



Záverečná správa projektu IPA

Doba riešenia	jún 2014 – január 2015
Registračné číslo projektu	8/2014
Dátum prijatia správy na VVČ (vyplní IPA)	

Názov projektu	Interakcie medzi drevom a UV lakmi
-----------------------	------------------------------------

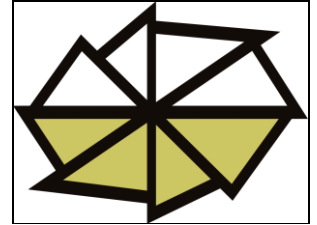
Vedúci projektu

Priezvisko, meno, tituly: Štrbová Martina, Ing. Telefónne číslo a e-mail: +421 45 520 6355, 0904 186 084 strbovam@gmail.com	Potvrdzujem správnosť údajov v správe Dátum a podpis vedúceho projektu:
---	---

Spoluriešitelia

Mgr. Leoš Mrenica

prof. Ing. Jozef Kúdela, CSc.



Výsledky riešenia projektu

- a.) spôsob, metódy a priebeh riešenia
- b.) dosiahnuté výsledky a porovnanie s cieľmi projektu
- c.) uplatnenie výsledkov a ich prínos v riešenej problematike



Cieľom projektu bolo vyhodnotiť interakcie medzi drevom a dvomi druhmi vysokosušínových UV lakov. Cieľ projektu predpokladal stanoviť hodnoty termodynamických charakteristík, ktoré popisujú fázové rozhranie drevo – náterová látka v kvapalnom ako aj tuhom stave a experimentálne testovať stabilitu systému drevo – tuhý náter po aplikácii náterovej látky na povrch dreva.

a.) spôsob, metódy a priebeh riešenia

Na základe cieľa práce bol priebeh riešenia rozdelený do nasledovných bodov:

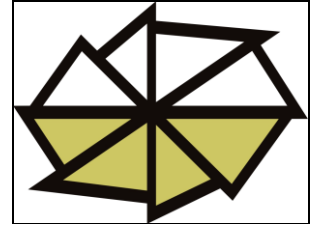
1. stanovenie voľnej povrchovej energie a jej zložiek pre:
 - a) drevo
 - b) laky v kvapalnom skupenstve
 - c) laky v tuhom skupenstve (voľné filmy)
2. výpočet termodynamických charakteristík, ktoré popisujú fázové rozhranie drevo – náterová látka
 - a) práca adhézie laku k drevu, pre laky kvapalnom aj tuhom skupenstve
 - b) práca kohézie dreva a práca kohézie laku v tuhom skupenstve
 - c) koeficient rozprestierania laku po dreve
3. hodnotenie adhézie daného náteru k drevu mechanickým testovaním na odtrh

Na experimentálne práce bol použitý nasledovný materiál:

1. bukové drevo: radiálne a tangenciálne dosky s rozmermi 20 x 100 x 200 mm o vlhkosti približne 10%, povrchovo opracované brúsením,
2. komerčne vyrábané vysokosušínové UV laky:
 - a) základný lak: Beckry Seal UL 1141
 - b) vrchný lak: Beckry Clear UM 1178,
3. chemikálie pre realizáciu experimentov: testovacie kvapaliny (destilovaná voda, etylénglykol, formamid, α -brómnaftalén, dijódmétán), parafín.

Experimentálne vzorky dreva pre mechanické testovanie na odtrh náteru boli povrchovo upravené v rámci spolupráce s Mendelovou univerzitou v Brne na Ústave nábytku, designu a bydlení.

Projekt nadväzoval na výsledky projektu IPA č. 34/2012, riešeného na Katedre náuky o dreve [12].



Výsledky riešenia projektu (pokračovanie)

1. stanovenie voľnej povrchovej energie a jej zložiek pre drevo a laky

Voľná povrchová energia dreva aj lakov v tuhom skupenstve bola stanovená na základe merania kontaktného uhla „ležiacej kvapky“ pomocou goniometra Krüss DSA30 Standard a príslušného softvéru DSA3 pre analýzu tvaru kvapky. Testovacia kvapalina sa dávkovala na povrch dreva, resp. voľných filmov lakov pomocou počítačom riadenej dávkovacej jednotky vo forme kvapiek so stanoveným objemom 1,8 µl. Meniaci sa profil kvapky sa zaznamenával na videá so sekvenciou v priemere 1 snímka za sekundu. Hodnoty kontaktných uhlov sa získali následnou analýzou uložených videí pomocou softvéru, metódou „kružnica“, ktorá je vhodná pre analýzu kvapiek malého objemu a pre nízke hodnoty kontaktných uhlov [11]. Na rozdiel od lakov v tuhom skupenstve, pri dreve sa meral kontaktný uhol nielen na začiatku procesu zmáčania, ale aj v čase, keď sa postupový uhol menil na ústupový podľa metodiky, rozpisanej v práci [5]. Z daných dvoch hodnôt kontaktných uhlov sa vypočítal kontaktný uhol ideálne hladkého povrchu dreva, ktorý vstupoval do ďalších výpočtov.

Celková voľná povrchová energia dreva aj lakov v tuhom skupenstve sa počítala z hodnôt kontaktných uhlov podľa upravenej rovnice Neumanna et al., uvedenej v práci [13]:

$$\cos \theta = \frac{(0,013\gamma_s - 2,00)\sqrt{\gamma_s\gamma_L} + \gamma_L}{\gamma_L(0,013\sqrt{\gamma_s\gamma_L} - 1)} \quad (1)$$

Voľná povrchová energia lakov v kvapalnom skupenstve sa merala pomocou goniometra Krüss DSA30 Standard a príslušného softvéru DSA3 pre analýzu tvaru kvapky, metódou „visiacej kvapky“. Lak v kvapalnom skupenstve bol pomaly vytláčaný z ihly s priemerom 1,83 mm pomocou počítačom riadenej dávkovacej jednotky, pričom sa nahrávalo video meniaceho sa profilu kvapky až do jej odkvapnutia, t.j. do momentu, kedy gravitačná sila prekonala povrchové napätie danej kvapaliny. Hodnoty voľnej povrchovej energie laku sa získali z uložených videí pomocou softvéru, analýzou tvaru visiacej kvapky pri jej maximálnom objeme, ktorý sa ešte udržal visieť na ihle. Daný softvér vychádza z Young-Laplaceovej rovnice a z rovnice pre hydrostatický tlak kvapaliny.

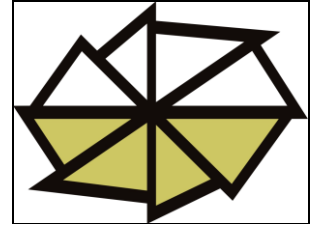
Disperzná a polárna zložka voľnej povrchovej energie dreva aj lakov sa určili podľa Kloubka [2] z rovníc

$$\sqrt{\gamma_s^d} = \sqrt{\gamma_L^d} \frac{1 + \cos \theta}{2} \pm \sqrt{\gamma_L^p} \sqrt{\frac{\gamma_s}{\gamma_L} - \left(\frac{1 + \cos \theta}{2}\right)^2} \quad (2)$$

$$\sqrt{\gamma_s^p} = \sqrt{\gamma_L^p} \frac{1 + \cos \theta}{2} \mp \sqrt{\gamma_L^d} \sqrt{\frac{\gamma_s}{\gamma_L} - \left(\frac{1 + \cos \theta}{2}\right)^2} \quad (3)$$

Pre drevo a lak v tuhom skupenstve sa tieto zložky počítali na základe známych hodnôt kontaktného uhla, voľnej povrchovej energie podkladu γ_s , voľnej povrchovej energie kvapalného štandardu γ_L a jej disperzného a polárneho podielu γ_L^d a γ_L^p .

Pre lak v kvapalnom skupenstve sa počítali podľa metodiky, uvedenej v práci [6] na základe známych hodnôt celkovej povrchovej energie laku a nameraných hodnôt kontaktného uhla ležiacej kvapky laku na parafíne, ktorého parametre sú známe: celková voľná povrchová energia parafínu $\gamma_s = 25.06 \text{ mJm}^{-2}$, jej disperzný podiel $\gamma_s^d = 23.04 \text{ mJm}^{-2}$ a polárny podiel $\gamma_s^p = 2.02 \text{ mJm}^{-2}$ [10].



Výsledky riešenia projektu (pokračovanie)

Pre získanie objektivnejších výsledkov sa použili pre výpočet disperznej a polárnej zložky voľnej povrchovej energie lakov v kvapalnom skupenstve aj rovnica geometrického priemeru podľa Young-Owens-Wendt

$$\frac{\gamma_L \cdot (1 + \cos \theta)}{2} = \sqrt{\gamma_S^d \gamma_L^d} + \sqrt{\gamma_S^p \gamma_L^p} \quad (4)$$

a rovnica harmonického priemeru podľa Wu, ktoré sú uvedené v prácach [8, 9].

$$\frac{\gamma_L \cdot (1 + \cos \theta)}{4} = \frac{\gamma_S^d \gamma_L^d}{\gamma_S^d + \gamma_L^d} + \frac{\gamma_S^p \gamma_L^p}{\gamma_S^p + \gamma_L^p} \quad (5)$$

2. výpočet termodynamických charakteristík, ktoré popisujú fázové rozhranie drevo – náterová látka

Na základe stanovených hodnôt voľnej povrchovej energie dreva a jej disperznej a polárnej zložky a voľnej povrchovej energie náterových látok a jej disperznej a polárnej zložky v kvapalnom aj tuhom stave boli vypočítané nasledovné termodynamické charakteristiky podľa prác [4, 6, 7]:

- práca adhézie kvapalného náteru k drevu:

$$W_a = 2\sqrt{\gamma_S^d \gamma_L^d} + 2\sqrt{\gamma_S^p \gamma_L^p} \quad (6)$$

- koeficient rozprestierania náterovej látky na dreve S

$$S = 2\sqrt{\gamma_S^d \gamma_L^d} + 2\sqrt{\gamma_S^p \gamma_L^p} - 2(\gamma_L^d + \gamma_L^p) \quad (7)$$

$$S = W_a - W_c \quad (8)$$

- práca adhézie tuhého náteru k drevu

$$W_a = 2\sqrt{\gamma_{S1}^d \gamma_{S2}^d} + 2\sqrt{\gamma_{S1}^p \gamma_{S2}^p} \quad (9)$$

- práca kohézie dreva

$$W_{C1} = 2\gamma_{S1} \quad (10)$$

- práca kohézie tuhého náteru

$$W_{C2} = 2\gamma_{S2} \quad (11)$$

3. hodnotenie adhézie náteru k drevu mechanickým testovaním na odtrh

Skutočný stav systému drevo – tuhý náter sa experimentálne overoval na radiálnych a tangenciálnych skúšobných telesách z bukoveho dreva, ktoré boli povrchovo upravené základným UV lakom. Náterová látka bola nanášaná valcom a vytvrdzovaná vo vytvrdzovacom tuneli *Fusion UV*. Hrúbka vytvrdnutého laku bola meraná ultrazvukovým hrúbkomerom *PosiTector 200*.

Stabilita systému drevo – tuhý náter sa testovala prostredníctvom mechanického namáhania v ťahu kolmo na fázové rozhranie dreva s tuhým náterom pomocou prenosného testovacieho zariadenia *PosiTest Pull-Off Adhesion Tester*. Po vykonaní mechanických skúšok sa zisťovalo miesto, v ktorom došlo k porušeniu systému drevo – tuhý náter, vizuálne a pomocou mikroskopu.



Výsledky riešenia projektu (pokračovanie)

a.) dosiahnuté výsledky a porovnanie s cieľmi projektu

Voľná povrchová energia testovaných UV lakov v kvapalnom stave a jej disperzná a polárna zložka, vypočítané podľa rôznych metód, sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1. Voľná povrchová energia kvapalných lakov γ_L a jej disperzná a polárna zložka γ_L^d a γ_L^p

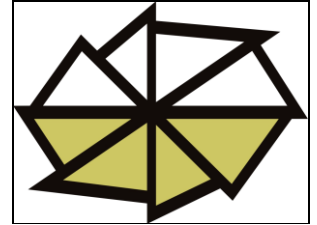
druh UV laku	metóda výpočtu	γ_L	γ_L^d	γ_L^p
		[mJm ⁻²]		
základný lak	Kloubek		33,6	3,9
	geometrický priemer	37,5	34,5	3,0
	harmonický priemer		34,5	3,0
vrchný lak	Kloubek		21,8	13,1
	geometrický priemer	34,9	20,4	14,5
	harmonický priemer		24,4	10,5

Z dosiahnutých výsledkov vyplýva, že obidva testované UV laky majú hodnoty voľnej povrchovej energie rovnaké alebo vyššie než rozpúšťadlové laky, ktoré boli skúmané v práci [6], a jej hodnoty sa približujú k hodnotám voľnej povrchovej energie vodou riediteľného laku v práci [6]. Podľa všetkých použitých metód výpočtu je vyššia povrchová energia základného UV laku určená vyššou hodnotou jej disperznej zložky v porovnaní s vrchným lakom aj s lakmi uvedenými v práci [6]. Paradoxne, hodnoty polárnej zložky voľnej povrchovej energie vrchného UV laku sa ukazujú približne trikrát vyššie než pri základnom laku.

Priemerné hodnoty kontaktného uhla θ , nameraného na fázovom rozhraní dreva resp. UV lakov v tuhom skupenstve s testovacími kvapalinami, hodnoty voľnej povrchovej energie a jej disperznej a polárnej zložky, spolu s ďalšími štatistickými charakteristikami sú uvedené v tabuľke 2.

Tabuľka 2: Základné štatistické charakteristiky kontaktných uhlov θ , voľnej povrchovej energie γ_S a jej disperznej a polárnej zložky γ_S^d a γ_S^p pre bukové drevo a UV laky v tuhom skupenstve

Testovacia kvapalina	θ	s	γ_S		γ_S^d		γ_S^p		n	
			[°]		[mJm ⁻²]		[mJm ⁻²]			
drevo	Destilovaná voda	24,7	7,2	67,9	2,6	31,4	2,30	36,5	4,80	30
	Etylénglykol	15,5	6,2	46,1	1,3	29,0	0,05	17,0	1,30	30
	Formamid	13,4	6,0	56,2	1,6	39,3	0,12	17,0	1,70	30
	α -brómnaftalén	11,3	4,6	43,0	0,7	43,0	0,70	0,0	0,00	30
	Dijódmetán	33,5	4,0	43,1	1,6	42,6	1,70	0,5	0,17	30
základ. lak	Destilovaná voda	61,4	2,2	48,2	1,5	34,6	0,4	13,6	1,1	175
	Etylénglykol	37,7	2,2	39,1	0,9	28,2	0,2	10,9	0,7	165
	Formamid	43,6	1,2	44,8	0,6	37,6	0,2	7,2	0,4	155
	α -brómnaftalén	20,6	2,1	41,3	0,5	41,2	0,6	0,1	0,0	60
	Dijódmetán	31,6	3,0	43,9	1,1	43,5	1,3	0,4	0,1	120



Výsledky riešenia projektu (pokračovanie)

Testovacia kvapalina	θ	s	γ_S	s	γ_S^d	s	γ_S^p	s	n	
	[°]				[mJm ⁻²]					
vrchný lak	Destilovaná voda	68,4	2,9	43,3	2,1	32,9	0,8	10,4	1,3	190
	Etylénglykol	45,4	2,9	35,8	1,3	27,2	0,5	8,6	0,8	190
	Formamid	48,7	3,0	42,1	1,5	36,4	0,7	5,8	0,8	180
	α -brómnaftalén	23,5	2,5	40,5	0,7	40,4	0,7	0,1	0,0	45
	Dijódmetán	30,8	3,7	44,2	1,4	43,8	1,6	0,4	0,2	150

Voľná povrchová energia stanovená z rôznych kvapalín sa líšila po kvantitatívnej aj kvalitatívnej stránke tak v prípade dreva ako aj UV lakov v tuhom skupenstve. Výsledky v tabuľke 2 ukazujú na skutočnosť, že stanovené hodnoty voľnej povrchovej energie nie sú len výsledkom povrchových vlastností dreva resp. lakov, ale závisia aj od chemického zloženia použitého kvapalného štandardu. Rozdiely najmä pri dreve boli relatívne vysoké, čo je v rozpore s poňatím voľnej povrchovej energie ako materiálovej konštanty látok.

Z výsledkov v práci [3] vyplýva, že ku kompletnému stanoveniu voľnej povrchovej energie dreva nie je vhodné použiť samostatne žiadnu z uvedených kvapalín. Na základe výsledkov v práci [3] bol disperzný a polárny podiel voľnej povrchovej energie dreva stanovený osobitne pomocou vhodného nepolárneho a nepolárno-polárneho kvapalného štandardu (dijódmetán a voda). Keďže voľná povrchová energia látok predstavuje súčet jej disperzného a polárneho podielu, voľná povrchová energia hodnotených povrchov bola potom 79.1 mJ·m⁻² pre drevo, 57.1 mJ·m⁻² pre základný a 54.3 mJ·m⁻² pre vrchný UV lak. Všetky uvedené hodnoty sú vyššie ako hodnoty získané s použitím jednotlivých testovacích kvapalín. Na základe takto stanovenej voľnej povrchovej energie a jej zložiek pre drevo a laky v tuhom skupenstve, boli vypočítané termodynamické charakteristiky, popisujúce fázové rozhranie dreva s lakmi, uvedené v tabuľke 3 a 4.

Tabuľka 3: Práca adhézie kvapalného náteru k podkladu W_a , jej disperzná a polárna zložka W_a^d a W_a^p , práca kohézie kvapalného náteru W_c v a koeficient rozprestierania náterovej látky na podklade S .

druh UV laku	W_a	W_a^d	W_a^p	W_c	S
	[mJm ⁻²]				
základný lak (na dreve)	99,6	75,6	24,0	75,0	24,6
vrchný lak (na dreve)	104,7	61,0	43,7	69,8	34,9
vrchný lak (na základnom laku)	68,5	54,1	14,3	69,8	-1,4

Z výsledkov v tabuľke 3 vyplýva, že adhézia náterových látok v kvapalnom skupenstve k drevu je výsledkom interakcií nepolárnych a polárnych síl na fázovom rozhraní dreva s náterovými látkami. Dochádza tam predovšetkým k interakciám v rámci nepolárneho podielu voľnej povrchovej energie susedných fáz, a to v súvislosti s nízkou polaritou náterových látok. Kohézia náterových látok v kvapalnom skupenstve W_c je nižšia ako ich adhézia k drevu W_a , z čoho v súlade s rovnicou (8) vyplýva, že hodnoty koeficienta rozprestierania laku po dreve S sú vyššie ako 0. Náterové látky majú teda primárne schopnosť samovoľne sa rozprestierať po povrchu dreva, avšak táto je znížená vplyvom ich reologických vlastností.



Výsledky riešenia projektu (pokračovanie)

Tabuľka 4: Práca adhézie tuhého náteru k podkladu W_a a jej disperznej a polárnej zložky W_a^d a W_a^p , práce kohézie bukového dreva resp. podkladového laku W_{C1} a tuhých lakov W_{C2} .

druh UV laku	W_a	W_a^d	W_a^p	W_{C1}	W_{C2}
	[mJm ⁻²]				
základný lak (na dreve)	130,7	86,1	44,6	158,2	114,2
vrchný lak (na dreve)	125,4	86,4	39,0	158,2	108,5
vrchný lak (na základnom laku)	111,2	87,3	23,8	114,2	108,5

Pri porovnaní hodnôt práce adhézie W_a stanovených na fázovom rozhraní náterových látok v kvapalnom skupenstve k podkladu v tabuľke 3 s hodnotami W_a v tabuľke 4 sa ukázalo, že v priebehu zasychania sa adhézia náterových látok k podkladu zvýšila. Toto zvýšenie je pri základnom UV laku podmienené predovšetkým interakciami polárnej zložky voľnej povrchovej energie susedných fáz, zatiaľ čo pri vrchnom laku najmä interakciami disperznej zložky povrchovej energie, čo je v súlade s nepolárnou povahou lakov.

Z výsledkov v tabuľke 4 vyplýva, že $W_{C1} > W_a > W_{C2}$. Za predpokladu, že stabilita systému drevo – tuhý náter je podmienená výlučne kohéznymi silami dreva a laku a adhéziou na ich fázovom rozhraní, náterový film sa javí ako najslabšie miesto systému. Pri mechanickom namáhaní systému na ťah kolmo na fázové rozhranie dreva s tuhým náterom by malo preto dochádzať k porušeniu v nátere.

Potrebné je však brať do úvahy skutočnosť, že pod pojmom kohézia dreva sa rozumie kohézia ideálnej drevnej substancie bez pórov a pod pojmom kohézia tuhého náteru sa rozumie kohézia voľných filmov. Aby sme získali reálny obraz o skutočnom stave systému drevo – tuhý náter, bolo potrebné porovnať teoreticky vypočítané hodnoty práce adhézie a kohézie s výsledkami mechanického namáhania celého systému na ťah. Hrúbka tuhého laku a výsledky pull off testu sú uvedené v tabuľke 5.

Tabuľka 5: Hrúbka základného UV laku na bukových doskách a základné štatistické charakteristiky pevnosti v ťahu systému drevo – tuhý lak (pull off adhesion test).

Skúšobná plocha dreva	Hrúbka laku	σ	s	n
	[μ m]	[mJm ⁻²]		
Radiálna	85	4,15	0,53	19
Tangenciálna	111	4,90	0,52	18

Pri mechanických skúškach sa potvrdilo, že väčšinou dochádza ku kohéznemu porušeniu v laku v tesnej blízkosti fázového rozhrania s drevom, čo dobre korešponduje s teoreticky stanovenými hodnotami práce adhézie a kohézie.

Zo stanovených hodnôt práce adhézie ako aj z výsledkov pull off testu vyplýva, že testovaný UV lak má dobrú adhéziu k bukovému drevu. Výsledky sú v súlade aj s prácou [1]. V citovanej práci sa uvádza, že UV lak perfektne kopíruje povrch dreva a dobre sa mechanicky kotví v jeho pórovitej štruktúre.

Záver

V tejto práci sa stanovila práca adhézie a ďalšie termodynamické charakteristiky, ktoré popisujú interakcie povrchových síl na fázovom rozhraní dreva s vybranými náterovými látkami. Výsledky ukázali, že po vytvrdnutí UV lakov sa ich voľná povrchová energia podstatne zvýšila v porovnaní s lakmi v kvapalnom skupenstve. V priebehu zasychania sa zvýšila aj práca adhézie náterových látok k drevu. Mechanické skúšky stability systému drevo – náter potvrdili, že najslabším miestom systému je samotný náter v blízkosti fázového rozhrania.



Výsledky riešenia projektu (pokračovanie)

Literatúra

1. BONGIOVANNI, R. et al. 2002. High performance UV-cured coatings for wood protection. In *Prog. Org. Coat.* 2002, vol. 45, p. 359–363.
2. KLOUBEK, J. (1974) Calculation of surface free energy components of ice according to its wettability by water, chlorbenzene and carbon disulphide. *J. Colloid Interface Sci.* 46:185–190.
3. KÚDELA, J. 2014. Wetting of wood surface by liquids of a different polarity. In *Wood Research*, 2014, vol. 59, p. 11–24.
4. KÚDELA, J. – LIPTÁKOVÁ, E. 2006. Adhesion of coating materials to wood. In *J. Adhesion Sci. Technol.*, 2006, vol. 20, no. 8, p. 875–895.
5. LIPTÁKOVÁ, E. – KÚDELA, J. 1994: Analysis of the wood – wetting process. *Holzforschung* 48 (2): 139–144.
6. LIPTÁKOVÁ, E. – KÚDELA, J. – SARVAŠ, J. 2000. Study of the system wood - coating material I. Wood – liquid coating material. In *Holzforschung*, 2000, vol. 54, no. 2, p. 189–196.
7. LIPTÁKOVÁ, E. – KÚDELA, J. 2002. Study of the system wood – coating material. Part 2. Wood – solid coating material. In *Holzforschung*, 2002, vol. 56, no. 5, p. 547–557.
8. MALDAS, D.C. – KAMDEM, D.P. 1998. Surface tension and wettability of CCA-treated red maple. In *Wood Fiber Sci*, 1998, Vol. 30, Issue 4, p. 368–373.
9. PIAO, C. – WINANDY, J. E. – SHUPE, T. F. 2010. From hydrophilicity to hydrophobicity: a critical review: Part I. Wettability and surface behavior. In *Wood Fiber Sci*, 2010, vol. 42, no.4, p. 490–510.
10. SARVAŠ, J. 2004. *Vplyv vlhkosti dreva na kvalitu povrchovej úpravy náterovými látkami*: dizertačná práca. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2004, 105 s.
11. ŠTRBOVÁ, M. – WESSERLE, F. – KÚDELA, J. 2013. Contact angle measurement on wood by drop shape analysis. In *Science for Sustainability – International Scientific Conference for PhD Students, proceedings* (Eds. Neményi et al.), Győr: University of West Hungary, Maďarsko, 2013, p.16–22. ISBN 978-963-334-103-2.
12. WESSERLE, F. – IHRACKÝ, P. – KÚDELA, J. 2013. *Zmáčanie dreva kvapalinami a jeho termodynamické charakteristiky* (IPA projekt), Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2013. 12 s.
13. WESSERLE, F. 2013. *Vplyv vybraných faktorov na zmáčanie a termodynamické charakteristiky dreva*: Dizertačná práca. Drevárska fakulta. Technická univerzita vo Zvolene, 2013, 95 s.

b.) uplatnenie výsledkov a ich prínos v riešenej problematike

Dosiahnuté výsledky rozširujú teóriu interakcií na fázovom rozhraní dreva s náterovými látkami v oblasti ekologických náterových látok, vytvrdzujúcich UV žiarením. Budú slúžiť ako významný podkladový materiál pre výrobcov aj používateľov UV lakov. Výsledky budú využité pri ďalšom výskume procesov prebiehajúcich na fázovom rozhraní drevo – náterová látka ako aj vo vyučovacom procese v predmete Procesy povrchovej úpravy.



Zoznam výstupov, ktoré vznikli na základe výsledkov projektu

- a) publikované výstupy
- b) zoznam výstupov odovzdaných do tlače v roku 2014
- c) iné výstupy

Publikačnú činnosť vykázať v súlade s Organizačnou smernicou č. 7/2013 o bibliografickej registrácii a kategorizácii publikačnej činnosti, umeleckej činnosti a ohlasov na TU vo Zvolene.

Separáty publikačných výstupov tvoria prílohu záverečnej správy. V publikácii musí byť uvedené pod'akovanie IPA.



a) publikované výstupy

KÚDELA, J.- ŠTRBOVÁ, M.- TESAŘOVÁ, D. (2014): Adhesion of solid films of UV-curable coatings to beech wood. In Book of Abstracts of the International Scientific Conference „Surface Engineering 2014“, High Tatras, October 23-24, 2014, ISBN:978-80-553-1816-5.

KÚDELA, J.- MRENICA, L.- ŠMÍRA P.- ČUNDERLÍK, I. (2014): Surface modification of wood structural elements induced by cleaning with dry ice. In Book of Abstracts of the International Scientific Conference „Surface Engineering 2014“, High Tatras, October 23-24, 2014, ISBN: 978-80-553-1816-5.

b) zoznam výstupov odovzdaných do tlače v roku 2014

ŠTRBOVÁ, M.- TESAŘOVÁ, D. - KÚDELA, J. (2015): Adhesion of UV-curable Coatings to Beech Wood. In Materials Science Forum, 2015, ISSN:0255-5476.

**Čerpanie bežných výdavkov spojených s riešením výskumného projektu:**

Cestovné náhrady	113,40
Konferencie, sympóziá, semináre	300,00
Sieťové odvetvia - Komunikácie	-
Literatúra	-
Vzorkový materiál	66,20
Drobný hmotný majetok	-
Materiál, pracovné nástroje	177,74
Rutinná a štandardná údržba	-
Mzdové náklady (max. 15 %)	-
Dohody o vykonaní práce (max. 10 %)	22,00
Spolu	679,34 €

Rozpis čerpania pridelených finančných prostriedkov na riešenie projektu:**Cestovné náklady:**

2 x aktívna účasť na konferencii „Povrchové inžinierstvo 2014“ v Tatrách (56,70 €),

(Ing. M. Štrbová, Mgr. L. Mrenica – ubytovanie, cestovné, stravné).....**113,40 €****Konferencie:**

2 x účastnícky poplatok na konferenciu „Povrchové inžinierstvo 2014“ v Tatrách (150 €),

(Ing. M. Štrbová, Mgr. L. Mrenica)..... **300,00 €****Vzorkový materiál:**chemikálie **66,20 €****Pracovné nástroje:**

mikrostriekačky na meranie kontaktného uhla (3 x 46,68)

laboratórne sklo (37,70 €),

.....**177,74 €****Dohody o vykonaní práce:**2 x odmena vo výške 11,00 € (Ing. M. Štrbová, Mgr. L. Mrenica)..... **22,00 €****Spolu: 679,34 €**

IPA
TUZVO

Interná projektová agentúra TUZVO

Technická univerzita vo Zvolene
Referát vedeckovýskumnej činnosti
T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovensko
tel:045/5206 416, <http://www.tuzvo.sk>



<p>Názov a adresa pracoviska:</p> <p>Technická univerzita vo Zvolene Drevárska fakulta Katedra náuky o dreve T. G. Masaryka 24 960 53 Zvolen</p>	<p>Vyjadrenie fakulty, resp. org. súčasti TUZVO (prodekan pre VVČ, resp. ním poverený zástupca, riaditeľ org. súčasti)</p> <p>.....</p> <p>Dátum a podpis:</p>
--	--