

# **KOMPOZITNÍ MOSTOVKY PLANK 40 VYRÁBĚNÉ V ČR**

**GDP KORAL, s.r.o.**

**Ing. Pavel Simon Ph.D.**

# **OBSAH PREZENTACE**

**ÚVOD**

**PULTRUZE, VÝVOJ SMĚSÍ**

**PROFIL SQ 60x60x4**

**MOSTOVKY PLANK 40**

**VÝROBA**

**OHYBOVÉ A SMYKOVÉ TESTY**

**CREEP**

**PROTISMYKOVÝ POVRCH**

**REAKCE NA OHEŇ**

**ZÁVĚR**

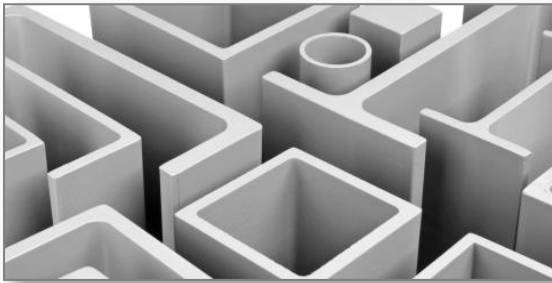
# Úvod

Třetím rokem probíhá ve společnosti GDP KORAL, s.r.o za spolupráce VUT FAST Brno projekt TAČR FW01010443 „**Pokročilé kompozitní materiály nové generace pro konstrukce i automotive** „

V tomto projektu jsme se zaměřili na vývoj nových směsí vlákniny vyztužených plastů / kompozitů a z nich odvíjená technická řešení.

Jedním z nich je systém deskových profilů PLANK 40, který je primárně navržen jako alternativa k ocelovým i kompozitním pororoštům, dřevěným mostovkám či ocelovým pochozím plechům.

Dále v prezentaci jsou uvedeny poznatky z výzkumu chování směsí a zejména z vývoje a testů těchto deskových profilů.



# **NORMY a PŘEDPISY**

**Pro tyto materiály neexistuje systém norem obdobný EUROCODE**

**ČSN EN 13 706 – Výztužné plasty (kompozity) – Specifikace pro tažené profily –Část 1 označování**

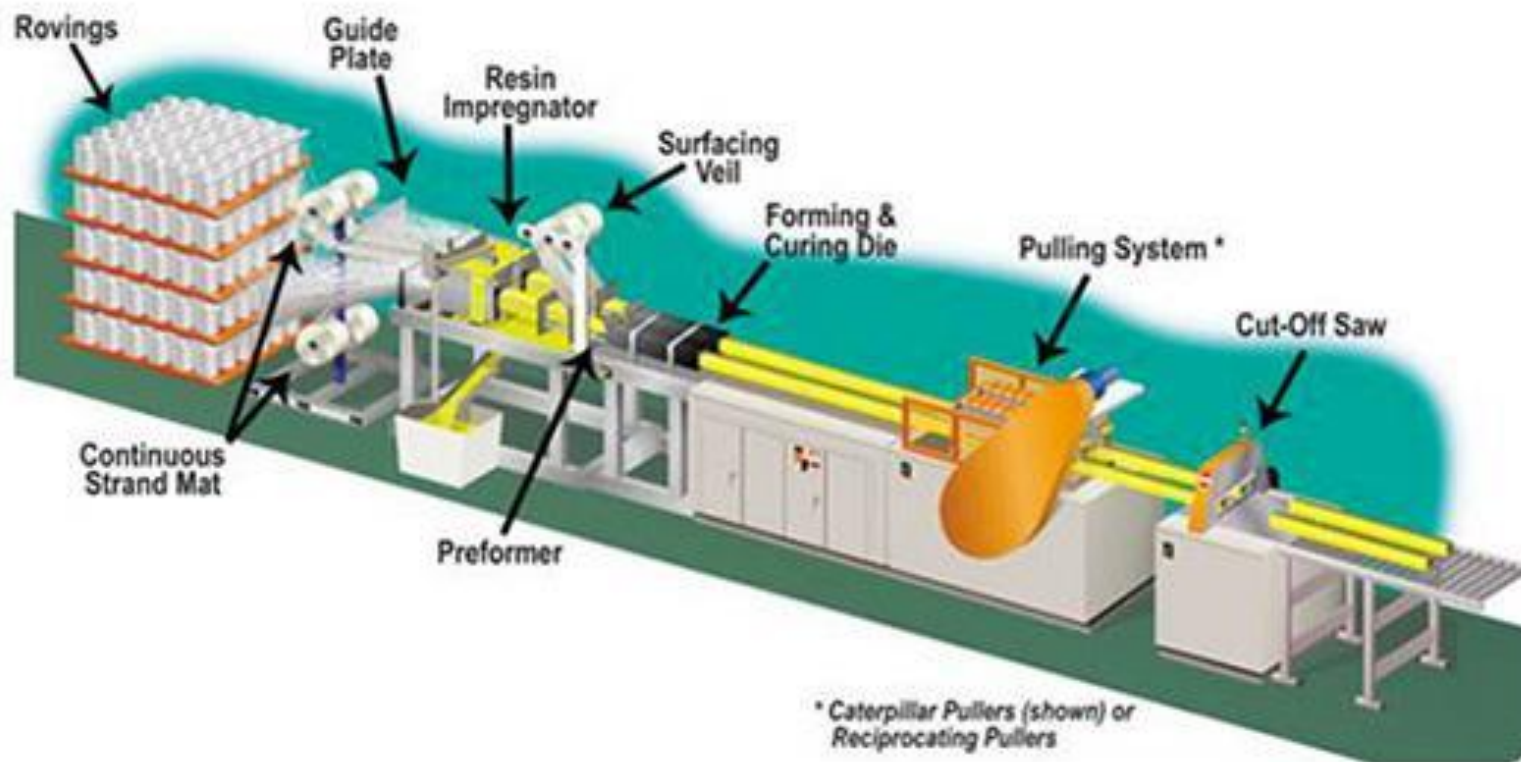
**třídí do kategorií dle modulu pružnosti v GPa na E17, E23**

**EAD 260001-00-0303 Structural sections made from fiber reinforced polymers (FRP/ Glassfiber composites)**

**předepisuje postup získání certifikace CE pro výrobky v ní uvedených tvarů**

**na jejím základě jsou v Evropě certifikovány profily s E 24 GPa, E 28 GPa mezi nimi i deskové profily s E 20,5 GPa**

# PULTRUZE



Obr. 1 Výrobní schéma pultruzní linky

# PULTRUZE



**Obr.2 Výroba PLANK 40-300 v GDP KORAL v Tišnově**



# Vývoj směsí pro konstrukční profily

Mechanicko-fyzikální vlastnosti konkrétních směsí jsou ovlivněny základním materiálem ale také příměsemi přidávanými do matrice z důvodu splnění dalších požadavků na výsledný výrobek.

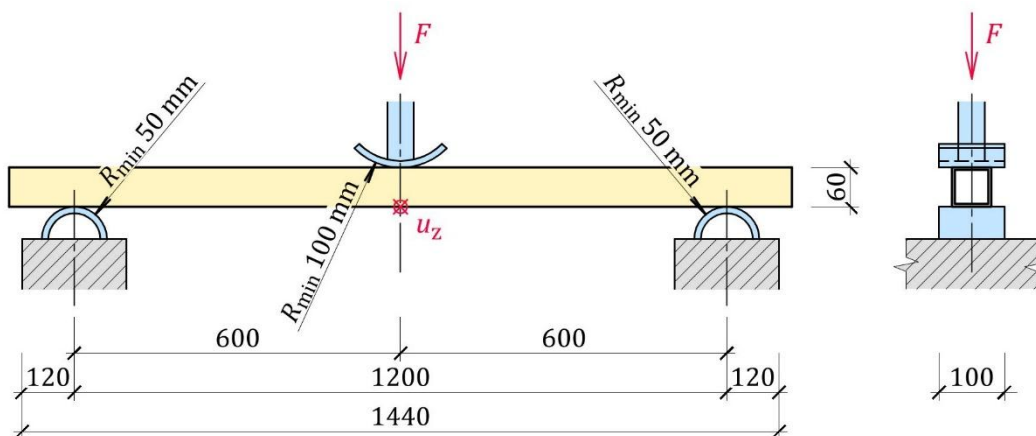
- Zaměřili jsme se na tuhost, pevnosti ( tah, ohyb, smyk), odolnost proti UV a povětrnostním vlivům
- Zkušební průřezy 100x3, 150x 3 a 150x3,5
- Polyester, Vinylester/ E sklo, H sklo

Tab. 1 –Modul pružnosti v tahu  $E_t$  (GPa)

Matrice	Typ rovingu	
	E-sklo	H-sklo
Polyester	33	38
Vinylester	37	44

# Testy na profilech SQ 60x60x4

Na tomto profilu byly vybrané modifikované směsi ověřeny normovými testy efektivního modulu pružnosti, to znamená třibodovým ohybem na rozpětí 1200 mm. Obecná sestava testu je uvedena na obrázku. Ostatní mechanické vlastnosti se určují dle norem z výřezů desek výše uvedených.



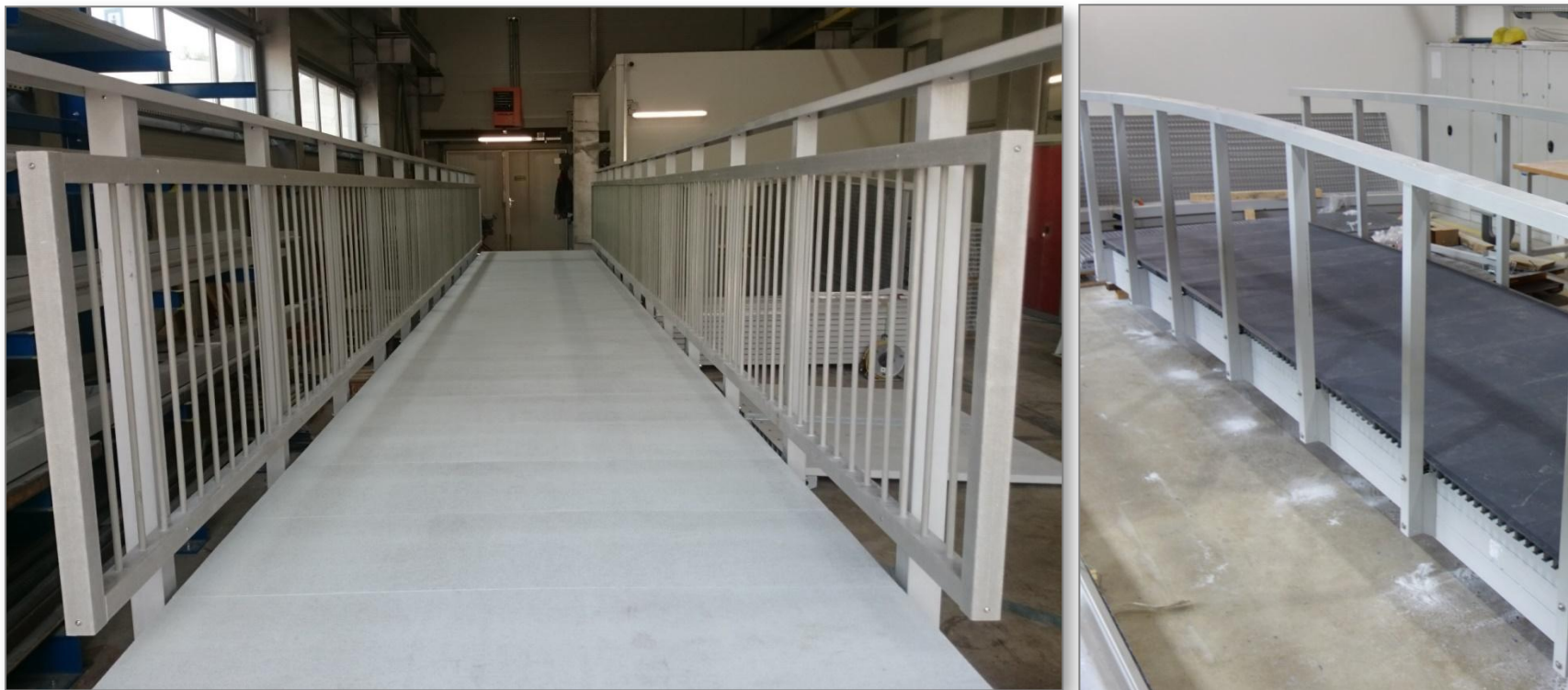
Obr. 3 – Schéma zatěžovací zkoušky  $E_{eff}$  pro profil SQ 60×60×4

Matrice	Typ rovingu	$E_{eff}$ [GPa]	
		průměr	5% kvantil
Polyester	E-sklo	38	37
Vinylester	E-sklo	39	38
Vinylester	H-sklo	42	41



## Mostovky / podlahové prvky

Kompozitní mostovky na ocelových prvcích byly poprvé v ČR použity při vývoji a výrobě lávek ML18 a ML36 v roce 2010. Jednalo se o deskové profily MD40 a HD40 z polyesterové matrice společnosti FIBERLINE.



Obr. 4-5 Kompozitní mostovky MD a HD na FRP lávkách –  
zatížení 5,0 kN/m<sup>2</sup>

## Mostovky / podlahové prvky



**Obr. 6 Lávky ML18 s kompozitní mostovkou v Praze Vršovicích**



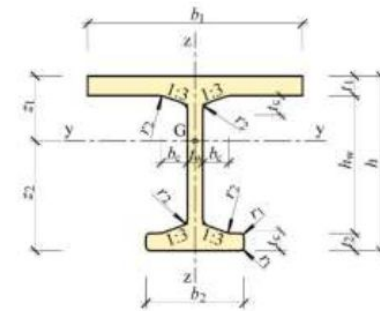
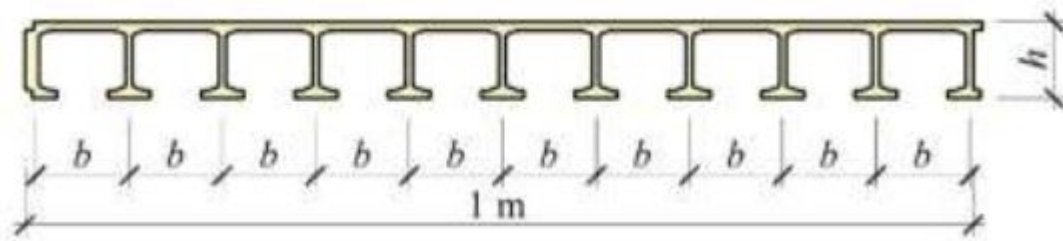
## Mostovky / podlahové prvky



**Obr.7-9 Chladicí věž – pochozí střecha/ zatížení 0,75kN/m<sup>2</sup>**

# Parametrická studie geometrického tvaru

V roce 2020 byla provedena parametrická studie geometrického tvaru průřezu mostovkového dílce z GFRP materiálu z hlediska jeho průřezových charakteristik a spotřeby materiálu (3). Základními proměnnými pro parametrizaci byla výška průřezu, osová vzdálenost výztužných žebér a tloušťky jejich stojin a pásnic.

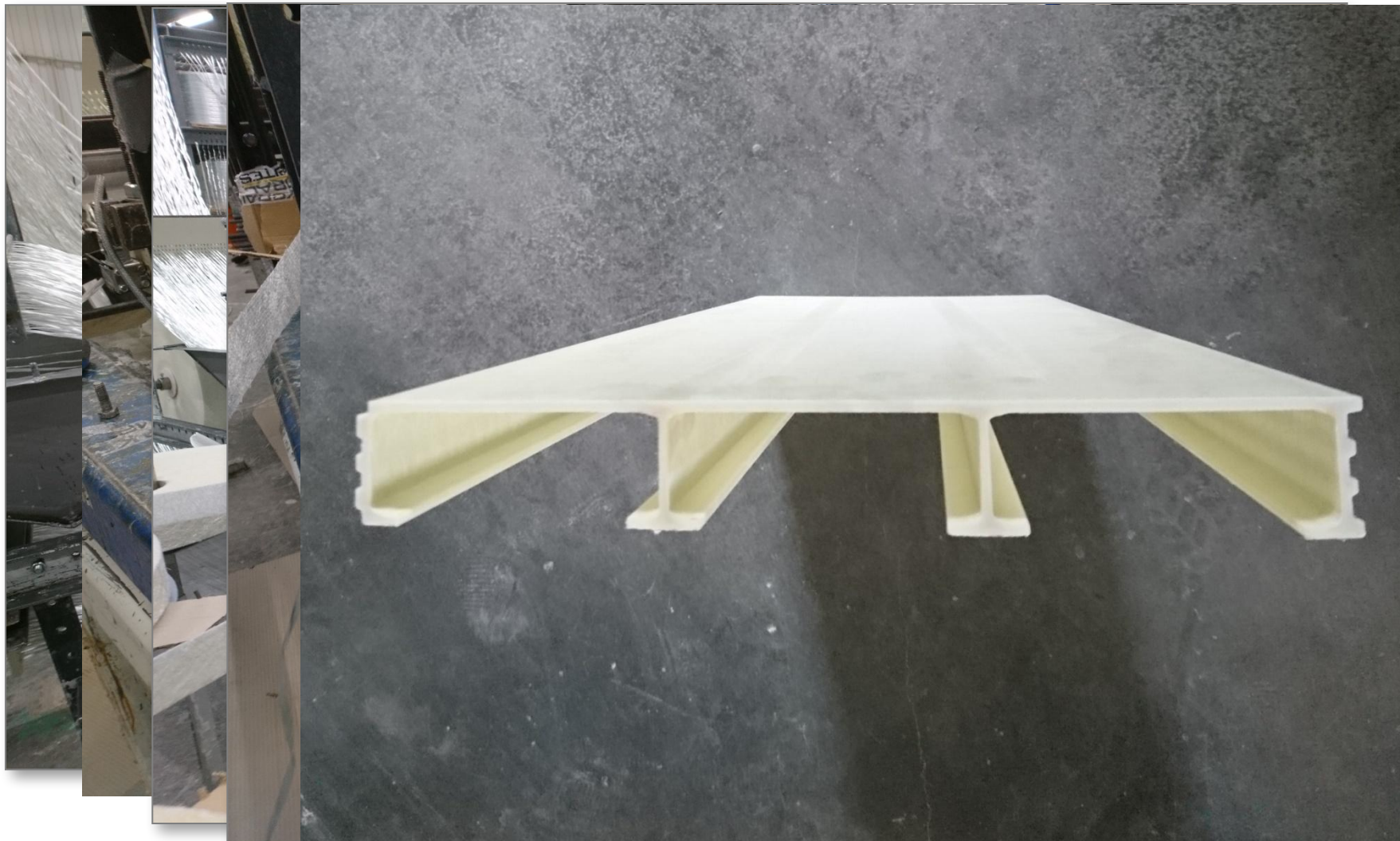


Na základě obsáhlé parametrické studie byl určen základní tvar průřezu pro výšky 40 mm a 50 mm a vzdálenosti stěn 50, 75 a 100 mm. Pro pilotní výrobu byla zvolena výška 40 mm, která se dá považovat za standardní výšku tohoto typu mostovek i podlahovin.





## Výroba PLANK 40-300-100

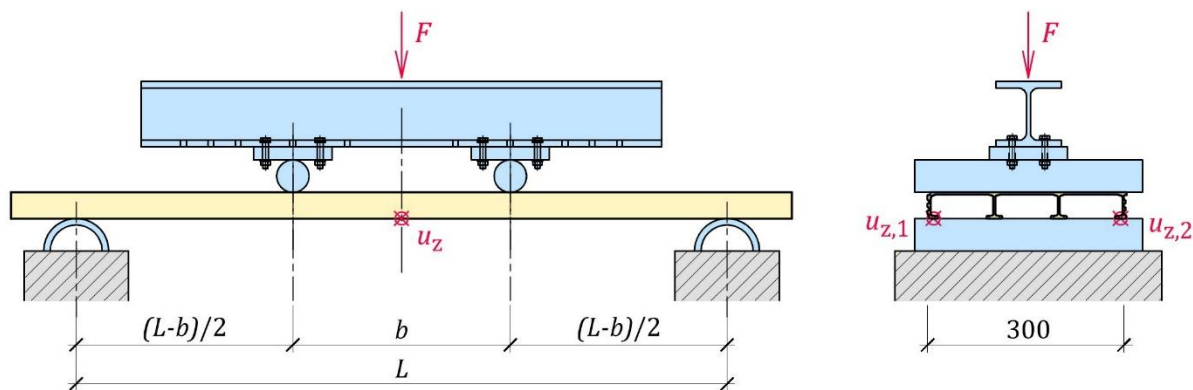


Obr. 14-17 PLANK 40-300-100 výroba

**GDP KORAL**  
**COMPOSITES**

# Zatěžovací ohybové a smykové testy

Ohybové testy byly provedeny čtyřbodovým ohybem na zkušebních tělesech o teoretickém rozpětí 750, 1000, 1250, 1500 a 1750 mm – od každého rozpětí byly vyzkoušeny tři vzorky. Zatěžování bylo prováděno dvojicí břemen ve třetinách rozpětí, podpory i zatěžovací prvky byly kruhového průřezu o poloměru nejméně 50 mm.

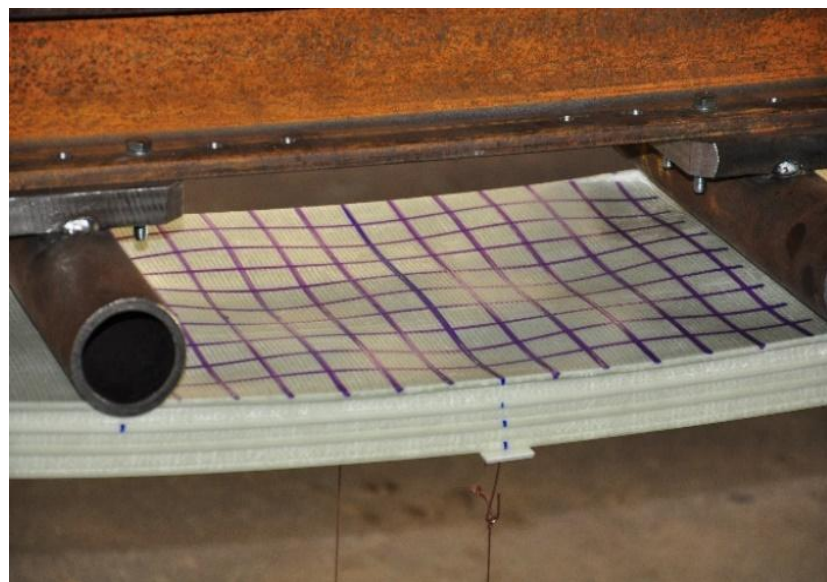


Obr. 18 Sestava ohybového testu



## Zatěžovací ohybové a smykové testy

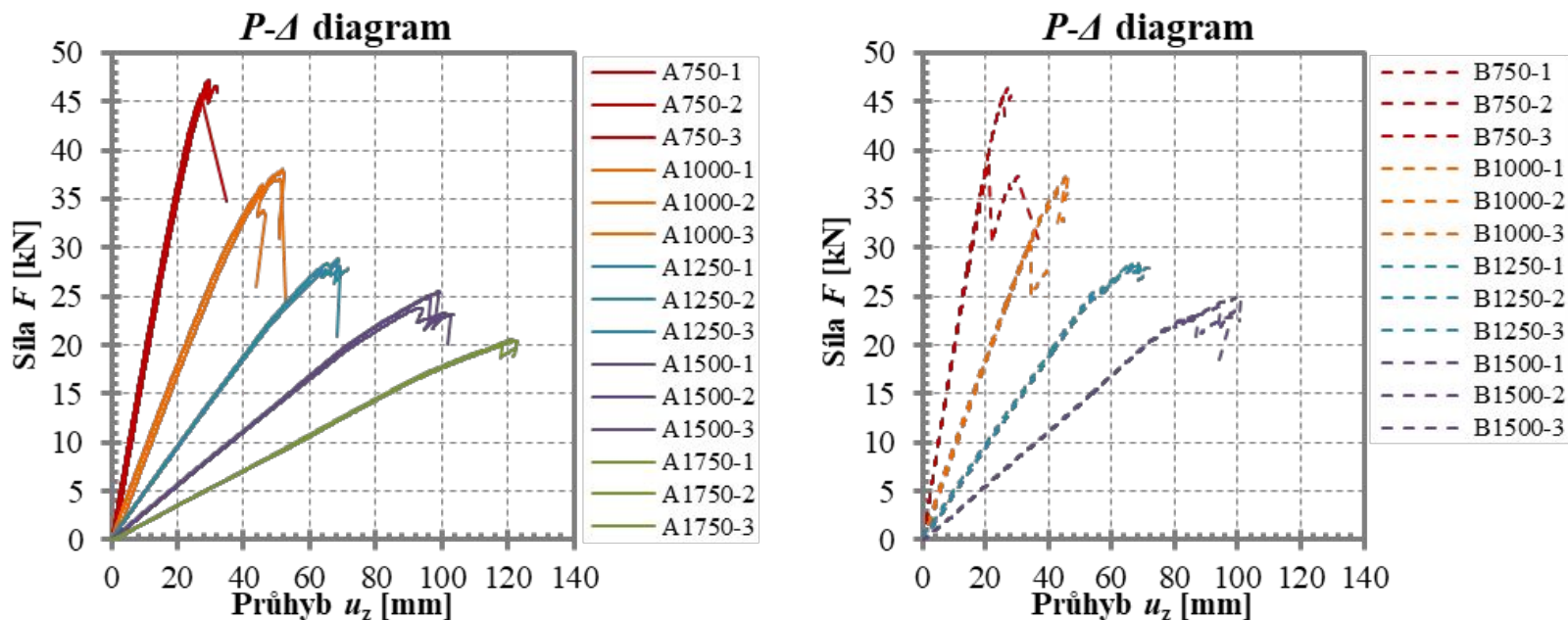
U mostovek o teoretickém rozpětí 1250 mm a víc byl v pokročilé fázi zatěžování okem patrný jev boulení tlčené horní pásnice – v podélném směru je horní pásnice ztužena žebry, v příčném řezu bylo vyboulení tvořeno třemi půlvlnami, v podélném směru počet půlvln závisel na vzdálenosti mezi zatěžovacími prvky – viz obr. 20 vpravo.



**Obr. 19-20 Průběh zkoušky a boulení tlčené horní pásnice**

# Zatěžovací ohybové a smykové testy

Na obr. 21 jsou uvedeny  $P-\Delta$  diagramy všech zkušebních těles (písmena A a B značí jiné složení GFRP kompozitu, číslice značí teoretické rozpětí). Závislost přetvoření na zatížení je téměř lineární až do konce zkoušky, kdy docházelo k lokálnímu porušení zkušebních těles.



Obr. 21 Výsledky zkoušek v ohybu

## Zatěžovací ohybové a smykové testy

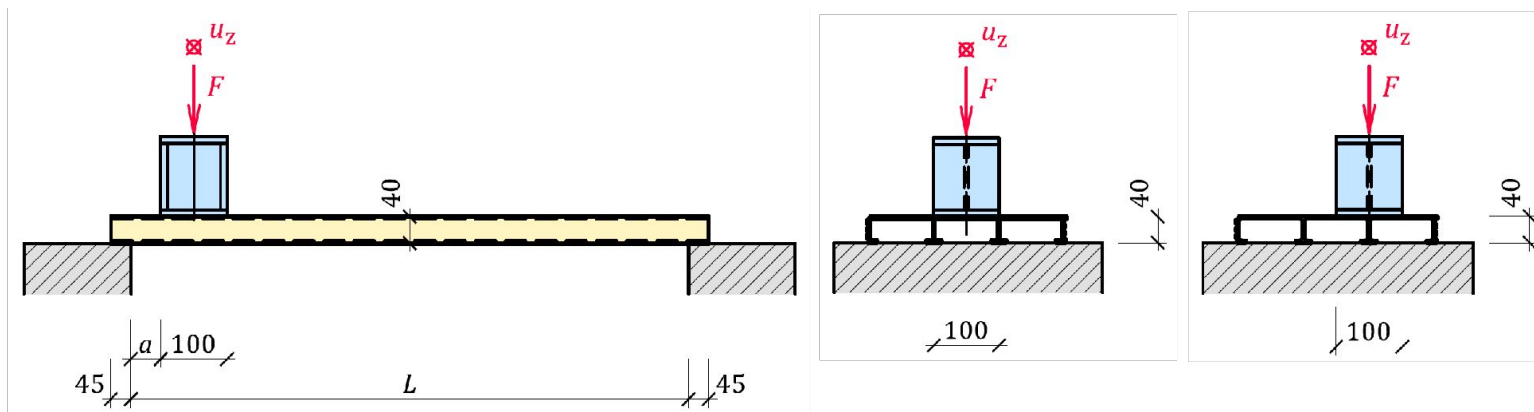
Mostovky mají při porušení průhyb mezi L/14-L/20 rozpětí, napětí na mezi pevnosti a efektivní moduly pružnosti jsou uvedeny níže. Modul pružnosti ale nebyl testován normovou zkouškou (3-bodý ohyb)

	$\sigma_{\max}$ [MPa]		$E_{\text{eff}}$ [GPa]	
	průměr	5% kvantil	průměr	5% kvantil
<b>A</b>	428	<b>403</b>	<b>44</b>	40
<b>B</b>	413	<b>355</b>	<b>43</b>	36

Tab. 3 Výsledky zkoušek v ohybu pro směsi A, B

# Zatěžovací ohybové a smykové testy

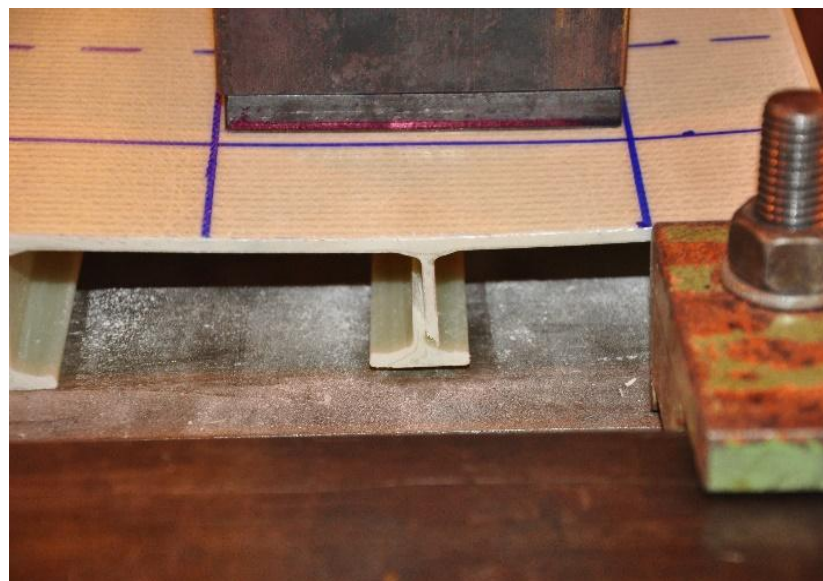
Smykové testy byly provedeny z důvodu ověření odolnosti mostovek proti lokálnímu zatížení silou 10 kN na ploše 100×100 mm podle ČSN EN 1991-2 (4). Zkušební tělesa byla uložena jako prosté nosníky o teoretickém rozpětí 810 mm, přičemž zatěžovací blok o půdorysném rozměru 100×100 mm byl poblíž jedné podpory (přesně ve vzdálenosti 5 mm nebo 40 mm od hrany podpory).



Obr. 22 Sestava smykového testu

## Zatěžovací ohybové a smykové testy

Mechanismus porušení se lišil podle vzdálenosti zatěžovacího bloku od hrany podpory – v případě vzdálenosti 5 mm docházelo k porušení stojiny žebra tlakem, v případě vzdálenosti 40 mm někdy docházelo k porušení stojiny žebra smykem. Typický tvar porušení je uveden na obr. 12 vpravo.



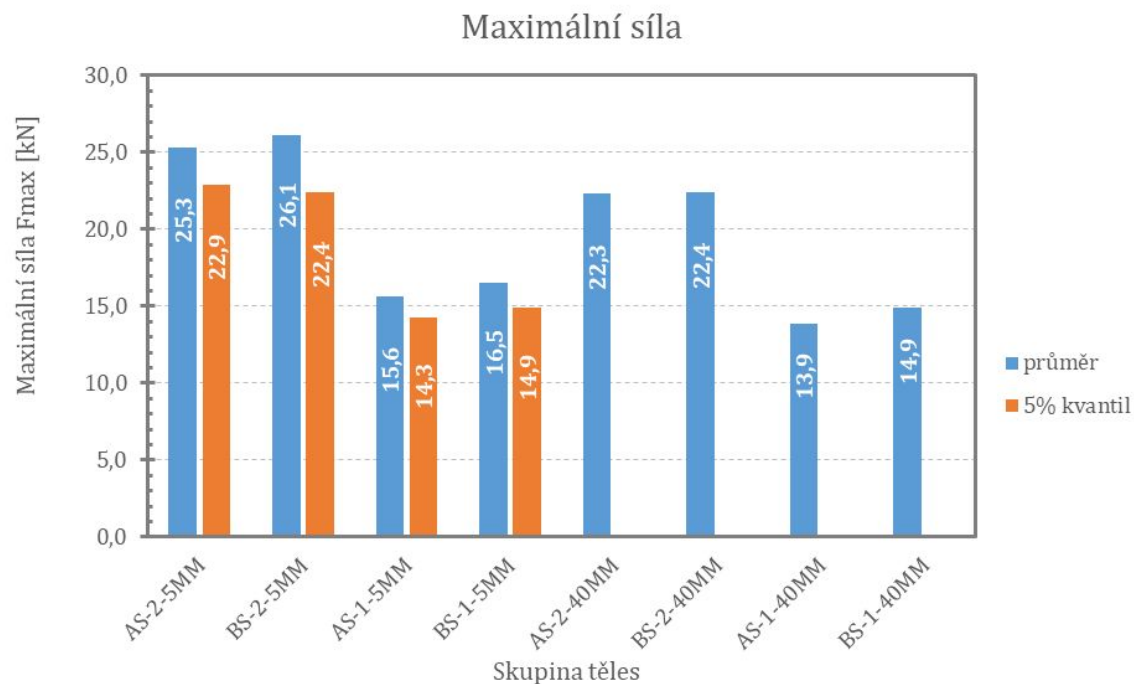
**Obr. 23-24 Průběh zkoušky a porušení stojny**



# Zatěžovací ohybové a smykové testy

Zatížení 2 stojen -  $F_{\min} = 22,4$  kN

Zatížení 1 stojny -  $F_{\min} = 14,3$  kN



Obr. 25 Maximální síly při porušení stojny

## CREEP test

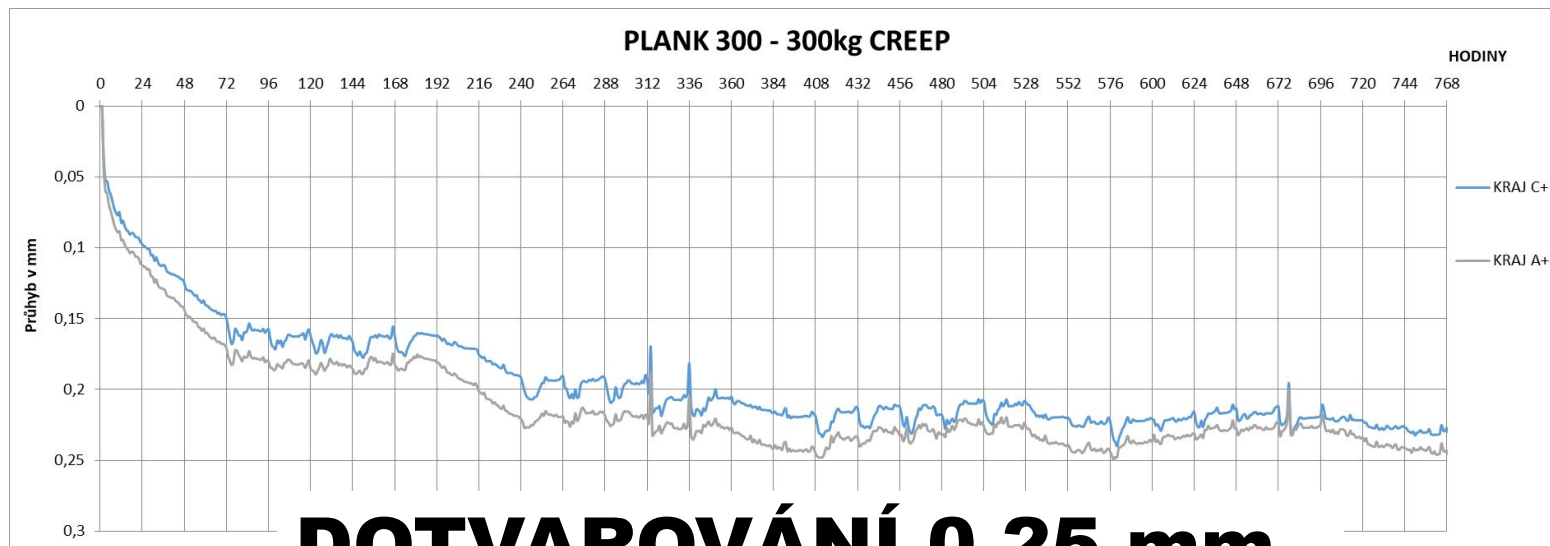
PLANK 40-300-100 byl na rozpětí 1500 mm zatížen 300 kg spojitého zatížení. Odpovídá to zhruba  $7,5 \text{ kN/m}^2$  a při průhybu  $L/115$  rozpětí.



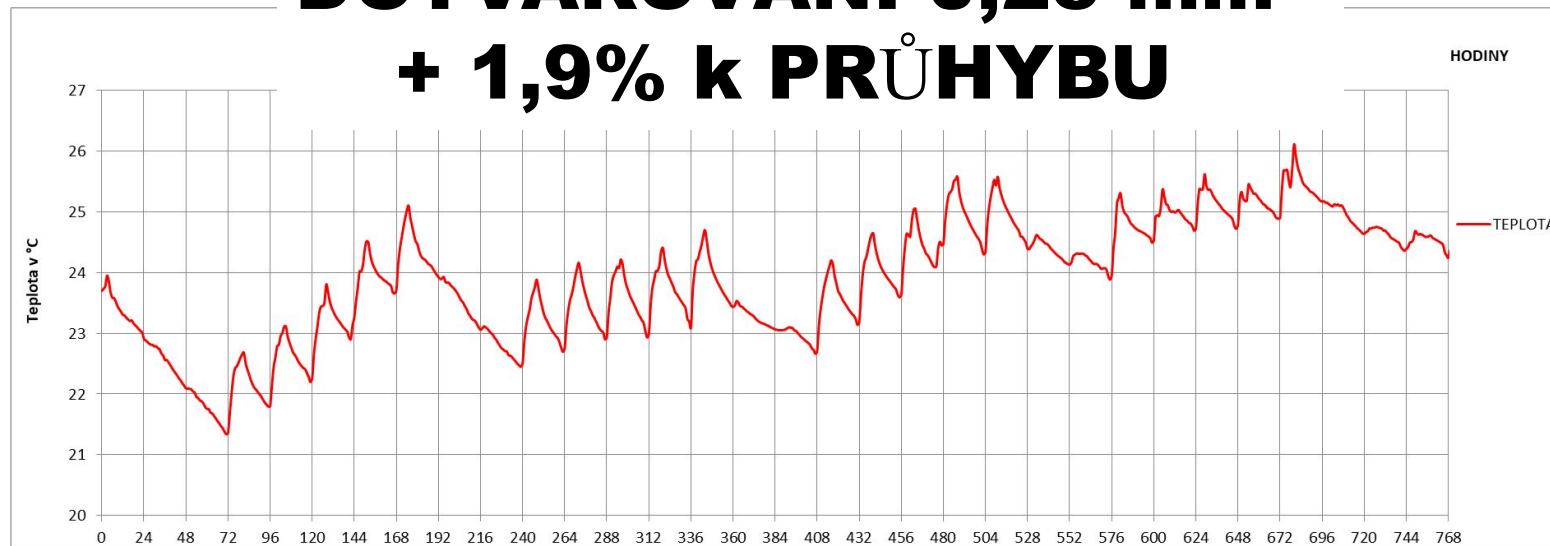
Obr. 26 Rozpětí 1500 mm, zatížení 300 kg



# Creep test po dobu 30 dnů



**DOTVAROVÁNÍ 0,25 mm  
+ 1,9% k PRŮHYBU**



# ZATÍŽITELNOST

Je na uvážení jaké limity II. MS pro danou konstrukci zvolit. Jak je patrné z následující tabulky č. 4, ani průhyby větší než  $L/100$  nejsou pro konstrukci zatíženou ohybem limitující s ohledem na jeho únosnost. První praskliny se v profilu ozývaly při ohybovém testu mezi průhyby  $L/40$  až  $L/25$  v závislosti na rozpětí.

Rozpětí	I. MS	II. MS				
		$L/100$	$L/200$	$L/300$	$L/400$	$L/500$
$L$	ohyb					
m	$\text{kN/m}^2$	$\text{kN/m}^2$				
0,75	233	85,35	42,67	28,45	21,34	17,07
1,00	131	36,01	18,00	12,00	9,00	7,20
1,25	84	18,43	9,22	6,14	4,61	3,69
1,50	58	10,67	5,33	3,56	2,67	2,13
1,75	43	6,72	3,36	2,24	1,68	1,34
2,00	33	4,50	2,25	1,50	1,13	0,90

Tab 4. Zatížitelnost (bez souč. spolehlivosti a zatížení)

# Protismykové vlastnosti

Byly navrženy a otestovány dvě povrchové protismykové úpravy. Jedná se o vsyp do polyesterové pryskyřice s rozdílnou zrnitostí křemičitého písku. Obě varianty vyhověly požadavkům norem DIN 51130 (5) a ČSN P CENTI/TS 16165 (6) pro nejvyšší kategorii R13, sklon povrchu  $>35^\circ$ . Protismyková úprava může být provedena v barevných variantách.



**Obr. 28-29 Protismyková úprava**



## Reakce na oheň

Reakce na oheň byla testována dle EN ISO 9239-1. Zkoušení reakce podlahových krytin na oheň bylo provedeno ve zkušebně PAVUS v Soběslavi. Mostovkový dílec PLANK 40 společně s protismykovou úpravou vyhověl požadavkům normy a byl klasifikován stupněm Bfl- s1.



Obr. 30 EN ISO 9239-1 Vzorky po testu

## Závěr

**Kompozitní mostovky PLANK 40 splňují, kromě výše uvedených kritérií, také všechny podmínky vyhlášky č. 398/2009 (8). V ní se udává, že mezera roštů ve směru chůze může být maximálně 15 mm, což na rozdíl od většiny běžně používaných pororoštů, tento celistvý a kompaktní protiskluzný povrch splňuje.**



**Po dokončení vývoje o spojovací a kotvící materiál bude na trhu v ČR existovat výrobek, který umožní realizovat plné pochozí plochy z vlákny vyztuženého plastu. Vlastní tíha samotného PLANK 40-100 je 11,74 kg/m<sup>2</sup> což z něho činí jednu z nejlehčích mostovek. (MD 40 má 13,14 kg/m<sup>2</sup>)**

**Závěrem mi dovoluje poděkovat TAČR za podporu tohoto projektu č. FW01010443 a našim kolegům z obou společností za spolupráci na řešení projektu.**

# DĚKUJI VÁM ZA POZORNOST



**Ing. Pavel Simon Ph.D.**

**[simon@gdpkoral.com](mailto:simon@gdpkoral.com)**