



## Geosyntetika z produkce Kordgroup

### geosyntetika v silničním stavitelství

Skupina Kordgroup má dlouhodobé zkušenosti s výrobou prvotřídních technických textilií. Nabízí také široký výrobní program geompozitů, tkaných geotextilií a geomříží pro použití ve stavebnictví, kde tyto produkty řeší úkoly při vyztužování zemin a vozovek, dále separaci, filtraci, ochranu konstrukcí a opatření proti erozi přirozených i umělých svahů. V tomto příspěvku se budu podrobněji zabývat vyztužováním asfaltových směsí geosyntetiky (**Armatex<sup>®</sup>**, **Armatex<sup>®</sup> RS**) a užitím tkaných textilií pro separaci a filtraci.

#### ARMOVÁNÍ ASFALTOVÝCH SMĚSÍ GEOKOMPOZITY

Pro vyztužování vozovek se používají dva typy výrobků samostatná výtuzná mříž **Armatex<sup>®</sup>** a geompozit **Armatex<sup>®</sup> RS**, kde je ke geomříži, tvořen vysokopevnostním polyesterovým vláknem, přidružena netkaná textilie, jejíž funkcí je zjednodušení procesu pokládání. **Armatex<sup>®</sup> RS** je určen zvláště pro netuhé vozovky, ale díky své adaptabilitě s převahou vytlačuje skelné vlákno, užitě u geomříží, i z oblasti rekonstrukcí vozovek s cementobetonovým podkladem či panelovým krytem. Základním požadavkem, jenž musí být vždy důkladně prověřen, je stabilita podloží; bylo by zbytečné armovat systém, v němž se vyskytují diferencální pohyby vyvolané ustalujícími procesy a pohybem vrstev ovlivňujícími geomechanické vlastnosti vlastního podloží. Za tímto účelem je nutné provést všechny kroky vedoucí k vyřešení tohoto problému a teprve poté se zabývat vyztužením vrstev vozovky. Vyztužit vrstvy bitumenové směsi znamená zajistit spolupráci mezi jednotlivými komponenty vozovky a rozdělit dynamicko-impulsní namáhání od transičního zatížení takovým způsobem, aby byla intenzita nárazového zatížení snížena a tím omezena degradace užitných vlastností vozovky. Funkce výtuzhy je aktivována prostřednictvím přerozdělení běžného napětí vznikajícího zatížením povrchu v oblasti, jež je zatížena více než nevyztužené prostředí. Rozložení je umožněno pomocí vzájemné interakce (blokování) a přilnavosti mezi výtuzhou a bitumenovou směsí. Testy provedené na vzorcích bitumenové směsi armované geovýtuzhou a podrobených cyklickému zatěžování ukázaly, jak výtuzha pracuje a co od ní můžeme očekávat. V případě vzorku bez výtuzhy vzniklo několik prasklin vedoucích k celkovému prudkému zhoršení vlastností vzorku, v případě armování, při stejném počtu aplikovaných cyklů, se projeví mikropraskliny, díky nimž vzorek absolvovat další zátěžové cykly a rovnocenným způsobem tak byla zvýšena užitková životnost armované vrstvy.

Pro ilustraci zmíněného jevu uvádím výsledky zkoušek zpracované ve spolupráci s ČVUT Praha, Katedrou silničních staveb. Předmětem zkoušek byla aplikace **Armatex<sup>®</sup> RS 40/40** a 100/100 (nejčastější aplikace jsou s pevnostmi do 50kN/m, což po zahrnutí redukčních vlivů představuje přenášenou smykovou sílu okolo 20-25 kN, větší síly by se na uvažované niveletě souvrství rozhodně neměly vyskytovat). Složení zkušební směsi ABS: pojivo 50/70 (6,2%), 8/11 Zbraslav (23,5%), 4/8 Zbraslav (20,6%), 0/4 Zbraslav (37,5%), 0/4 Chrčín (9,4%), vápenec Čertovy schody (2,8%). Pevnost v příčném tahu ITSR byla prováděna dle připravované ČSN EN 12697-23. Na 4 vzorcích směsi ABS bez mřížoviny byly Marshallovou zkouškou zjištěny průměrné hodnoty: přetvoření 31.10<sup>-1</sup> mm (požadavek normy 20-40), stabilita 9,2 kN (požadavek 9,0).

Tab. č. 1.: Pevnost v příčném tahu - ITSR

TYP VYZTUŽENÍ	ITSR [kPa]	%
Bez vyztužení	2890	100,0 %
ARM - RS 100/100	2680	92,7 %
ARM - RS 40/40	2840	98,3 %

TYP VYZTUŽENÍ	deformace [mm]	%
Bez vyztužení	2,96	100,0 %
ARM - RS 100/100	3,57	120,6 %
ARM - RS 40/40	3,68	124,3 %

Výsledky ukazují mírný pokles pevnosti u vzorku 100/100; tento cca 8% pokles není překvapující ke zmenšení pevnosti v příčném tahu dochází vzhledem k částečné separaci materiálu vzorku výtuzhou, která je v polovině výšky, a je zde malá možnost spolupůsobení výtuzhy ve větší ploše než je plocha vzorku, tak jak je tomu v reálných podmínkách. Příznivější výsledky **Armatex<sup>®</sup> RS 40/40** jsou způsobeny vhodnější velikostí oka mříže (35mm) než u vzorku 100/100 (20mm). V tabulce č.1 je dále zřetelné srovnání velikosti deformace při niž došlo k porušení. Výsledky ukazují razantní nárůst velikosti deformace a pozitivní vliv vyztužení, kdy při podobných pevnostních charakteristikách dochází k porušení vzorku při větší deformaci.

Tab. č. 2.: Velikost energie potřebné k porušení vzorku při ITSR

TYP VYZTUŽENÍ	deformační energie [J]	%
Bez vyztužení	236,50	100,0 %
ARM - RS 100/100	278,96	118,0 %
ARM - RS 40/40	286,91	121,3 %

Při zkoušce bylo zjištěno, že zkušební srovnávací směs ABS je dostatečně kvalitní a k porušení nedocházelo pouze na styku jednotlivých zrn, ale jednotlivá zrna byla i rozlomena, tzn. že pevnost spoje asfaltové pojivo kamenivo byla vyšší než pevnost v tahu kameniva. Z pracovního diagramu deformace x síla byla vyhodnocena potřebná energie k porušení vzorku při ITSR viz tabulka č.2. Výsledky prokazují nárůst energie potřebné k porušení u obou vyztužených variant a tím i pozitivní vliv vyztužení na sledovanou vlastnost. U obou variant vyztužení nedošlo k tvorbě výrazné trhliny. Zabudovaná mřížovina dokázala udržet těleso v původním tvaru, nedošlo k jeho rozpadu a trhliny na povrchu těles byly v mnoha případech jen těžko rozpoznatelné.



#### VLASTNOSTI MATERIÁLŮ PRO VYZTUŽENÍ

Výběr materiálu je velmi důležitý, protože z něj vychází účinnost armovacího mechanismu. Hlavní podmínka, jež má být splněna, souvisí se slučitelností výtuzhy a bitumenové směsi; tato slučitelnost je výrazně ovlivňována nejen základními postupy při pokládání, ale i reologickým chováním směsi. Výtuzný geompozit **Armatex<sup>®</sup> RS** splňuje nejdůležitější požadavky, které jsou na výtuzhy kladeny:

- přirozenou přilnavost k vyztužovanému materiálu,
- odolnost proti instalačním namáháním ve fázi pokládání,
- chování při tepelné roztažnosti vzájemně podobné tak, aby se nahradil co nejmenší podíl napětí vyplývající z neuskutečněného tepelného prodloužení,
- velikost ok výtuzhy musí umožnit dobré zakotvení s ohledem na použité frakce kameniva
- a dále při časově konstantním namáhání minimální ztrátu odolnosti (creep).

V okamžiku, kdy je kompozit **Armatex<sup>®</sup> RS** položen na podklad s emulzí, nastávají dva jevy, které za sebou následují v rychlém sledu: provizorní a permanentní přilnavost. Provizorní přilnavost se projevuje od okamžiku položení kompozitu do emulze až do fáze předcházející pokládání bitumenové směsi. Díky této přilnavosti může být dosaženo rovinnosti kompozitu na podkladu a také je umožněn pohyb pracovních prostředků určených pro následné operace. Permanentní přilnavost se projevuje od okamžiku, kdy finišer zahájí pokládání a dojde k efektu teplotní interakce s vlastní krycí vrstvou směsi. Při vlastní pokládce musí kompozit odolávat následujícímu namáhání:

- lokální vytrhávání tažnými a otočnými částmi strojů
- tepelná agrese při pokládce směsi s teplotou okolo 140°C

Lokální vytrhávání je kompenzováno mechanickými vlastnostmi kompozitu, proto je nejčastěji používán materiál se stejnými vlastnostmi v obou na sebe kolmých směrech. Ať už je směr namáhání jakýkoliv, je materiál schopen ab-sorbovat vyvolané napětí rozkladem do obou směrů. Obousměrnost je dále důležitá při samotné instalaci, neboť kdyby byl materiál jednoosý, bylo by nutné jej položit vždy ve směru největšího namáhání; díky dvěma osám se tímto nemusíme zabývat a můžeme výtuzhu pokládat v nevhodnějším směru podle podmínek na staveništi. Tepelná agrese je kompenzována PET vlastností Armatexu, který má teplotu tavení přibližně dvakrát větší než je teplota při pokládce. Bod tavení je pro výběr materiálu výtuzhy rozhodující a PET vlákno svým bodem tavení +240°C až +250°C se jeví jako nevhodnější.

Při pokládce dochází u kompozitu k tepelnému šoku, který musí být vstřebán během velmi krátké doby. Aby se zabránilo vzniku nadměrného napětí, je nutné vyvážit chování kompozitu při tepelné roztažnosti s tepelným chováním bitumenu. Chování bitumenové směsi, vzhledem k její povaze, je diametrálně odlišné v závislosti na teplotě. Orientačně se hodnota koeficientu tepe. roztažnosti pohybuje okolo 60.10<sup>-5</sup> K<sup>-1</sup>. Polyester se chová podobně jako bitumenová směs, hodnota koeficientu je 10.10<sup>-5</sup> K<sup>-1</sup>. Hromadění napětí vlivem částečné tepelné setrvačnosti je kompenzováno vysokou hodnotou modulu pružnosti kompozitu; to umožňuje nashromáždít vysoký podíl napětí





# KORDÁRNA

A MEMBER OF THE KORD GROUP

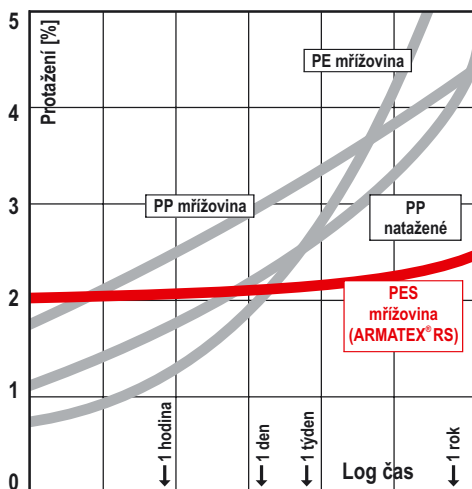
již při nízké deformaci, což je v našem případě zvláště důležité pro absorbování napětí vzniklého při pokládce horké bitumenové směsi.

Pro dobrou interakci výztuhy a směsi je vedle teploty důležité zohlednit i rozměry ok geomříže. Pro nejběžnější rozsahy frakcí užívaných v horních vrstvách vozovky se nejvíce rozšířilo užívání ok 30 – 40 mm. Pro ideální interakci přitom můžeme uvažovat podmínku platnou z vyztužování zemin:

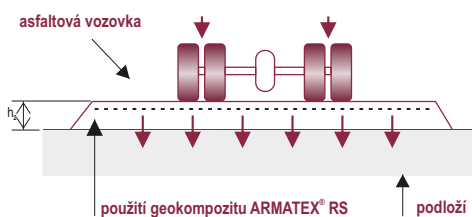
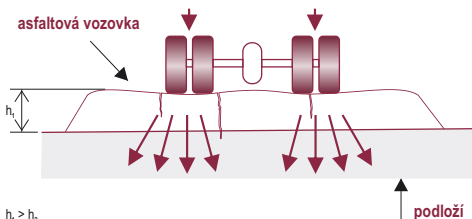
$$M_{AG} = 1,67 \times d_{80} \quad \text{nebo} \quad M_{AG} = 2 \text{ až } 3 \times d_{50}$$

kde  $M_{AG}$  je minimální rozměr oka mříže,  $d_{80}$  a  $d_{50}$  jsou velikosti zrn směsi odpovídající 80% a 50% na křivce zrnitosti (např. pro frakci 0/20 je  $d_{80}$  cca 18mm a  $M_{AG}$  30mm). Efekt creepu - creep je nepřetržitá deformace materiálu vystaveného během času konstantnímu namáhání. Všechny stavební materiály podléhají creepu. Výztuha bitumenové směsi je materiál, od něhož je vyžadována mechanická odolnost, a tudíž volba musí být zaměřena na polymerní řešení s minimální tendencí ke creepu. Chování polyesteru v souvislosti s creepem bylo dlouhodobě široce zkoumáno a PET byl označen jako materiál s nejlepšími vlastnostmi v této oblasti; PET je ovlivňován creepem minimálním způsobem. V následujícím grafu je uvedena deformace jednotlivých polymerů vyplývající z časově konstantního zatížení s intenzitou 60% maximální pevnosti materiálu.

## KRIPOVÉ CHOVÁNÍ MATERIÁLU ARMATEX® RS



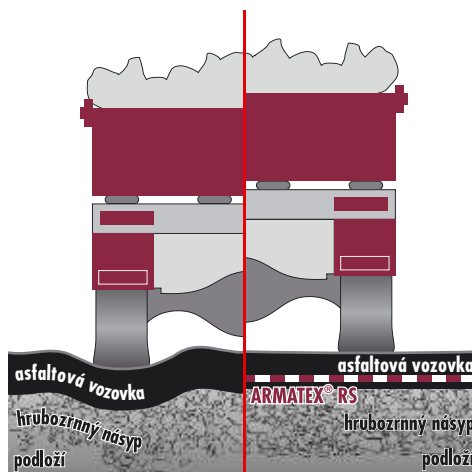
Chování polymerů v souvislosti s creepem při 60% zatížení; doporučená aplikace výztuhy **Armatex® RS**



„Dvouosost“ materiálu umožňuje optimalizaci pokládání, přičemž položení musí být provedeno do maximální možné hloubky, protože geokompozit je navržen pro strukturální výkon, a tudíž musí zasahovat vrstvy mající strukturální funkci. Nesprávné umístění má za následek, že se nedosáhne požadovaný efekt, ne však vinou použité výztuhy.

## APLIKACE ARMATEXU

Použití Armatexu je možné na všech mimořádně zatížených úsecích komunikací v intravilánu, kde se vhodnou aplikací zamezí nebo výrazně omezí vznik příčných nerovností a kopírování reflexních trhlin. Obdobně je vhodné jeho použití extravilánu a to hlavně ve stoupacích pruzích, v místech intenzivního brzdění či rozjíždění. Samostatnou oblastí aplikace výztužných geosyntetik je rekonstrukce a opravy panelových vozovek či letištních ploch s využitím asfaltových směsí vzletové a přistávací dráhy, spojovací dráhy a odbavovací plochy. Přínos výztužných textilií byl ověřen při rekonstrukci přistávací dráhy a odbavovací plochy letiště Poprad. Cílem rekonstrukce bylo obnovit provozní plochy z cementobetonu s rozsáhlými poruchami a zároveň dodržet stávající niveletu a napojení na ostatní objekty. Rekonstrukce spočívala z částečné výměny některých desek, dezintegrace vozovky na menší bloky kvůli snížení celkové tuhosti, aplikace Armatexu do spojovací membrány modifikované emulze a v překrytí brusnými vrstvami. Celková tloušťka rekonstrukce je celkem 90mm, což je výrazně méně než při klasické rekonstrukci. Stav vozovky je po více letech po rekonstrukci stále velmi dobrý.



## SEPARACE A FILTRACE TKANÝMI GEOTEXILIEMI

Problematika separace a filtrace je v konstrukci silničního tělesa prioritní. Pro správné fungující souvrství je nezbytné zajistit vytvoření a poté stabilní chování tzv. zeminového filtru. Textilie s tenkou 3-rozměrnou strukturou (netkané a vpichované) jsou náchylné k lokální kolmataci a jevu uvěznění částic zemin uvnitř struktury textile. Tkané textilie násobně méně kolmatují a rychle se na jejich povrchu vytvoří vazná mřížková síť. Úzkým spektrem velikosti pórů (0,15-0,60mm oproti 0,05-0,35mm u netkaných) jsou vhodnější pro rychlé vytvoření zeminového filtru, okamžitě nastartování bezkonfliktní separace a vytvoření stabilních podmínek filtračního systému v zemině. Jako bonus stabilního řešení přináší oproti netkaným textiliím navíc vyšší pevnostní charakteristiky – únosnost (můžeme uvažovat s vyztužením jako další funkcí) a vyšší odolnost proti protlačení (CBR). Dokladem úspěšné aplikace jsou i současné dodávky tkaných geotextilií na bázi vysokopevnostního polypropylenu (**Kortex® GTPP**) a polyesteru (**Kortex® GT**) při řešení požadavků separace a vyztužení s absorbováním pórových tlaků na stavbě dálnice D1, D47, dále M1 a M4 (Maďarsko), S4 a A1 (Polsko) i na železničních koridorech.

