vozovka vyztužená geosyntetiky vykazuje 2krát až 14krát vyšší absorpci energie vznikající trhliny nežli nevyztužená vozovka [1]. Pro správnou funkci vyztužení ve vozovce je však důležité dosáhnout kvalitního spojení asfaltových vrstev. Příspěvek se zaměřuje na spojení asfaltových vrstev s použitím vložených sklovláknitých výztuží pod tenkou asfaltovou vrstvou tloušťky 30 mm a 40 mm. Zkušební souvrství byla připravena v laboratoři a porovnána s realizací pokusného úseku. Po dobu 22 měsíců byl sledován vývoj vlivu účinků dopravního zatížení na vozovku a spojení vrstev.

Klíčová slova: asfaltová vozovka, asfaltová směs, asfaltová emulze, sklovláknitá mříž, geokompozit, vyztužení vozovky, spojení asfaltových vrstev, smyková zkouška spojení vrstev podle Leutnera, redukce šíření trhlin

Keywords: Pavement, Asphalt Mixture, Tack Coat, Fiberglass Geogrid, Geocomposite, Reinforced Pavement, Asphalt Layer Bond, The Leutner Shear Test, Crack mitigation

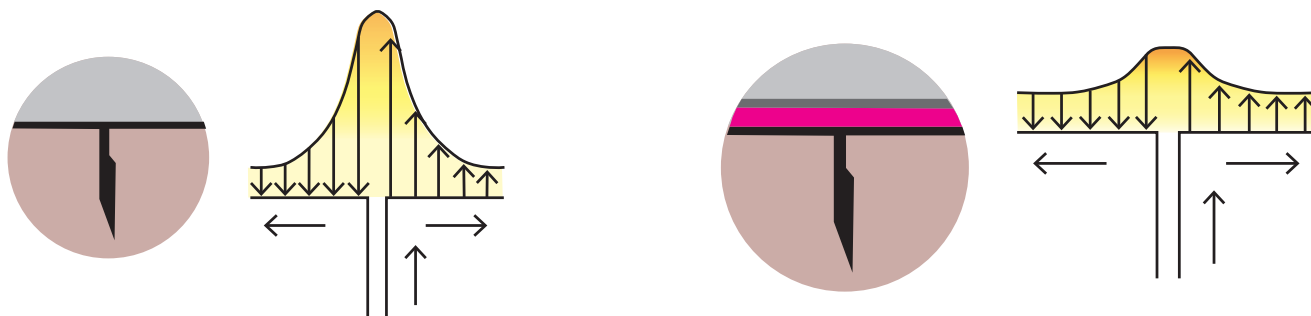
Reinforcement of asphalt-concrete roads using 2D interlayers with reinforcing grids, composites, non-woven fabrics, placed between newly paved layers, has been widely used since the 1980s. Since then, the benefits of using reinforcing layers to mitigate cracks in pavements have been documented by researchers around the world. In general, a roadway with embedded interlayer geosynthetic reinforcement absorbs crack energy approximately 2-14 times higher than an unreinforced structure [1]. However, for the correct function of geosynthetics in roads, it is important to achieve a high-quality connection of asphalt layers, which is tested in the Czech Republic by the Leutner shear test. The paper focuses on the asphalt layers shear bond performance using embedded fiberglass reinforcement under thin asphalt layers of 30 and 40 mm. The laboratory prepared samples were compared with the experimental field section. The effect of heavy traffic load was monitored for a period of 22 months.

Úvod

Schopnost asfaltových vrstev odolávat tahovým namáháním je omezená. V důsledku toho je životnost asfaltobetonových oprav provedených překrytím původních asfaltových vrstev vozovky porušených trhlinami omezena a je často kratší než předpokládaná projektová životnost.

Jedním z kritických poruch netuhých vozovek jsou trhliny. Ty mohou být nejrůznějšího původu a druhu a prostupují napříč asfaltovými vrstvami. Často se vyskytujícím druhem trhlin zejména u krajských a místních komunikací jsou trhliny vznikající poklesem okrajů netuhých vozovek či trhliny na pracovních spárách.

Dalším druhem jsou reflexní trhliny, které vznikají prokopírováním trhlin z podkladních cementem stmelených vrstev do asfaltových vrstev či prokopírováním příčných a podélných spár cementobetonových vozovek do překrývajících asfaltových vrstev. V důsledku prostoupení trhliny na povrch vozovky dochází postupně ke zhoršování jejího stavu, a to zejména vlivem klimatických účinků. Běžná sanace asfaltových vrstev porušených reflexními trhlinami zahrnuje odfrézování stávající obrusné vrstvy a pokládku nové asfaltové vrstvy. Účinky dopravního zatížení způsobují opětovné prokopírování trhlin. Pro prodloužení životnosti a oddálení šíření trhlin do nových asfaltových



Obrázek 1: Vlevo – schéma zobrazení mezivrstvy bez vyztužení, vpravo – schéma zobrazení mezivrstvy s vyztužením (redukce prostupu trhliny vlivem výztuže)

vrstev existuje několik způsobů sanace vozovek těchto poruch popsaných v TP 115 [2]. Jednou z metod je použití výztužné mezivrstvy ze skelných geosyntetických materiálů mezi původním povrchem vozovky porušené trhlinami a novou asfaltovou vrstvou. Když dojde k rozšíření trhliny k výztužné mezivrstvě, výztuž pohltí energii trhliny a omezí její další postup (obrázek 1). Rovněž vyztužení vozovky je schopno zlepšit ohybové vlastnosti asfaltových vrstev tím, že vrstvy umožňují přenést velký ohybový moment při stejné tuhosti.

Na VUT v Brně je řešen výzkumný projekt TA ČR CK01000033 [3], který analyzuje dlouhodobé vlastnosti vozovek s použitím výztužných sklovláknitých mříží, a to zejména na okrajích vozovek, kde dochází ke zvýšenému namáhání asfaltových vrstev a šíření trhlin vzniklých poklesem krajnic. Důležitou podmínkou pro zajištění správné funkce geosyntetik ve vozovce je dosažení kvalitního spojení mezi asfaltovými vrstvami ve vyztuženém souvrství. Součástí výzkumu je mj. stanovení všech faktorů ovlivňující spolupůsobení vrstev a výzkum nových materiálů, které povedou k dosažení co nejkvalitnějšího spojení. Z výsledků výzkumu vyplynulo, že velmi důležitým faktorem ovlivňujícím kvalitu spojení vyztužených asfaltových vrstev je míra zhutnění obrusné vrstvy, která má vliv i na další vlastnosti vozovky, zejména trvanlivost a dobu životnosti obrusných vrstev. Touto problematikou se také zabývala diplomová práce Ing. Dominika Sadila [4] či příspěvek na konferenci Asfaltové vozovky 2021 [5]. Další výsledky výzkumného projektu byly představeny v tomto časopise minulý rok (číslo 1/2022) v příspěvku s názvem: „Vyztužování asfaltových vozovek: spojení vrstev od laboratoře po zkušební úsek“ [6], který byl zaměřen zejména na vliv použití spojovacích postřiků s asfaltovými emulzemi o různém podílu asfaltu na kvalitu spojení vrstev. V příspěvku je zdůrazněn pozitivní vliv použití spojovacího postřiku z asfaltových emulzí o vyšším obsahu asfaltu (min. 60 % či více) na kvalitnější spojení asfaltových vrstev vyztužených sklovláknitými mřížemi a zejména sklovláknitými kompozity.

Tento příspěvek navazuje na předchozí zmíněné příspěvky a představuje další výsledky výzkumu v oblasti spojení vyztužených vrstev a také se zabývá sledováním vlivu účinků dopravního zatížení na spojení vrstev in situ, kde byly výztužné mříže použity pod tenkou asfaltovou vrstvou tl. 30 mm.

Požadavky na výztužné prvky a vyztužená souvrství

V ČR je použití výztužných prvků ve vozovce definováno v TP 147 s názvem „Užití asfaltových membrán a geosyntetik v konstruk-

ci vozovky“ [7], které jsou platné již od roku 2010. V těchto TP jsou stanoveny požadavky a okrajové podmínky pro užití geosyntetik, které v současnosti již neodpovídají aktuální situaci na trhu a vývoji v používaných materiálech. Především chybí aktualizace typů výztužných prvků (kompozitních a samoadhezních) včetně specifikace jejich parametrů, jako je např. pevnost v tahu, ochrana proti poškození při aplikaci a následném hutnění asfaltových vrstev. Výztužné mříže dnes běžně dosahují hodnot tahových sil do porušení 50 kN/m až 200 kN/m, přičemž min. požadavek dle TP je 20 kN/m. Není odlišena rozdílnost při aplikaci různých funkčních typů, jako jsou kompozitní a samoadhezní (samolepicí) výztuž, nebo mříže bez jakéhokoliv nosiče sloužícího k uniformní instalaci. Dosud není definována ani žádná kontrolní zkouška správného provedení na stavbě, ačkoliv v zahraničí se běžně používá např. test adheze k povrchu [8], kterým lze prokázat správné přilepení mříže k podkladu. V případě použití geokompozitu s textilií není stanoveno vhodné množství a druh asfaltové emulze v závislosti na hmotnosti textilie. Správná aplikace geosyntetik, řádné napnutí a přilepení k podkladu přitom hrají klíčovou roli pro zajištění správné funkce ve vozovce. Na stavbách se lze setkat s nekvalitními materiály či nekvalitně provedenou aplikací geosyntetik, což může vést k následným problémům s pokládkou překryvné asfaltové vrstvy a její následnou životností. Z toho důvodu mohou panovat obavy z využití geosyntetik.

Co se týče únavových charakteristik a stanovení dalších užitných vlastností vyztužených asfaltových vrstev, které by určily jejich přínos a účinek, zde také žádné další požadavky kladeny v současné době nejsou. Hlavní zkouškou pro ověření a validaci soudržnosti asfaltových vyztužených vrstev tak nadále zůstává pouze smyková zkouška spojení vrstev (známá jako Leutnerov-

Tabulka 1: Požadavky na spojení asfaltových vrstev, dle [10]

Průměr vývrtnu [mm]	Požadovaná min. smyková síla na spojení vrstev [kN]	
	Mezi obrusnou a ložní vrstvou	Mezi ložní a podkladní vrstvou
150	15,0	12,0
100	6,7	5,3

va zkouška) [9]. Tato zkouška se běžně provádí v krátké době po pokládce nové vrstvy z asfaltového betonu, kdy se zkouší spojení mezi starou a novou vrstvou nebo mezi dvěma novými asfaltovými vrstvami. V normě ČSN 73 6121 [10] jsou stanoveny minimální hodnoty, které musí být splněny (tabulka 1). Tyto požadované hodnoty nejsou nijak specifikovány ani upraveny pro souvrství s použitím výztužných mezivrstev, a proto se používají stejné minimální hodnoty jako v případě nevyztužených vrstev.

Frézovatelnost geosyntetik

Použitím výztužných prvků v konstrukci vozovky vyvstává do značné otázky frézovatelnosti vrstev po skončení jejich životnosti a následného znovupoužití takto vzniklého R-materiálu. Problematika frézovatelnosti byla v ČR ověřena v rámci výzkumného projektu TA ČR [3]. Na pokusném úseku byly mezi asfaltové vrstvy instalovány výztužné mříže a kompozity uvedené v tomto příspěvku, včetně silnějších variant o tahové síle 100 kN/m. Závěrem bylo konstatováno, že výztužné materiály na skelné bázi jsou bezproblémově frézovatelné. Důležité je zdůraznit, že použité výztuže obsahovaly nosné textilie pouze do 35 g/m², a nikoliv varianty s textilií o vysoké hmotnosti (> 120 g/m²) splňu-

jící požadavky normy EN 15381 [11] na funkci bariéry proti vodě. Zpracovatelnost R-materiálu vzniklého odfrézováním asfaltových vrstev vyztužených sklovláknitými mřížemi do asfaltové směsi byla ověřena např. na univerzitě RWTH Aachen [12]. Bylo prokázáno, že vlákna dosahovala u nejtěžších variant skelných mříží (200 kN/m) délky do 14 cm a byla rovnoměrně distribuována ve směsi. Přidáním 20 % až 30 % R-materiálu se skelným vláknem do asfaltové směsi bylo dosaženo zlepšení únavových charakteristik v porovnání se směsí, kde byl použit R-materiál bez skelných vláken.

Zkouška spojení vrstev

Zkouška byla provedena na odebraných jádrových vývrtech průměru 150 mm, v souladu s normou ČSN 12697-48 [9]. Při zkoušce se jádrový vývrt umístí do přípravku v zatěžovacím lisu, kde je zatěžován silou působící kolmo na vývrt v místě rozhraní vrstev, při konstantní rychlosti zatěžování 50 mm/min. Zkouška probíhá při teplotě 20 °C a je ukončena po dosažení maximální smykové síly při porušení vzorku. Pro testování vyztužených souvrství se doporučuje využít vývrtů 150 mm, které zajistí dostatečně velkou plochu obsahující výztužný prvek.

Tabulka 2: Specifikace použitých výztužných prvků

Vlastnosti	Jednotka	TAV 1 SAM (samoadhezní sklovláknitá mříž)	TAV 1 LV (kompozit s lehkým vliesem)	TAV 1 ULV (kompozit s ultralehkým vliesem)	Metoda
Velikost ok mříže	mm	25 x 25	25 x 25	25 x 25	
Plošná hmotnost	g/m ²	≥ 190	≥ 230	≥ 230	ČSN EN ISO 9864
Bod měknutí ochranného povlaku skelného vlákna	°C	> 220	> 220	> 220	EN ISO 3146
Síla v tahu do porušení (MD x VMD) ¹⁾	kN/m	≥ 50 x 50	≥ 50 x 50	≥ 50 x 50	ČSN EN ISO 10319
Síla v tahu při protažení 2 %	kN/m	≥ 36 x 36	≥ 36 x 36	≥ 36 x 36	ČSN EN ISO 10319
Protažení do porušení (MD x VMD) ¹⁾	(%)	≤ 3 x 3	≤ 3 x 3	≤ 3 x 3	ČSN EN ISO 10319
Síla v tahu do porušení do porušení po poškození hutněním (MD x VMD) ¹⁾	kN/m	≥ 40 x 40	≥ 40 x 40	≥ 40 x 40	ČSN EN ISO 10722
Přilnavost k povrchu v tahu bez mechanického přichycení hřeby	N	≥ 150	- ²⁾	- ²⁾	ČSN EN 13596
Plošná hmotnost lehké textilie	g/m ²	- ³⁾	≤ 40	≤ 17	ČSN EN ISO 9864
Zkouška textilie dynamickým protržením	Mm	- ³⁾	≥ 30	neměřitelné	ČSN EN ISO 13433

Pozn: 1) MD – ve směru pokládky, VMD – příčně ke směru pokládky,

2) Nelze změřit – adheze pouze s použitím dodatečné fixace emulzí

3) Nelze změřit

Použité materiály

Skloláknité geomříže a geokompozity

Ve zkušebních souvrstvích byla použita skloláknitá geosyn-
tetika vyrobená spoluřešitelem tohoto výzkumného projektu
SAINT-GOBAIN ADFORS CZ s.r.o. Matrice těchto výrobků je
tvořena z pletené mřížkové struktury vyrobené z vysokopev-
nostního skelného vlákna pokrytého polymerní vrstvou podle
normy EN 15381 [11].

Hlavní funkcí geomříže je zajistit výztužnou funkci ve vozov-
ce, kde je působící energie absorbována jednotlivými filamen-
ty (pramenci) mříže. Použitá geomříž (označení TAV 1 SAM) je
mříží ze skelných vláken s polymerním povlakem pokrývajícím
všechny pramence. Polymerní povlak chrání výrobek před po-
škozením během instalace (přejíždění pokládacího zařízení,
přejezd válce), pokládky a hutnění asfaltových směsí. Mříž má
na spodní straně samolepicí vrstvu citlivou na tlak umožňující
snadnou aplikaci na nově položenou asfaltovou vrstvu nebo
starší asfaltové povrchy. Lepidlo se aktivuje tlakem válce na po-
loženou mříž, čímž se zajistí fixace na rovném povrchu a urychlí
se celkový proces pokládky. Položená samoadhezní mříž je za-
chycena na obrázku 2.

Geokompozity jsou složeny ze skloláknité mříže, která je
spojena s netkanou textilií. Tato textilie slouží jako nosné mé-
dium při instalaci kompozitu, kde po položení do sebe absorbu-
je čerstvě provedený postřík z asfaltové emulze. Po vyštěpení
emulze dojde k fixaci mříže k povrchu vozovky. Geokompozity
lze aplikovat na různé povrchy vozovky, nejčastěji se však po-
užívají na povrchy frézované, kde použití samolepicí mříže není
vhodné. V rámci výzkumného projektu byl vyvinut nový typ kom-
pozitu s ultralehkou vrstvou netkané textilie. Vliv tohoto nového
kompozitu TAV 1 ULV s ultralehkým vliesem ($\leq 17 \text{ g/m}^2$) na spoje-
ní vrstev byl porovnán s běžně dostupným kompozitem s lehkým
vliesem TAV 1 LV ($\leq 34 \text{ g/m}^2$). Ultralehká textilie byla navržena
tak, aby jednoduše nasákla asfaltovou emulzí, zafixovala výztuž
k povrchu (obrázek 3), a po zhutnění asfaltové vrstvy se snadno
rozložila v mezivrstvě. Podrobně jsou vlastnosti použitých mříží
a kompozitů uvedeny v tabulce 2. Tyto výztužné materiály jsou
po umístění mezi asfaltové vrstvy bezproblémově frézovatelné.



Obrázek 2: Samoadhezní mříž TAV 1 SAM
po celoplošné instalaci na vyrovnávací vrstvu
před použitím spojovacího postříku

Asfaltové emulze

Pro spojovací postříky byly použity kationaktivní modifikované
asfaltové emulze, a to: C60BP4 s 60% obsahem asfaltu (souvrst-
ví připravená v laboratoři) a C69BP4 s 69% podílem asfaltu (na
zkušebním úseku). Pro výrobu obou asfaltových emulzí byl pou-
žit silniční asfalt gradace 70/100.

Asfaltové směsi

Pro účely výroby zkušebních těles v laboratoři byly použity 2 ty-
py asfaltových směsí (čáry zrnitosti obou směsí splňují požá-
dávky dle normy ČSN 73 6121 [10]):

- ▶ Asfaltový beton pro obrusné vrstvy vozovek ACO 8. Volumet-
rické hodnoty směsi jsou: mezerovitost hutněné směsi 3,9 %,
objemová hmotnost $2\,434 \text{ kg/m}^3$ a maximální objemová hmot-
nost $2\,532 \text{ kg/m}^3$.
- ▶ Asfaltový beton pro obrusné vrstvy vozovek ACO 11. Volu-
metrické hodnoty směsi jsou: mezerovitost hutněné směsi
3,0 %, objemová hmotnost $2\,401 \text{ kg/m}^3$, maximální objemová
hmotnost $2\,476 \text{ kg/m}^3$.

Zkušební souvrství vyrobená v laboratorních podmínkách

Příprava zkušebních těles

Cílem prováděných zkoušek smykové pevnosti spojení vrstev
na laboratorně zhutněných asfaltových souvrstvích s výztužnou
mezivrstvou, resp. souvrstvích referenčních, bylo sledovat vliv:

- ▶ použití frézovaného a nefrézovaného povrchu (vyrovnávky);
- ▶ použití kompozitů s lehkou a ultralehkou netkanou textilií;
- ▶ použití tenké obrusné vrstvy odlišné zrnitosti tl. 30 mm.

Pomocí segmentového zhutňovače byly v laboratoři vyrobe-
ny zkušební desky o rozměrech 300 mm x 500 mm, podle nor-
my EN 12697-33 [13]. Tyto desky sestávaly ze dvou asfaltových
vrstev ze směsí asfaltového betonu pro obrusné vrstvy, mezi
kterými byla vložena výztužná mezivrstva (výztužná mříž nebo
kompozit a spojovací postřík), či byla vytvořena referenční sou-
vrství bez výztužné mezivrstvy. Ložní vrstvu tvořila směs asfal-
tového betonu pro obrusné vrstvy ACO 11 tl. 40 mm a obrusnou



Obrázek 3: Výztužný kompozit TAV 1 ULV
po instalaci do nevyštěpeného spojovacího postříku
(dávkování $0,3 \text{ kg/m}^2$)

vrstvu směs asfaltového betonu ACO 8 tl. 30 mm nebo ACO 11 tl. 40 mm. Pro simulaci reálného povrchu vozovky při provádění oprav s frézováním byl na ložních vrstvách vybráných desek za pomoci malé silniční frézy vytvořen frézovaný povrch. Míra zhutnění připravených zkušebních desek se pohybovala v požadovaném rozmezí (100 ± 1) %.

Pro spojovací postřík byla použita modifikovaná kationaktivní asfaltová emulze C60BP4, která byla aplikována molitanovým válečkem. Spojovací postřík byl dávkován v množstvích zbytkového asfaltu:

- ▶ 0,30 kg/m² v referenčním souvrství bez výztuže;
- ▶ 0,60 kg/m² v souvrství s kompozity s lehkou textilií TAV 1 LV (kompozit byl rozprostřen do čerstvě naneseného spojovacího postříku);
- ▶ 0,30 kg/m² nebo 0,60 kg/m² v souvrství s kompozity s ultra-lehkou textilií TAV 1 ULV (kompozit byl taktéž rozprostřen do čerstvě aplikovaného spojovacího postříku).

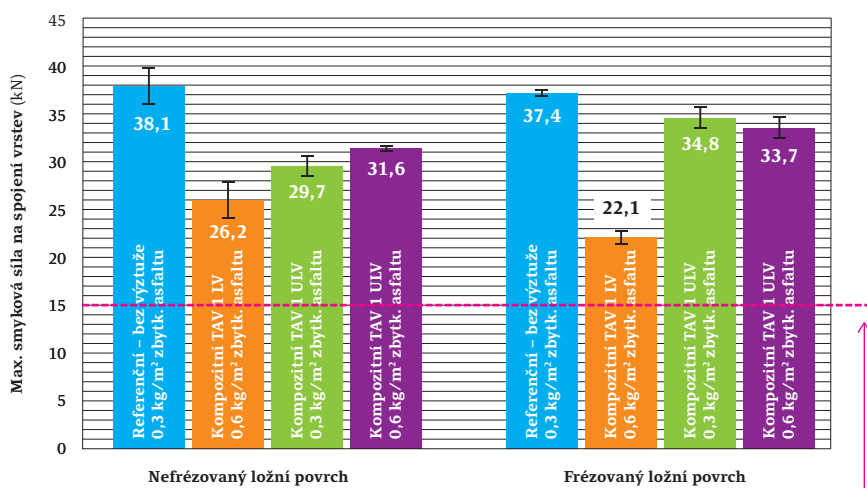
Druhá asfaltová vrstva byla položena a zhutněna po nanesení a vyštěpení emulze. Ze zkušebních desek byly následně odvrtány jádrové vývrty průměru 150 mm, a to vždy 3 z každé desky.

Výsledky

Dílicí zkušební sady zahrnovaly 6 jádrových vývrťů průměru 150 mm, na kterých byla provedena zkouška spojení vrstev. Průměrné hodnoty smykových sil jednotlivých zkušebních sérií jsou uvedeny v grafech na obrázcích 4 a 5.

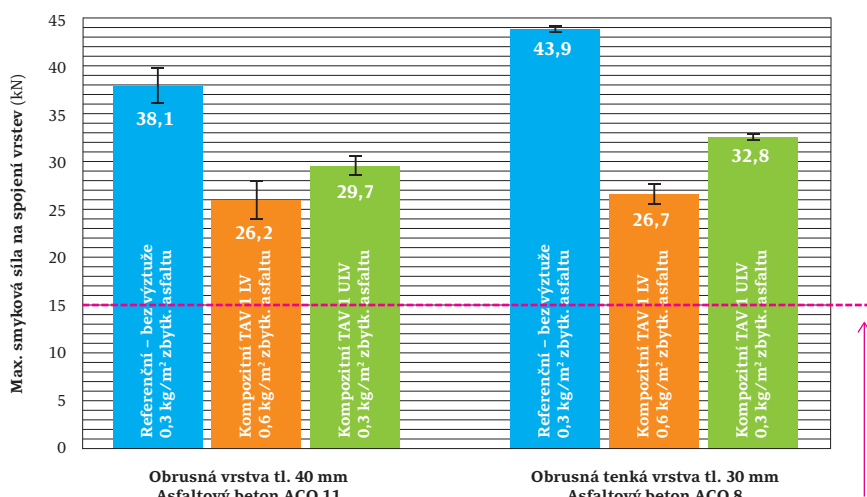
Uvedené výsledky lze shrnout:

- ▶ Nejvyšších hodnot smykových sil na spojení vrstev dosáhla referenční souvrství bez použití výztužných mezivrstev. Typ odlišného povrchu ložní vrstvy (frézovaný / nefrézovaný) se na výsledcích nijak neprojevil.
- ▶ Použití kompozitu s velmi lehkou netkanou textilií TAV 1 ULV (17 g/m²) mělo pozitivní dopad na kvalitu spojení vrstev oproti kompozitu s lehkou textilií TAV 1 LV (34 g/m²), při stejném dávkování spojovacího postříku v množství 0,6 kg/m² zbytkového asfaltu. Nárůst smykové síly při použití kompozitu s velmi lehkou textilií na nový asfaltový povrch činil 21 %, při aplikaci na frézovaný povrch smyková síla dokonce vzrostla o 52 %.
- ▶ Dávkování nižšího množství spojovacího postříku (0,3 kg/m² oproti 0,6 kg/m²), do kterého byl aplikován kompozit s velmi lehkou textilií, nevedlo ke zhoršení kvality spojení vrstev. Na-



Min. požadovaná hodnota 15 kN na spojení vrstev mezi obrusnou a ložní vrstvou, dle ČSN 73 6121 [10]

Obrázek 4: Vliv frézovaného a nefrézovaného povrchu a použití různých geokompozitů na kvalitu spojení vrstev



Min. požadovaná hodnota 15 kN na spojení vrstev mezi obrusnou a ložní vrstvou, dle ČSN 73 6121 [10]

Obrázek 5: Vliv odlišné zrnitosti a tloušťky obrusné vrstvy na kvalitu spojení vrstev s použitím geokompozitů

opak na frézovaném povrchu došlo k mírnému zvýšení průměrné hodnoty smykové síly.

- ▶ Zatímco použití kompozitu s lehkou textilií TAV 1 LV na frézovaný povrch vedlo k mírnému snížení hodnot smykových sil na spojení vrstev (-16 %) oproti novému asfaltovému povrchu, použití kompozitu s odlehčenou textilií TAV 1 ULV se projevilo pozitivně na kvalitu spojení vrstev (nárůst 7 %, resp. 17 %).
- ▶ Použití tenké obrusné vrstvy tl. 30 mm nevedlo ke zhoršení spojení vrstev. Naopak vlivem použití asfaltové směsi ACO 8 došlo k nárůstu smykových sil na spojení vrstev, a to zejména při použití kompozitu TAV 1 ULV s velmi lehkou textilií (nárůst o 10 %) a v referenčních souvrstvích bez výztužné mříže (nárůst o 15 %).
- ▶ Všechna posuzovaná souvrství dosáhla a výrazně převýšila min. hodnotu spojení vrstev 15 kN, a to i přesto, že výztužné prvky byly použity pod tenkou asfaltovou vrstvou.

Zkušební úsek

Realizace a monitoring

V roce 2021 byl v areálu obalovny VIALIT Soběslav navržen a realizován zkušební úsek s cílem ověřit pokládku a funkčnost výztužné mříže či geokompozitu pod tenkou asfaltovou vrstvou. Zkušební úsek byl zvolen v místě příjezdové komunikace k obalovně, v prostoru poblíž váhy pro nákladní automobily. Na zkušebním úseku tak bylo možné v průběhu času sledovat intenzitu přejezdů těžkých nákladních vozidel.

Zkušební úsek byl rozdělen na dvě 10 m dlouhé a 3,5 m široké sekce. Na stávající vrstvu z penetračního makadamu byla nejprve položena ložní (vyrovnávací) vrstva ze směsi asfaltového betonu ACO 11, v tl. 40 mm. V 1. sekci byla použita výztužná sa-

Sekce 1

Samoadhezní geomříž TAV 1 SAM

Spojovací postřik C69BP4 69 % asf. 0,4 kg/m²

Obrusná vrstva ACO 8, tl. 30 mm

Ložní vrstva ACO 11, tl. 40 mm

Sekce 2

Geokompozit TAV 1 LV

Spojovací postřik C69BP4 69 % asf. 0,8 kg/m²

Obrusná vrstva ACO 8, tl. 30 mm

Ložní vrstva ACO 11, tl. 40 mm

Obrázek 6: Schematický řez sekcemi zkušebního úseku

molepicí mříž TAV 1 SAM, na kterou byl aplikován spojovací postřik v množství 0,4 kg/m² zbytkového asfaltu. V sekci 2 byl použit výztužný kompozit s lehkou textilií TAV 1 LV, který byl aplikován do spojovacího postřiku v množství 0,8 kg/m² zbytkového asfaltu. Následně byla položena obrusná vrstva z asfaltové směsi ACO 8, v tloušťce 30 mm. Schematicky jsou příčné řezy obou sekcí zkušebního úseku zobrazeny na obrázku 6. Vrstvy byly zhutněny pomocí silničního válce s vibrací HAMM 14. Míra zhutnění obrusné vrstvy se v sekci 1 pohybovala od 98,0 % do 100,9 %, v sekci 2 od 96,4 % do 100,7 %. Fotografie z realizace zkušebního úseku je zachycena na obrázku 7.



Obrázek 7: Vlevo – hutnění obrusné vrstvy zkušebního úseku v Soběslavi, vpravo – detail na umístění vývrtů (v těsné blízkosti dříve odebraných)

V období po realizaci zkušební úseku byl sledován stav povrchu úseku a dosud nebyly pozorovány žádné změny, které by svědčily o vývoji poruch. Po dobu 22 měsíců od realizace bylo monitorováno dopravní zatížení evidováním a vážením těžkých nákladních vozidel přijíždějících do prostoru obalovny či odjíždějících z obalovny. Na základě průměrného denního počtu těžkých nákladních vozidel, které projely po zkušebním úseku, lze úsek klasifikovat do V. třídy dopravního zatížení, tj. více než 15 TNV/24 hodin, dle TP 170 [14]. Dopravní zatížení tak odpovídá přibližně zatížení krajských silnic III. třídy.

Výsledky

V době 1 měsíc, 13 měsíců a 22 měsíců po realizaci zkušební úseku byly z obou sekcí odebrány jádrové vývrty průměru 150 mm (vždy 3 z každé sekce), a to přibližně ve stopách nákladních vozidel. Za účelem porovnatelnosti výsledků byly vývrty odebrány téměř ze stejných míst, jako dříve odebrané (obrázek 7). Na jádrových vývrtech byla provedena zkouška spojení vrstev a průměrné hodnoty jsou uvedeny v grafu na obrázku 8.

Z uvedených výsledků vyplývá, že hodnoty smykových sil na všech odebraných jádrových vývrtech splnily požadovanou minimální hodnotu na spojení mezi obrusnou a ložní vrstvou 15 kN.

V sekci 1 s použitím samolepicí výztužné mříže TAV 1 SAM pod tenkou vrstvou 30 mm nejenže nedošlo ke zhoršení spojení vrstev, ale došlo k výraznějšímu zvýšení hodnot smykových sil. Tento nárůst průměrné hodnoty smykové síly na spojení vrstev činí 25 % za dobu 12 měsíců, resp. 37 % za 21 měsíců. A to i přesto, že tato část zkušební úseku byla lokalizována v místech, kde kamiony mění směr jízdy, a tudíž zde účinky valivých sil od pneumatik působí na vozovku výrazně více než při jízdě v přímém směru. Z těchto výsledků je tak patrné, že ačkoliv se běžně zkouška spojení vrstev provádí téměř vždy velmi brzy po pokládce asfaltových vrstev, hodnoty spojení vrstev se účinky dopravního zatížení, a pravděpodobně i v důsledku vyšších letních teplot, v čase postupně zvyšují.

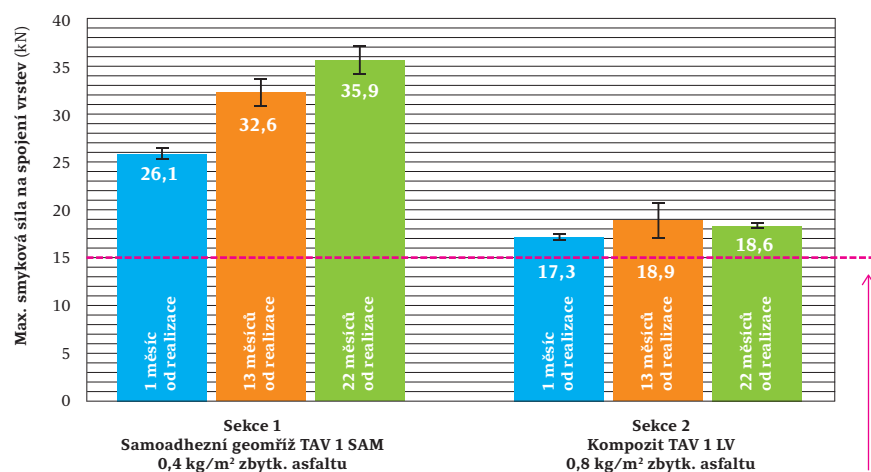
V 2. sekci, kde byl použit geokompozit TAV 1 LV, nedošlo ke zvýšení kvality spojení vrstev, hodnoty smykových sil vychází ve sledovaných období podobně. Nutno však zdůraznit, že i zde byl umístěn výztužný prvek přímo pod tenkou obrusnou vrstvou.

Z obrázku 8 je rovněž patrné, že při porovnání dvou technologií vyztužování – samoadhezní geomříž a kompozitní mříž s lehkou textilií, je dosaženo vyšších hodnot spojení vrstev v sekci 1 se samoadhezní geomříží. Tento jev může být způsobem vyšším množstvím spojovacího postřiku v sekci 2. Obecně platí, že při navyšování množství zbytkového asfaltu v mezivrstvě může docházet k redukci spojení vrstev. V případě použití geokompozitů byla tato skutečnost zkoumána například v příspěvku [15]. Z tohoto důvodu byl vyvinut nový kompozitní materiál s odlehčenou vrstvou textilie (TAV 1 ULV), který je dimenzován na nižší potřebné dávkování spojovacího postřiku. Tento nový kompozit byl zkoušen na spojení vrstev v laboratorních podmínkách a výsledky v předchozích uvedených grafech (obrázek 4 a obrázek 5) dokumentují pozitivní přínos použití materiálu s odlehčenou textilií.

Závěr

Příspěvek shrnuje výsledky výzkumu zabývajícího se spojením vrstev asfaltových souvrství s použitím dvou hlavních typů výztuží ze skelných vláken s tahovou silou do porušení 50 kN/m, a to samoadhezní výztužné mříže a kompozitu s lehkou či ultralehkou netkanou textilií. Dále se zabývá použitím výztužných prvků pod tenkou obrusnou vrstvou a vlivem frézovaného povrchu ložní vrstvy na kvalitu spojení vrstev. Bylo ověřeno spojení vrstev jak na jádrových vývrtech ze souvrství ztuhnutých v laboratoři, tak na vývrtech odebraných ze zkušební úseku, kde byl sledován vývoj spojení vrstev v čase. Na základě získaných poznatků lze učinit následující závěry:

- ▶ Ve všech posuzovaných zkušebních souvrstvích byl splněn a výrazně převyšován požadavek na minimální hodnotu smykové síly na spojení vrstev mezi obrusnou a ložní vrstvou.
- ▶ Souvrství s kompozitem s ultralehkou textilií (17 g/m²) dosáhlo oproti souvrství s kompozitem s lehkou textilií (34 g/m²) zvýšení průměrné hodnoty smykové síly na spojení vrstev o 21 %, při aplikaci na frézovaný povrch činil nárůst průměrné hodnoty smykové síly dokonce 52 %, a to při shodném dávkování spojovacího postřiku (0,6 kg/m² zbytkového asfaltu).
- ▶ Výsledky z laboratoře i zkušební úseku prokázaly, že použitím výztužných prvků pod tenkou obrusnou vrstvou tl. 30 mm



Min. požadovaná hodnota 15 kN na spojení vrstev mezi obrusnou a ložní vrstvou, dle ČSN 73 6121 [10]

Obrázek 8: Výsledky spojení vrstev ze zkušební úseku po 1 měsíci, 13 měsících a 22 měsících účinků dopravního zatížení

bylo spolehlivě dosaženo požadovaného spojení mezi obrusnou a ložní vrstvou.

- ▶ Sledováním zkušebního úseku lze dokumentovat, že účinkem dlouhodobého vlivu dopravního zatížení na vozovku může docházet ke zlepšení spojení vrstev. V sekci s použitím výztužné samoadhezní mříže došlo během 12 měsíců k nárůstu průměrné smykové síly o přibližně 25 %, za dobu 21 měsíců se jednalo až o 37 % nárůstu spojení. Provádění zkoušky spojení vrstev ihned po pokládce obrusné vrstvy tak nemusí vždy nutně vést k nalezení odpovědi reálné hodnoty smykových sil.
- ▶ Při porovnání použití samoadhezní mříže a kompozitu s lehkou textilií ze zkušebního úseku lze konstatovat, že kompozitní řešení vykazovalo 1 měsíc po pokládce v průměru o 34 % nižší hodnoty smykové síly. S tím, jak v průběhu času docházelo k nárůstu smykových sil na spojení vrstev v sekci s použitím výztužné mříže, se tento rozdíl zvýšil.

Z výše uvedených závěrů příspěvku vyplývají hlavní doporučení pro aplikaci výztužných geosyntetik:

- ▶ Samoadhezní mříže je vhodné instalovat na hladký asfaltový povrch (vyrovnávací vrstvu z asfaltového betonu) a tyto materiály dosahují v souvrstvích vyšších hodnot spojení vrstev v porovnání s kompozitními materiály.
- ▶ Kompozity lze využít pro aplikaci na frézovaný povrch asfaltové vozovky, kde dochází prostřednictvím textilie k zakotvení do vyfrézovaných drážek. Je výhodnější použít kompozity s velmi lehkou vrstvou textilie, které nevyžadují zvýšené dávkování spojovacího postřiku a zaručují potřebné spojení asfaltových vrstev.
- ▶ Zvýšené množství dávkování asfaltové emulze při instalaci není vždy zárukou vyšších hodnot smykových sil na spojení vrstev, naopak může vést k finálnímu snížení.
- ▶ Pro očekávané užité vlastnosti výztužných mříží, či kompozitů ve vozovce je vždy klíčová jejich správná instalace.
- ▶ V rámci výzkumu bylo ověřeno, že požadované spojení mezi asfaltovými vrstvami lze dosáhnout i při použití geomříží pod tenkou obrusnou asfaltovou vrstvou, a tím lze docílit benefitu k redukci prostupu trhlin. Vždy je však nutné dodržet doporučení výrobce geosyntetik.

Poděkování

Příspěvek vznikl s finanční podporou Technologické agentury České republiky (program DOPRAVA 2020+) v rámci projektu CK01000033 „Prodloužení životnosti vozovek krajských a místních komunikací pomocí inovativních asfaltových vrstev s využitím vysokopevnostních kompozitních materiálů“ [3].

**Ing. Pavel Šperka, prof. Ing. Jan Kudrna, CSc.,
Ing. Karel Spies, Vysoké učení technické v Brně,
Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací
Ing. Štěpán Bohuš, Ph.D.,
SAINT-GOBAIN ADFORS CZ s.r.o.
Ing. Jakub Valenta, VIALIT SOBĚSLAV spol. s.r.o.**

Literatura

- [1] Sudarsanan N., Karpurapu R., Amirthalingam V. *Investigations on fracture characteristics of geosynthetic reinforced asphalt concrete beams*

using single edge notch beam tests. Geotextiles and Geomembranes 2019, Vol. 47 (5), pp. 642–652, ISSN 0266-1144.

- [2] TP 115 *Opravy trhlin na vozovkách s asfaltovým krytem. Praha: ministerstvo dopravy České republiky, 2009.*
- [3] TA ČR CK01000033 *Prodloužení životnosti vozovek krajských a místních komunikací pomocí inovativních asfaltových vrstev s využitím vysokopevnostních kompozitních materiálů, příjemce VUT v Brně, další řešitelé SAINT-GOBAIN ADFORS s.r.o., VIALIT SOBĚSLAV spol. s.r.o. (doba řešení 2020–2023).*
- [4] Sadil D. *Asfaltová souvrství s využitím skloláknitých kompozitních materiálů. Brno, 2020. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací.*
- [5] Šperka P., Sadil D., Kudrna J., Holomek J., Valenta J., Stoklásek S. *Faktory ovlivňující kvalitu vyztužených asfaltových vrstev. In Sborník Asfaltové vozovky 2021. České Budějovice: PRAGOPROJEKT, a.s, 2021. ISBN 978-80-906809.*
- [6] Šperka P.; Kudrna J.; Bohuš Š.; Valenta J. *Vyztužování asfaltových vozovek: spojení vrstev od laboratoře po zkušební úsek. Silnice mosty, 2022, č. 1/2022, s. 28–34. ISSN: 1804-8684.*
- [7] TP 147 *Užití asfaltových membrán a geosyntetik v konstrukci vozovky. Praha: ministerstvo dopravy České republiky, 2010.*
- [8] TP 064. *Použitie geosyntetických a im podobných materiálů v vrstvách asfaltových vozovek. ministerstvo dopravy, výstavby a regionálního rozvoja SR, Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií, 2016.*
- [9] ČSN EN 12697-48 *Asfaltové směsi – Zkušební metody – Část 48: Spojení vrstev, 2023. 736160. Praha: Český normalizační institut. 8596135162499.*
- [10] ČSN 73 6121 *Stavba vozovek – Hutněné asfaltové vrstvy – Provádění a kontrola shody, 2023. 736121. Praha: Český normalizační institut. 8596135166411.*
- [11] EN 15381:2008 *Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in pavements and asphalt overlays. Brussels: European committee for standardization, 2008.*
- [12] Report Nr. 1204791 „Investigation on millability and recycling of glass fibre reinforced asphalt layers“, RWTH Aachen, November 2012.
- [13] ČSN EN 12697-33 *Asfaltové směsi – Zkušební metody – Část 33: Příprava zkušebních těles zhutňovačem desek, 2020. 736160. Praha: Český normalizační institut. 8596135095049.*
- [14] TP 170 *Navrhování vozovek pozemních komunikací. Praha: ministerstvo dopravy České republiky, 2004.*
- [15] Sachr J.; Stoklásek S.; Dašek O.; Kudrna J.; Bohuš Š. *Vliv použití výztužných skloláknitých mříží v asfaltové vozovce na spojení vrstev. In Sborník ASFALTOVÉ VOZOVKY 2019. České Budějovice: PRAGOPROJEKT, a.s., 2019. ISBN: 978-80-906809-3-7.*