

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/119



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J4-2177
Naslov projekta	Razvoj okolju prijaznih lepil iz obnovljivih rastlinskih polimerov
Vodja projekta	16382 Milan Šernek
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	5310
Cenovni razred	A
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	481 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	4 BIOTEHNIKA 4.01 Gozdarstvo, lesarstvo in papirništvo 4.01.02 Lesarstvo
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.05
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

Cilj raziskovalnega projekta je bil razviti in proizvesti lepila na osnovi naravnih, obnovljivih in zdravju neškodljivih surovin, jih pripraviti za lepljenje lesa in lesnih kompozitov ter proučiti kakovost zlepljenosti. Začetne raziskave so pokazale, da je lahko utekočinjen les (UL) pridobljen iz lesnih ostankov primeren material za izdelavo lepil. Izbrali smo topolove lesne ostanke, ki smo jih utekočinili z etilen glikolom (EG) in žveplovo kislino. Optimalni čas utekočinjanja je znašal

120 minut pri 180 °C, razmerje med topolovino in EG pa 1:3. Proučili smo vpliv količine EG v UL, vpliv dodatka tanina, vrednosti pH UL ter temperature in časa lepljenja na strižno trdnost zlepljenih spojev. Z optimiziranim postopkom utekočinjanja smo pridobili končni UL z razmerjem med topolovino in EG 1:1. Optimalni pogoji za lepljenje 5 mm debelih bukovih lamel s tem UL so bili 12 minut pri 180 °C. Zlepljeni spoji so v suhih pogojih dosegli strižno trdnost 7 MPa. Kljub sorazmerno majhni strižni trdnosti je bil delež loma po lesu visok (običajno 100 %), kar je bila posledica nizke vrednosti pH UL in visoke temperature lepljenja. To je povzročilo poškodbe površin lepljenih lamel na območju penetracije UL. S svetlobno in elektronsko mikroskopijo smo zato podrobno proučili zgradbo spoja in ugotovili, da so bili spoji zgrajeni iz centralnega dela z delno karboniziranimi lesnimi celicami in ozkega sloja delno delignificiranih celic na meji med karboniziranim delom in nepoškodovanim tkivom lepljene lamele. V tem sloju je spoj razpokal in se poškodoval.

Z diferenčno dinamično kalorimetrijo je bilo ugotovljeno, da je proces utrjevanja UL potekal v dveh fazah. V začetni fizikalni fazi je bilo prisotno odstranjevanje vode in EG iz UL, tej pa je sledila eksotermna kemijska reakcija. FT-IR spektroskopija je pokazala, da se je kemijska zgradba UL po utrditvi spremenila, medtem ko dodatek tanina na sestavo ni imel bistvenega vpliva. Z dielektrično analizo smo izvedli in-situ meritve utrjevanja UL med lepljenjem lesa in ugotovili, da se je utrjevanje pričelo, ko je temperatura v spoju dosegla 100 °C. To je bilo povezano z izhlapevanjem vode in EG iz UL v okolico ter difuzijo v lepljenec. Reološke meritve z reometrom ARES G2 so potrdile vpliv substrata na utrjevanje UL med lepljenjem.

Končna ugotovitev je bila, da je UL proizveden iz lesnih ostankov, ki predstavljajo obnovljiv in neškodljiv naravni material, primeren za lepljenja lesa v manj zahtevnih primerih v pohištveni industriji. Za zahtevnejša lepljenja je potrebno UL mešati z drugimi lepili, kar smo uspešno izvedli z urea-formaldehidnim (UF) in melamin-urea-formaldehidnim (MUF) lepilom. Ugotovili smo, da je lahko 20 - 30 % sintetičnega lepila zamenjanega z UL, da lepilni spoji še izkazujejo zadostno trdnost glede na zahteve standardov. Ker je bil del lepilne mešanice izdelan na osnovi obnovljivega naravnega vira, je ta rezultat z ekološkega vidika zelo obetaven za aplikacijo.

ANG

The objective of this research project was to develop and produce adhesives from natural, renewable and harmless sources, to prepare adhesives for bonding of wood and wood-based composites, and to determine the quality of bonding. Several initial studies have shown, that the liquefied wood (LW) produced from wood residues was suitable material for preparation of adhesives. Residues from black poplar wood were liquefied using ethylene glycol (EG) as a solvent and sulphuric acid as a catalyst. An optimal time of 120 minutes and a wood/EG mass ratio of 1:3 were defined for liquefaction at 180 °C. With an optimized liquefaction procedure, we obtained the final LW with the ratio between the poplar and EG of 1:1. Optimum press conditions for bonding 5 mm thick beech lamellas with this LW were 12 minutes at press temperature of 180 °C. At such conditions it was possible to obtain dry shear strength of bonds of about 7 MPa, which was relatively low. Nevertheless, the percentage of wood failure was high (usually 100 %), which was the consequence of low pH value of LW and high press temperature. This caused the damage and deterioration of wood lamellas in the locations of penetration of LW. The structure of the bond was analysed by using light and electron microscopy. Bonds were formed of the central part of partially carbonised wood cells and a narrow layer of partially delignified cells at the boundary between carbonised part and intact tissue of bonded lamellas. In this part of bond cracks and defects occurred.

Differential dynamic calorimetry showed that the curing process of LW took place in two phases. In the initial physical phase the removal of water and EG from LW was present. This phase was followed by an exothermic chemical reaction. FT-IR determined that the chemical structure of LW changed after the curing, whereas the addition of tannin had no significant effect on the composition. The dielectric analysis was used for in-situ measurements of the curing of liquefied wood during the bonding of wood. It was found that curing started after a temperature of 100 °C had been reached in the bond. This is correlated with the water evaporation and the diffusion of water and EG from the liquefied wood into the wood substrate. Rheological measurements with rheometer ARES G2 proved the influence of the substrate on the curing of the LW during bonding.

The final conclusion was that the LW produced from wood residues, which present renewable and harmless natural source, was suitable for bonding of wood for application in the furniture industry. For more complex use, where a higher strength is required, LW should be mixed together with the synthetic adhesives. Successful studies in this respect were done with urea-formaldehyde (UF) and melamine-urea-formaldehyde (MUF) adhesive, where 20 - 30 % synthetic adhesive was replaced with the LW, but the shear strength of the bond attained the required standards. This result was very promising for application from environmental point of view, since the part of adhesive mixture was made from renewable natural source.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Lepila na osnovi naravnih surovin so bila v prvi polovici dvajsetega stoletja večinoma zamenjana s sintetičnimi lepili, ki trenutno prevladujejo pri proizvodnji lesnih kompozitov in pohištva. Večina teh lepila vsebuje fenol, resorcinol, ureo ali melamin in formaldehid ter so v večini izdelana iz naftnih derivatov. Zaradi tega so zdajšnja sintetična lepila na osnovi formaldehida problematična iz več vidikov (okoljski, zdravstveni, ekonomski), kar nakazuje potrebo po razvoju okolju prijaznih alternativnih lepil za les iz obnovljivih surovin. Osveščenost in okoljski pritiski so prispevali k premiku v različnih vejah gospodarstva k uporabi obnovljivih virov ter spodbudili zanimanje za razvoj novih polimerov iz rastlinskih virov ali njihovih ostankov. V proizvodnji različnih polimernih materialov na osnovi naravnih virov se tako uporablja vse več stranskih produktov in ostankov kot so lesni ostanki, biomasa, lignin, tanin. Uporaba teh stranskih produktov in/ali njihova reciklaža za polimere, ki bodo v lepilih za les nadomestili sintetično komponento, bo pomenila zmanjšanje okoljske problematike in povečala dodano vrednost tem produktom.

Med materiale rastlinskega izvora spada utekočinjen les (UL), ki je produkt solvolize lesa z uporabo topil, katalizatorja in primerno visoke temperature. UL izkazuje nekatere lastnosti, ki so potrebne za učinkovito lepljenje lesa (kohezija in adhezija). Postavljene so bile hipoteze, da je mogoče les topola z optimizacijo procesa utekočinjanja uspešno utekočiniti, pri čemer bi bilo namesto glicerola uporabljeno topilo z nižjo temperaturo vrelišča. Zaradi nižje temperature vrelišča bo mogoče iz UL odstraniti delež topila s pomočjo podtlaka in povišane temperature, pri čemer bo imel UL manjši delež topila oz. večji delež suhe snovi oziroma lesa. Predpostavljeno je bilo, da z optimizacijo določenih lastnosti UL in izbiro primernih parametrov lepljenja (temperatura in čas lepljenja) lahko dosežemo spoje s konstantno strižno trdnostjo. V kolikor ta trdnost ne bi bila zadostna, bi kot alternativo čistemu UL za lepljenje lesa uporabili lepilne mešanice, v kateri bi del sintetične smole zamenjali z UL.

Zasnovane in izvedene so bile številne raziskave, kjer je bil postopek utekočinjanja topolovine optimiziran. Ugotovljeno je bilo, da je kot topilo primeren etilen glikol (EG) in žveplova kislina kot katalizator. Topolovina je bila pred utekočinjanjem zmleta s pomočjo rotacijskega mlina s čimer smo pridobili frakcije manjše od 1 mm, ki smo jih 24 ur sušili pri 103 ± 2 °C. V procesu optimizacije utekočinjanja v steklenem reaktorju smo zmleto topolovino zmešali z EG v petih različnih razmerjih med topolovino in EG: 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 in 1:5. Dodatek žveplove kisline je znašal 3 % glede na maso EG, temperatura utekočinjanja pa je bila 180 °C. Poleg optimalnega razmerja smo določili še minimalen čas utekočinjanja pri katerem je bil dosežen najboljši izkoristek utekočinjanja. Po končanem utekočinjanju smo UL raztopili z mešanico 1,4-dioksana in vode s čimer smo zagotovili lažjo filtracijo. Po končani filtraciji smo pri 55 °C in postopnim večanjem podtlaka od sobnega tlaka do 10 mbar odstranili mešanico 1,4-dioksana in vode, v nadaljevanju pa smo pri 120 °C in 10 mbar odstranjevali še EG ter pridobili končni produkt - UL z razmerjem med lesom in EG 1:1. Pri tem je bil izkoristek utekočinjanja pri optimalnih pogojih nad 90 %. UL je bila določena površinska napetost in gostota v odvisnosti od končnega razmerja med lesom in topilom v utekočinjenem produktu.

Sledile so raziskave lepljenja lesa z UL v klasični vroči stiskalnici. Lepljenje 5 mm debelih bukovih lamel in testiranje strižnih preskušancev je potekalo v skladu s standardom EN 205. Nanos UL je vedno znašal 200 g/m², specifični tlak lepljenja pa 1,5 MPa oz. 0,6 MPa. Na strižno

trdnost preskušancev zlepljenih z UL so pomembno vplivali razmerje med topolovino in EG v UL, vrednost pH UL ter temperatura in čas lepljenja v vroči stiskalnici. Z manjšim deležem EG v UL (razmerje med topolovino in EG 1:1) je bila dosežena večja strižna trdnost spojev zlepljene bukovine, kot v primeru uporabe UL z razmerjem med topolovino in EG 1:3. Strižna trdnost lepljencev je bila namreč po 50 dneh klimatiziranja v primeru UL z razmerjem 1:1 večja (6,4 MPa) kot v primeru UL z razmerjem 1:3 (5,6 MPa). Poleg tega smo z zmanjšanjem deleža EG zagotovili primernejšo viskoznost UL za nanašanje na površino lesa ter najverjetneje zagotovili optimalnejšo omočitev površine in penetracijo UL v strukturo lesa. Dodatek kondenzirajočega tanina ni imel bistvenega vpliva na strižno trdnost spojev. Vrednost pH UL je bila zelo nizka, kar je povzročilo poškodbe površine lepljenih lamel v območju penetracije UL. S spreminjanem vrednosti pH UL do vrednosti 5,20 je bila poškodba površin opazno zmanjšana, vzporedno s tem pa so se drastično zmanjšale tudi vrednosti strižne trdnosti spojev. Za lepljenje lesa je bil torej najprimernejši nemodificiran UL z najnižjo vrednostjo pH. Tako temperatura kot čas lepljenja sta imela pomemben vpliv na strižno trdnost spojev. Ugotovljeno je bilo, da je za lepljenje dveh 5 mm debelih bukovih lamel z vidika strižne trdnosti optimalna temperatura 180 °C in čas lepljenja 12 min. Pri tem so preskušanci izkazovali strižno trdnost spojev v suhih pogojih okoli 7 MPa, delež loma po lesu pa je bil velik (okoli 100 %). Strižna trdnost spojev vseeno ni zadostila zahtevam standarda EN 12765:2002, ki za duromerna lepila za nekonstrukcijsko uporabo v suhih pogojih (razred C1) zahteva trdnost vsaj 10 MPa. Poleg tega so bili spoji slabo odporni na vodo in vlago.

Zato smo podrobneje proučili zgradbo spoja pri lepljenju lesa z UL in kemijsko sestavo spoja ter proces utrjevanja. Zgradbo spoja nastalega pri lepljenju bukovine z UL smo analizirali s svetlobno mikroskopijo, kemijsko zgradbo specifičnih delov spoja pa proučevali s FT-IR mikrospektroskopijo in CNS elementno analizo. Zgradbo spoja smo dodatno osvetlili še z vrstično elektronsko mikroskopijo, ki je bila izvedena na suhih lesenih vzorcih, ki so vsebovali spoj. Proces utrjevanja UL smo spremljali z visokotlačnim diferenčnim dinamičnim kalorimetrom. Meritve so potekale s 30 µl platinastimi lončki v visokotlačni celici z dušikovo atmosfero. Utrjevanje UL med lepljenjem lesa smo spremljali z dielektrično analizo. Vpliv substrata na utrjevanje UL med lepljenjem smo proučevali z reometrom. Poleg aluminijastih diskov smo za reološke oscilatorne teste uporabili še bukovne diske s premerom 25 mm.

Ugotovili smo, da je bila zgradba spoja, ki je nastala pri lepljenju bukovih lamel z UL, zelo netipična v primerjavi z zgradbo spoja pri lepljenju s sintetičnimi lepili za les. Spremenila se je tudi kemijska sestava celičnih sten lesnih celic bukovih lamel, ki so bile v stiku z UL. Spoj nastal med lepljenjem lesa z UL je bil zgrajen iz dveh delov in sicer iz centralnega dela, ki ga tvorijo karbonizirane celice lepljene lamele in produkti nastali med utrjevanjem UL ter ozkega sloja delno delignificiranih celic na meji med nepoškodovanim tkivom lepljene lamele ter centralnim karboniziranim slojem. Z veliko verjetnostjo lahko trdimo, da je bil razlog za majhno strižno trdnost ob sorazmerno velikem deležu loma po lesu ter slabo vodoodpornost spojev nastalih pri lepljenju lesa z UL v mejnem sloju delignificiranih celic.

Utrjevanje UL je bilo sestavljeno iz dveh zaporednih faz. V začetni fizikalni fazi je bilo prisotno izhlapevanje oz. odparevanje vode in EG iz UL v okolico in/ali njuna difuzija v lepljene lamele. Ko je bila količina vode in EG v UL dovolj majhna, se je začela faza s kemijskim utrjevanjem UL. Z reološkimi meritvami smo proučevali vpliv različnih substratov na potek utrjevanja UL. Za analize so bili kot substrat uporabljeni aluminijasti in leseni diski ter njihova kombinacija. Potrjeno je bilo, da je proces utrjevanja UL v veliki meri odvisen od odstranitve vode in etilen glikola iz UL, čemur pri višjih temperaturah sledi dejansko kemijsko utrjevanje. Ugotovili smo, da ima vrsta substrata velik vpliv na utrjevanje UL, saj se je proces utrjevanja UL v primeru lesenih diskov pričel pri 20 °C nižjih temperaturah kot v primeru aluminijastih diskov.

Na osnovi ugotovitev lahko povzamemo, da je UL proizveden iz lesnih ostankov, primeren za lepljenja lesa v manj zahtevnih primerih v pohištveni industriji. Za zahtevnejša lepljenja je potrebno UL mešati z drugimi lepili, kar smo uspešno izpeljali z urea-formaldehidnim (UF) in melamin-urea-formaldehidnim (MUF) lepilom. Ugotovili smo, da je lahko 20 - 30 % sintetičnega lepila zamenjanega z UL, da lepilni spoji še izkazujejo zadostno trdnost glede na zahteve standardov. Ker je bil del lepilne mešanice izdelan na osnovi obnovljivega naravnega vira, je ta rezultat z ekološkega vidika zelo obetaven za aplikacijo. S takimi lepili so bile izdelani trislojni lamelirani lepljenci, furnirne vezane plošče in iverne plošče. Za hitrejše segrevanje lepilnega spoja

do relativno visoke temperature, ki je potrebna za utrjevanja UL, smo uporabili visokofrekvenčno tehnologijo segrevanja in na ta način razpolovili čas stiskanja glede na čas pri klasičnem načinu vročega lepljenja.

Raziskovalno delo v okviru projekta je bilo razširjeno v smislu bilateralnega sodelovanja med Univerzo v Ljubljani, Slovenija in Oregon State University, ZDA, v okviru projekta: Lepljenje viskoelastično toplotno zgoščenega lesa z okolju prijaznimi lepili.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Raziskovalni cilji projekta so bili v celoti realizirani glede na program dela. Opravljene so bile podrobne analize procesa utrjevanja utekočinjenega lesa s čimer smo z omenjenimi rezultati med prvimi raziskovalci na svetu na tem področju. Ugotovljeno je bilo, da v primarni fazi poteka odstranjevanje vode iz UL, čemur sledi odstranjevanje utekočinjevalnega reagenta (etilen glikola). Ko je ta proces zaključen in ko je količina etilen glikola v UL dovolj nizka, nastopi kemijska reakcija pri kateri začnejo depolimerizirani produkti nastali med utekočinjanjem lesa, med sabo tvoriti zamreženo strukturo.

Ugotovili smo, da pri lepljenju lesa z UL bistveno vlogo igra les kot substrat, saj omogoča, da voda in etilen glikol poleg izparevanja iz UL v ozračje, še dodatno difundirata iz UL v lesene lamele. S tem je zagotovljena skrajšana začetna faza utrjevanja, kar pomeni, da se utrjevanje začne hitreje oziroma pri nižjih temperaturah kot v primeru lepljenja neporoznih materialov.

Z mikroskopskimi analizami smo osvetlili problematiko nezadostne strižne trdnosti zlepljenih spojev in slabe vodoodpornosti. Dokazano je bilo, da med lepljenjem z UL prihaja do depolimerizacije oziroma »utekočinjanja« površine lepljenih lamel, produkti depolimerizacije pa pri dovolj visokih temperaturah med sabo reagirajo. Pri tem se tvori spoj, ki je delno karboniziran. Slaba vodoodpornost in nezadostna strižna trdnost sta posledici šibkega člena spoja, ki ga predstavlja ozek pas delignificiranih celic, ki niso bile podvržene polimerizaciji. Opravljena je bila podrobna kemijska analiza UL pred in po utrjevanju.

Izdelane so bile tudi lepilne mešanice iz UL in urea-formaldehidnega ter melamin-urea-formaldehidnim lepila. S temi lepilnimi mešanicami so bili s klasično in visokofrekvenčno tehnologijo izdelani različni lesni kompoziti, med njimi trislojni lamelirani lepljenci, furnirne vezane plošče in iverne plošče. Ugotovljene so bile okoljske, biološke, fizikalne in mehanske karakteristike izdelanih kompozitov z UL.

Rezultati so bili podrobno statistično analizirani, uporabljeni in predstavljeni na več mednarodnih znanstvenih konferencah ter v več domačih in tujih znanstvenih publikacijah. Izdelana je bila doktorska disertacija. Več znanstvenih prispevkov je bilo pripravljenih in sprejetih v objavo.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Program raziskovalnega projekta je bil vsebinsko in po obsegu izveden v skladu s predlogom raziskovalnega projekta. V delo na projektu je bil v letu 2011 uveden mladi raziskovalec Matjaž Čop (34330), ki je v okviru usposabljanja spoznal področje utekočinjenega lesa. Iz projektne skupine pa sta odšla Matija Kranjc (30737) in Franc Budija (28502), ker nista bila več zaposlena v naši raziskovalni organizaciji oziroma sta zaključila usposabljanje. Drugih sprememb v realizaciji projekta ni bilo.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek		
1.	COBISS ID	2034057
		Vir: COBISS.SI

Naslov	SLO	Vpliv parametrov stiskanja na strižno trdnost bukovih preskušancev zlepljenih z utekočinjenim lesom z nizko vsebnostjo topila
	ANG	Effect of pressing parameters on the shear strength of beech specimens bonded with low solvent liquefied wood
Opis	SLO	Utekočinjen les (UL) je material pridobljen iz naravnega vira, ki ima potencial za uporabo v lepilih za les. Lahko se ga uporablja kot del formulacije polimerov, kot del lepilne mešanice s komercialnimi lepili ali kot samostojen material za lepljenje lesa. V tej raziskavi smo les utekočinili pri 180 °C z etilen glikolom kot topilom in žveplovo kislino kot katalizatorjem. V prvem delu raziskave je bil za 15 minutno lepljenje lesa pri 200 °C uporabljen UL z različnimi vrednostmi pH. V drugem delu je bil UL z optimalno vrednostjo pH uporabljen pri 15 minutnem lepljenju in različnih temperaturah lepljenja. V tretjem delu je bil določen optimalni čas lepljenja glede na predhodno določeno vrednost pH in temperaturo lepljenja. Nemodificiran UL z negativno vrednostjo pH, temperatura lepljenja 180 °C in čas lepljenja 12 minut so bili optimalni parametri (z vidika doseganja čim večje strižne trdnosti) za lepljenje 5 mm debelih bukovih lamel. Pri teh pogojih je bila dosežena strižna trdnost okoli 7 N/mm ² , ki pa ni zadostila zahtevam standarda. Kljub sorazmerno majhni strižni trdnosti je bil ugotovljen velik delež loma po lesu (100 %), kar je posledica nizke vrednosti pH UL in visoke temperature lepljenja. Takšni pogoji so namreč povzročili poškodbo površine lepljenih lamel na območju penetracije UL.
	ANG	Liquefied wood (LW) is a naturally based product which has the potential to be used as an adhesive. It can be used as a part of a polymer formulation, as a part of an adhesive mixture with commercial adhesives, or as an independent material for wood bonding. In this study, wood was liquefied at 180 °C using ethylene glycol as the solvent and sulphuric acid as a catalyst. In the first part of research, LW with different pH values was used for the bonding of solid wood at 200 °C for 15 min. In the second part, LW with an optimal pH value was used for bonding at different press temperatures for 15 min. In the third part, the minimum pressing time at the optimal pH value and at the optimal press temperature was determined. Unmodified LW with a negative pH value, a press temperature of 180 °C, and a pressing time of 12 min was determined to be optimal (based on highest shear strength) for the bonding of 5 mm thick wood lamellas with the LW used in this study. At these conditions bonds exhibited shear strength of around 7 N/mm ² which was too low to attain standard requirements. Despite this, high wood failure (100 %) was observed as a consequence of low pH value and high press temperature which caused damage of the part of beech lamellas where LW was applied.
Objavljeno v	VSP; Journal of adhesion science and technology; 2012; Vol. 26, no. v tisku; str. 1-14; Impact Factor: 0.948; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.785; WoS: II, PM, PU; Avtorji / Authors: Ugovšek Aleš, Šernek Milan	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2. COBISS ID	2058889	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Mikroskopska analiza spoja nastalega pri lepljenju lesa z utekočinjenim lesom
	ANG	Microscopic analysis of the wood bond line using liquefied wood as adhesive
		Pri lepljenju bukovine (<i>Fagus sylvatica</i> L.) z utekočinjenim lesom so prisotne poškodbe površine lepljene lamele, kar se izkazuje v velikem deležu loma po lesu ob relativno majhni strižni trdnosti spojev. Za ugotavljanje zgradbe spoja so bile uporabljene svetlobna mikroskopija, vrstična elektronska mikroskopija, FT-IR mikro-spektroskopija in elementna (CNS) analiza. Med lepljenjem lesa z utekočinjenim lesom so se delno razgradili lignin, del celuloze in hemiceluloze v celicah površine lesa, ki so

Opis	SLO	bile v stiku z utekočinjenim lesom. Ob visokih temperaturah, ki so bile prisotne med procesom lepljenja, je v nadaljevanju prišlo do delne karbonizacije teh celic. Šibek mejni sloj, kjer je spoj razpokal, je predstavljal ozek sloj delno delignificiranih celic, ki so se nahajale na meji med delno karboniziranimi celicami na eni strani ter celicami nepoškodovanega lesa lepljenca na drugi. Zgradba spoja, formiranega v postopku lepljenje lesa z utekočinjenim lesom, je bila zelo netipična v primerjavi s spoji, ki nastanejo pri lepljenju lesa s sintetičnimi lepili, saj ni bilo prisotnega lepilnega filma, mejni sloj med lepilom in lepljencem ni bil jasen, celice na območju podpovršine lepljenca pa so bile poškodovane.	
	ANG	The bonding of beech (<i>Fagus sylvatica</i> L.) with liquefied wood (LW) causes deterioration of the wood surface, resulting in a high percentage of wood failure at a relatively low bond shear strength. Light microscopy, scanning electron microscopy, FT-IR micro-spectroscopy and elemental carbon, nitrogen and sulphur (CNS) analysis techniques were used to investigate the formation of such bonds. It was assumed that the degradation of lignin, hemicelluloses and parts of the cellulose occurred in the cells of the wood surface where the LW had been applied. At the elevated temperatures occurring during the bonding process, the deteriorated cells were carbonised to some extent. The weak boundary layer of the bond was determined to be a layer of delignified cells located between the zone of partly carbonised cells on the one side and the cells of the undamaged wood of the adherend on the other side. The bonds which formed during the bonding of wood with LW were found to be very untypical compared to bonds formed by synthetic wood adhesives. No adhesive film was formed, the adhesive-adherend interface was not clear and the cells of the adherend subsurface were damaged.	
	Objavljeno v	VSP; Journal of adhesion science and technology; 2012; str. 1-12; Impact Factor: 0.948; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.785; WoS: II, PM, PU; Avtorji / Authors: Ugovšek Aleš, Sever Škapin Andrijana, Humar Miha, Šernek Milan	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	1024488788	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Omočitev in kakovost lepljenja VTC zgoščene bukovine in smrekovine zlepljene s fenol-formaldehidnim lepilom in utekočinjenim lesom	
	ANG	The wettability and bonding performance of densified VTC beech (<i>Fagus sylvatica</i> L.) and Norway spruce (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.) bonded with phenol-formaldehyde adhesive and liquefied wood	
Opis	SLO	Ovrednoten je bil vpliv viskoelastične toplotne zgostitve (VTC) na omočitev površine in kakovost lepljenja lesa. Bukovina (<i>Fagus sylvatica</i> L.) in smrekovina (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.) nizke kakovosti sta bili zgoščeni z VTC procesom do različnih stopenj zgostitve. Kontrolni in zgoščeni trakovi lesa so bili zlepljeni s fenol-formaldehidnim (FF) lepilom in utekočinjenim lesom (LW). Ugotovljena je bila strižna trdnost lepilnih spojev po 1 tednu klimatiziranja pri 20 °C in relativni zračni vlažnosti 65 %. Omočitev je bila določena na podlagi merjenja kontaktnega kota vode, FF lepila in LW z uporabo Wilhelmy-jeve metode. Rezultati so pokazali, da zgoščevanje bukovine in smrekovine ni bistveno vplivalo na strižno trdnostjo spojev preskušancev, ki so bili lepljeni s FF lepilom. V bukovih preskušancih, ki so bili zlepljeni z LW, pa se je strižna trdnost spojev občutno zmanjšala zaradi povečane gostote, medtem ko padec strižne trdnosti pri smrekovi preskušancih ni bil bistven. Ugotovljeno je bilo, da stopnja zgostitve in postopek lepljenja nista bila ustrezna za smrekove preskušance, saj je prišlo do večjih deformacij po lepljenju. Omočitev površine lesa se je bistveno spremenila zaradi zgostitve. Kontaktni kot vode in LW se je po zgostitvi povečal, medtem ko je bil trend obrnjen v primeru FF, kjer se je kontaktni kot po postopku VTC zmanjšal. Poleg tega stopnja zgostitve ni	

		imela bistvenega vpliva na omočitev.
	ANG	The influence of viscoelastic thermal compression (VTC) on surface wettability and bonding performance of wood was evaluated. Low quality beech (<i>Fagus sylvatica</i> L.) and Norway spruce (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.) were densified with the VTC process to different degrees of densification. Control and densified strips were bonded with phenol-formaldehyde (PF) adhesive and liquefied wood (LW). Shear strength of bonded assemblies was determined after 1 week of conditioning at 20 °C and relative humidity of 65 %. Wettability was determined on the basis of the contact angle of water, PF adhesive, and LW using the Wilhelmy method. Results showed that densification of beech and spruce wood did not significantly affect the shear strength of specimens bonded with PF adhesive. In beech assemblies bonded with LW shear strength decreased significantly with increased density, whereas in bonded spruce specimens decrease of shear strength was not significant. It was found that degree of densification and bonding process used in the study were not appropriately chosen for spruce wood specimens, since major deformations after the bonding process occurred. Wettability changed significantly after densification. Contact angle of water and LW increased after densification, whereas contact angle of PF showed inverse trend and decreased after VTC process. Furthermore, the degree of densification had a minor effect on the wettability.
	Objavljeno v	Springer-Verlag; Holz als Roh- und Werkstoff; 2013; str. 1-9; Impact Factor: 0.606; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.739; WoS: KA, PJ; Avtorji / Authors: Ugovšek Aleš, Kamke Frederick A., Šernek Milan, Pavlič Matjaž, Kutnar Andreja
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	1935753 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Vpliv količine topila v utekočinjenem lesu in dodatka kondenzirajočega tanina na kakovost lepljenja
		ANG The influence of solvent content in liquefied wood and of the addition of condensed tannin on bonding quality
	Opis	SLO Cilj raziskave je bil izboljšati trajnost spojev zlepljenih z utekočinjenim lesom (UL). UL je bil pridobljen s postopkom utekočinjanja topolovine in uporabo etilen glikola kot topila ter žveplove kisline kot katalizatorja. Ugotovljen je bil optimalni čas utekočinjanja 120 minut pri 180 °C ter masno razmerje med topolovino in topilom 1:3. Po utekočinjanju je bil večji del etilen glikola odstranjen, s čimer smo dosegli UL z nizko vsebnostjo topila in končnim razmerjem 1:1. Pripravljene so bile štiri različne lepilne mešanice: UL z masnim razmerjem 1:1, UL z masnim razmerjem 1:3, UL z masnim razmerjem 1:1 in dodanim kondenzirajočim taninom ter UL z masnim razmerjem 1:3 in dodanim kondenzirajočim taninom. Masivne bukove lamele zlepljene s temi lepilnimi mešanicami smo testirali takoj po lepljenju ter kasneje po 7, 30 in 50 dneh. Rezultati testov so izkazali večjo strižno trdnost spojev v primeru UL z masnim razmerjem 1:1 kot v primeru UL z masnim razmerjem 1:3. Dodatek kondenzirajočega tanina ni prispeval k bistveno višjim strižnim trdnostim.
		ANG The aim of this study was to increase the durability of adhesive bonds containing liquefied wood (LW). LW was obtained with liquefaction of black poplar wood in ethylene glycol (EG) as the solvent and sulphuric acid (SA) as the catalyst. An optimal time of 120 minutes and a wood:EG mass ratio of 1:3 was defined for liquefaction at 180 °C. After liquefaction, the EG was evaporated in order to achieve a low solvent content LW with a final mass ratio of 1:1. Four different adhesive mixtures were prepared: LW with a mass ratio of 1:1 (LW1:1), LW with a mass ratio of 1:3 (LW1:3), LW with a mass ratio of 1:1 and added condensed tannin (CT) (LW1:1/CT), and LW with a mass ratio of 1:3 and added CT (LW1:3/CT). The solid beech wood

		lamellas which were bonded with these adhesive mixtures were tested directly after bonding, and later on, after 7, 30 and 50 days. The test results indicated greater bonding shear strength in the case of LW1:1 compared to LW1:3. The addition of CT did not contribute to essentially higher shear strength values.
	Objavljeno v	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Hrvatsko šumarsko društvo; Croatiadrvo, d. d.; Exportdrvo, p. o.; Drvna industrija; 2011; Vol. 62, br. 2; str. 87-95; Impact Factor: 0.271; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.739; WoS: PJ; Avtorji / Authors: Ugovšek Aleš, Budija Franc, Kariž Mirko, Šernek Milan
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	1703049 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Sposobnost tvorbe samozamreženega filma iz utekočinjene topolovine ANG Self-crosslinking and film formation ability of liquefied black poplar
	Opis	SLO Les črnega topola, dietilen glikol (DEG) in katalizator (žveplova kislina) so bili uporabljeni kot vhodni reaktanti za utekočinjanje. Postavljeni so bili optimalni pogoji za utekočinjanje: reakcijska temperatura 150 °C, reakcijski čas 95 min, razmerje les: DEG = 1:5 in 3 % dodatek žveplove kisline. Tekoča zmes pridobljena z utekočinjanjem je bila sestavljena iz pravega produkta reakcije (utekočinjen les brez topil (ESFLW)) in iz preostalega nezreagiranelega DEG. Nezreagiran DEG je bil uspešno ločen od ESFLW in analiziran s HPLC za vsebnost levulinskih kislin. Določeno je bilo teoretično masno razmerje med lesom in DEG potrebno za reakcijo. Raziskava OH števila je pokazala, da ESFLW v tekočo zmes prispeva maksimalno 60 % prostih OH skupin. Prvič je bilo doseženo zamreženje ESFLW brez dodatkov utrjevalcev in raziskane posamezne stopnje utrjevanja. FT-IR preiskave so pokazale, da bi lahko bili pridobljeni zamreženi polimerni filmi iz etrskih in / ali estrskih mrež. ANG Black poplar wood, diethylene glycol (DEG), and sulphuric acid as a catalyst were used as starting reactants for liquefaction. Optimal conditions for liquefaction were established: reaction temperature 150 °C, reaction time 95 min, ratio of wood:DEG = 1:5 and 3% of sulphuric acid addition. The liquid mixture obtained by the liquefaction was composed of the real product of the reaction (the so called excess solvent free liquefied wood (ESFLW)) and of the remaining unreacted DEG. The unreacted DEG was successfully separated from the ESFLW and analysed with HPLC for levulinic acid content. Theoretical weight ratio between the wood and DEG required for the reaction was estimated. OH number investigation showed that the ESFLW in the liquid mixture contributes to maximally 60% of the free OH groups. The crosslinking of the ESFLW without any curing agents or additives was performed for the first time, and the drying stages investigated. FT-IR investigations demonstrated that the obtained crosslinked polymer film could be an ether and/or ester network.
	Objavljeno v	Elsevier Applied Science; Bioresource technology; 2009; Vol. 100, no. 13; str. 3316-3323; Impact Factor: 4.253; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.489; A": 1; A': 1; WoS: AE, DB, ID; Avtorji / Authors: Budija Franc, Tavzes Črtomir, Zupančič-Kralj Lucija, Petrič Marko
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁷

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	1989257 Vir: COBISS.SI

Naslov	SLO	Trdnost in trajnost novih lepil na osnovi utekočinjenega lesa	
	ANG	The strength and durability of novel adhesives using liquefied wood	
Opis	SLO	V zadnjih letih se je utekočinjanje lesa izkazalo kot možna bio-alternativa za pridobivanje surovin za sintezo polimerov. Cilj te raziskave je bil proučiti možnost uporabe utekočinjenega lesa kot lepila za lepljenje lesa v polju visoke frekvence. V raziskavi smo uporabili masivne bukove lamele kot substrat in utekočinjen les topola kot lepilo. Proučevana je bila strižna trdnost in trajnost zlepljenih spojev. Ugotovljena je bila relativno visoka začetna strižna trdnost dosežena v primeru visokofrekvenčnega lepljenja lesa z lepilom na osnovi utekočinjenega lesa, vendar se je ta s časom močno znižala. Prav tako je po namakanju vzorcev v hladni vodi prišlo do drastičnega zmanjšanja trdnosti spojev. Dodatek sintetičnega lepila v lepilno mešanico na osnovi utekočinjenega lesa je pripomogel k izboljšani strižni trdnosti in trajnosti spojev. Rezultati raziskave so pokazali potencial uporabe utekočinjenega lesa za izdelavo lepil na osnovi obnovljivih virov.	
	ANG	Recently, the liquefaction of wood has been considered as a possible bio alternative for raw materials for polymer syntheses. The objective of this study has been to examine the feasibility of using liquefied wood as an adhesive for bonding wood with high-frequency technology. In the experiment, solid beech wood lamellas as a substrate and liquefied wood from poplar as an adhesive were used. The shear strength and the short-term durability of the adhesive bond were determined. It was found that relatively high immediate shear strength could be achieved in the case of the high-frequency bonding of wood with adhesive made from liquefied wood, but this property decreased rapidly over time. Immersion of the specimens in water resulted in a dramatic reduction in the bond shear strength. The inclusion of synthetic resin in the adhesive made from liquefied wood improved the bond shear strength and durability. The results of this study have shown the potentials for using liquefied wood for novel adhesives made from renewable resources.	
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci		
Objavljeno v	University Fernando Pessoa; Minimizing the Environmental Impact of the Forest Products Industries; 2011; Str. 189-195; Avtorji / Authors: Šernek Milan, Kariž Mirko, Ugovšek Aleš, Budija Franc, Petrič Marko		
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
2. COBISS ID	1962121	Vir: COBISS.SI	
Naslov	SLO	Okolju prijazni leseni lamelirani lepljenci	
	ANG	Environmentally friendly glued laminated timber	
Opis	SLO	V prispevku so predstavljeni rezultati raziskave o lameliranih lepljencih, ki so bili izdelani iz termično modificirane smrekovine in zlepljeni z lepilnimi mešanicami, ki so vsebovale različne deleže utekočinjenega lesa. S proučevanjem trdnostnih lastnosti lepilnih spojev je bilo ugotovljeno, da je iz termično modificirane smrekovine in lepila, ki je vsebovalo del utekočinjenega lesa, možno izdelati lamelirane lepljence primerne za izdelavo stavbnega pohištva. Zahteve so izpolnjevali lepljenci, zlepljeni z lepilno mešanico iz 25 % utekočinjenega lesa in 75 % klasičnega melamin-urea-formaldehidnega lepila. Ker je bil del lepilne mešanice izdelan na osnovi obnovljivega naravnega vira lesa, je ta rezultat z ekološkega vidika obetaven za nadaljnja raziskovanja.	
	ANG	Bonding performance of glued laminated timber, which was produced from the heat treated wood and bonded with the adhesive mixture containing different proportions of liquefied wood, was studied. The results of the shear strength of the adhesive bond indicated that the heat treated wood bonded with the adhesive mixture containing liquefied wood can be used as elements for windows. Standard requirements have been fulfilled with the	

		specimens, which were bonded with the adhesive mixture containing 25 % of liquefied wood and 75 % of melamine-urea-formaldehyde adhesive. Novel laminated composites from heat treated wood, bonded with new type of adhesives, represent ecologically friendly products because a part of adhesive was made from natural renewable material – wood.
Šifra	F.06	Razvoj novega izdelka
Objavljeno v	PAZU; Anali PAZU; 2011; Letn. 1, št. 1; str. 84-87; Avtorji / Authors: Šernek Milan	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	1807241 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Lepljenje bukovine z lepilnimi mešanici na osnovi utekočinjenega lesa in fenolnega lepila
	ANG	Bonding of beech wood with an adhesive mixture made of liquefied wood and phenolic resin
Opis	SLO	Cilj raziskave je bil razviti lepilo, v katerem bo del sintetične smole nadomeščen z utekočinjenim lesom. Sintetično fenol-formaldehidno (FF) lepilo, pomešano z različnimi deleži utekočinjenega lesa, je bilo nato uporabljeno za lepljenje dveh bukovih lamel. Utekočinjen les iz topola je bil dodan v različnih deležih in sicer od 0 % do 100 %, v korakih po 25 %. Lamelle so bile lepljene v vroči stiskalnici pri 180 °C pri različnih časih stiskanja. Ugotovljeno je bilo, da se je strižna trdnost spoja pri suhih preskušancih povečala, če je bilo 25 % FF lepila zamenjanega z utekočinjenim lesom. Če pa je bil uporabljen večji delež utekočinjenega lesa, se je strižna trdnost spoja zmanjšala. Pri testiranju preskušancev po namakanju ali kuhanju v vodi, se je trdnost spoja zelo zmanjšala v primeru vseh preskušancev, ki so bili zlepljeni z lepilnimi mešanici z več kot 25% utekočinjenega lesa.
	ANG	The objective of this research was to develop an adhesive in which part of the synthetic resin is replaced by liquefied wood. A synthetic phenol-formaldehyde (PF) adhesive, mixed with different proportions of liquefied wood, was used for the bonding of two beech wood lamellas. Liquefied wood made from poplar was added in different proportions, ranging from 0 % to 100 %, with increments of 25 %. The lamellas were bonded in a hot press at 180 °C for different press times. It was found that the bond shear strength of the dry specimens increased if 25 % of PF adhesive was replaced by liquefied wood, but decreased if a higher proportion of liquefied wood was used. When testing the specimens after immersion or boiling in water, the bond strength decreased rapidly in the case of the samples which had been bonded with adhesive mixtures containing more than 25 % of liquefied wood.
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v	University of West Hungary press; The 4th conference on hardwood research and utilisation in Europe 2010; 2010; Str. 64-68; Avtorji / Authors: Ugovšek Aleš, Kariž Mirko, Šernek Milan	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
4.	COBISS ID	34942720 Vir: vpis v poročilo
Naslov	SLO	Revija za znanost o adheziji in tehnologijo oprijema
	ANG	Journal of adhesion science and technology
Opis	SLO	Vodja projekta, prof.dr. Milan Šernek je bil na osnovi objav o utekočinjenem lesu in o lepljenju lesa imenovan za člana uredniškega odbora in področnega urednika znane mednarodne znanstvene revije Journal of adhesion science and technology, ki je indeksirana v SCI in ima faktor vpliva.

		Project leader, Prof. Dr. Milan Šernek was appointed based on the publications about liquefied wood and gluing of wood as the member of editorial board and appointed as the editor of the Journal of Adhesion Science and Technology, which is known international scientific journal, indexed by SCI and has the impact factor.
Šifra	C.04	Uredništvo mednarodne revije
Objavljeno v	http://www.tandfonline.com/action/aboutThisJournal?show=editorialBoard&journalCode=tast20	
Tipologija	4.00	Sekundarno avtorstvo
5.	COBISS ID	1820041 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Lesne plošče: uvod za strokovnjake
	ANG	Wood-based panels: an introduction for specialists
Opis	SLO	Vodja projekta, prof.dr. Milan Šernek je bil sourednik mednarodne znanstven monografije, ki je bila izdana pri Brunel University Press. Monografija, v kateri je sourednik tudi soavtor enega poglavja o spremljanju utrjevanja lepil pri lepljenju lesa, je vrhunska znanstvena literatura s področja sestave, lepljenja, lastnosti in uporabe lesnih plošč.
	ANG	Project leader, Prof. Dr. Milan Šernek was editor of the international scientific book, which was issued at Brunel University Press. This book, in which the co-editor is also the co-author of one chapter on monitoring of the hardening of adhesives during bonding wood, is the top scientific literature in the field of composing, bonding, properties and use of wood-based panels.
Šifra	C.01	Uredništvo tujega/mednarodnega zbornika/knjige
Objavljeno v	Brunel University press; 2010; XVI, 283 str.; Avtorji / Authors: Thoemen Heiko, Irle Mark, Šernek Milan	
Tipologija	2.01	Znanstvena monografija

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Izdelana in uspešno predstavljena je bila doktorska disertacija z naslovom »Utrjevanje utekočinjenega lesa in zgradba spoja pri lepljenem lesu«, ki jo je mladi raziskovalec dr. Aleš Ugovšek, član raziskovalne skupine, izdelal pod mentorstvom vodje projekta prof. dr. Milana Šerneka.

Raziskovalno sodelovanje z industrijo pri razvoju in proizvodnji eko opazne plošče z lepilno mešanico iz utekočinjenega lesa MUF smole, kjer so sodelovali Kemijski inštitut, Melamin Kočevje in Gozdno gospodarstvo Postojna. Realizirana je bila diplomska naloga z naslovom: Izdelava opazne plošče z lepilom na osnovi utekočinjenega lesa. Raziskave s področja utekočinjanja lesa kot surovine za pripravo lepil, ki jih dodajajo sintetičnim lepilom in z njimi lepijo različne lesne plošče, se na pilotni ravni že uvajajo v lesno industrijo.

Raziskovalno sodelovanje v okviru bilateralnega projekta med Univerzo v Ljubljani, Slovenija in Oregon State University, ZDA, ki se tematsko navezuje na ta projekt: Lepljenje viskoelastično toplotno zgoščenega lesa z okolju prijaznimi lepili (Adhesive bonding of viscoelastic thermal compressed wood with environmentally friendly adhesives).

Odobren triletni mednarodni projekt v okviru WoodWisdom-Net Research Programme in the framework of the ERA-NET WoodWisdom-Net 2 z naslovom Bark Valorisation into insulating Foams and Bioenergy (Uporaba skorje za izolacijske pene in bioenergijo), ki ga od julija 2012 uspešno izvajamo.

Odobren bilateralni projekt na slovensko - francoskem programu PROTEUS v letu 2011: Utekočinjanja lignocelulozne biomase za pripravo lepil, smol in površinskih premazov za

obdelavo lesa (Liquefaction of lignocellulosic biomass for the production of adhesives, resins and coatings for wood treatment).

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Razvoj in raziskave okolju prijaznih lepil iz obnovljivih rastlinskih polimerov ima velik pomen za pridobivanje novega znanja in pojasnjevanja vplivov različnih dejavnikov na proces utekočinjanja lesa. Dobljeni rezultati omogočajo definiranje tehnologije utekočinjanja in optimizacijo postopka glede na izhodiščne pogoje (razmerje med lesom in reagentom, dodatek katalizatorja). Pojasnjen je fenomen adhezije pri lepljenju z novimi lepili in znan proces utrjevanja pri optimalnih parametrih lepljenja. Znana je zgradba spoja pri lepljenju lesa z utekočinjenim lesom in raziskana kemijska sestava vezi. Identificirane so prednosti (ekologija, skladiščenje ogljika - zmanjšanje emisij ogljikovega dioksida, razgradljivost) in pomanjkljivosti (nezadostna trajnost) lepilnega spoja iz utekočinjenega lesa, kar predstavlja velik znanstveni izziv za nadaljnja raziskovanja. Z raziskavami pri tem projektu smo vpeti tudi v znanstveno sodelovanje z mednarodnimi inštitucijami (ZDA, Francija, Nemčija) in v mednarodne projekte (COST FP1004 in FP1006).

ANG

Development and research of environmentally friendly adhesives from renewable resources has great significance for acquisition of new knowledge and explanation of influence of different factors on liquefying of wood. The obtained results make it possible to define the technology for production of wood adhesives from natural resources and optimization of the procedure according to starting conditions (ratio between wood and reagent, addition of catalyst). Adhesion at bonding with new adhesives is explained and optimal curing parameters are defined. The structure of the bond established when bonding wood with liquefied wood is known, as well as chemical composition of the bond. Advantages (ecology, conservation of carbon-reduction of carbon dioxide, decomposition) and disadvantages (insufficient durability) of adhesive bond made of liquefied wood are identified. These discoveries present huge scientific challenge for the future scientific research. Studies in this project allow us to be involved in international scientific cooperation with the institutions from USA, France and Germany and involvement in international projects (COST FP1004 in FP1006).

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Les je edina surovina, ki jo imamo v Sloveniji v izobilju in jo predelujemo v najrazličnejše proizvode. Smiselno izkoriščanje lesnih ostankov in doseganje večje dodane vrednosti tem ostankom predstavlja velik gospodarski pomen. Uspešen razvoj in izdelava okolju prijaznih lepil iz obnovljivih rastlinskih polimerov, ki imajo primerljive fizikalne in mehanske lastnosti zdajšnjim sintetičnim lepilom, imata izjemen neposredni pomen za razvoj Slovenije. Nova tehnologija utekočinjanja lesa omogoča proizvodnjo novih lepil s katerimi je mogoče prodreti na nova tržišča. Nakazuje se, da se bodo zaradi uporabe utekočinjenega lesa v lepilih zmanjšale emisije formaldehida in uporaba škodljivih sintetičnih substanc v lesni industriji. Povečala se bo konkurenčnost podjetij, ki se ukvarjajo z lepljenjem lesa in izdelavo lesnih kompozitov. Zvišala se bo dodana vrednost lesu in lesnim ostankom, ki jih zdaj večinoma uporabljajo zgolj v energetske namene. Nova lepila bodo zaradi večje okoljske prijaznosti in reducirane emisije formaldehida zmanjšala izpostavljenost delavcev in uporabnikov škodljivim snovem, zmanjšala se bodo tveganja in obolenja pri delu. Povečala se bo okoljska osveščenost in usmerjenost k sonaravnemu, trajnostnemu razvoju.

ANG

Wood is the only raw material we have in Slovenia in sufficient quantities and it is manufactured in variety of products. Utilization of wood residues from these manufacturing processes brings added value to these residues and means big economical benefit. Successful development and production of environmentally friendly adhesives from renewable sources, which are comparable to nowadays commercial synthetic adhesives in terms of physical and mechanical

properties, have significant influence on economy and society in Slovenia. New technology of liquefaction of wood enables production of new adhesives, which are able to break through to new markets. It is not realistic to expect much significance for development in this field after first year of the project, however, it is indicated that the emissions of formaldehyde and use of toxic synthetic substances in wood industry will decrease. Competitiveness of wood bonding and wood composites companies will increase. The increase in added value of wood residues will be noticed. New adhesives will, because of environmentally friendly composition and reduced emissions of formaldehyde, reduce the exposure of workers and users to harmful substances, and reduce risk for health problems. Environmental consciousness and orientation towards sustainable development will increase.

11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25 Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26 Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27 Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28 Priprava/organizacija razstave		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29 Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30 Strokovna ocena stanja		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31 Razvoj standardov		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32 Mednarodni patent		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33 Patent v Sloveniji		

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

12.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev					

	dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar

--

13.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

	Sofinancer		
1.	Naziv		
	Naslov		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra	
	1.		
	2.		
3.			
4.			
5.			

	Komentar	
	Ocena	

14. Izjemni dosežek v letu 2012¹³

14.1. Izjemni znanstveni dosežek

Mikroskopska analiza spoja nastalega pri lepljenju lesa z utekočinjenim lesom

Pri lepljenju bukovine z utekočinjenim lesom so prisotne poškodbe površine lepljene lamele, kar se izkazuje v velikem deležu loma po lesu ob relativno majhni strižni trdnosti spojev. Med lepljenjem lesa z utekočinjenim lesom so se delno razgradili lignin, del celuloze in hemiceluloze v celicah površine lesa, ki so bile v stiku z utekočinjenim lesom. Ob visokih temperaturah prisotnih med procesom lepljenja, je v nadaljevanju prišlo do delne karbonizacije teh celic. Šibek mejni sloj, kjer je spoj razpokal, je predstavljal ozek sloj delno delignificiranih celic, ki so se nahajale na meji med delno karboniziranimi celicami na eni strani ter celicami nepoškodovanega lesa lepljenca na drugi. S tem je pojasnjen fenomen visokega deleža loma po lesu nastalega spoja, kljub nizki strižni trdnosti.

14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Okolju prijazni leseni lamelirani lepljenci

Lamelirani lepljenci so bili izdelani iz navadne smrekovine in termično modificirane smrekovine ter lepljeni z lepilnimi mešanici, ki so vsebovale različne deleže utekočinjenega lesa in sintetičnega lepila. Zahteve za izdelavo stavbnega pohištva (okna in vrata) so izpolnjevali lepljenci, ki so bili lepljeni z lepilno mešanico iz 25 % utekočinjenega lesa in 75 % klasičnega melamin-urea-formaldehidnega lepila. Ker je bil del lepilne mešanice izdelan na osnovi obnovljivega naravnega vira – lesa, je ta rezultat z ekološkega vidika obetaven za nadaljnja raziskovanja. Okolju prijazni so lepljenci tudi zato, ker niso bili kemijsko tretirani – odpornost proti biotskim ter abiotskim dejavnikom jim je bila izboljšana zgolj s termično modifikacijo lesa.

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Ljubljani, Biotehniška
fakulteta

Milan Šernek

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	14.3.2013
-----------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/119

¹ Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁷ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁹ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹² Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹³ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

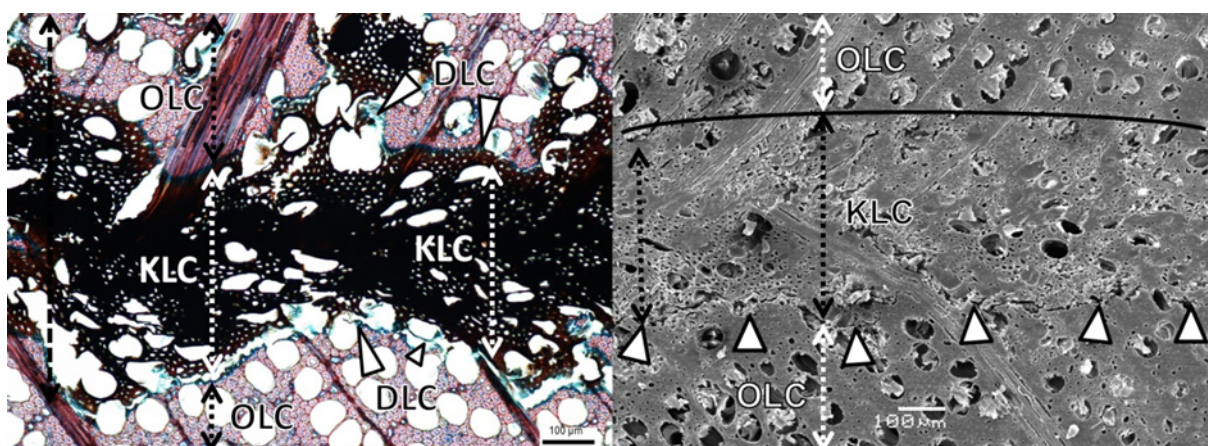
Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2013 v1.00
B7-85-2D-3E-29-56-54-AC-D7-05-04-69-A5-8F-C9-17-FA-3B-9D-AB

VEDA: Tehniške in tehnološke vede

Področje: 2.05 Materiali

Izjemni znanstveni dosežek J4-2177: Mikroskopska analiza spoja nastalega pri lepljenju lesa z utekočinjenim lesom

Vir: COBISS 2058889; UGOVŠEK, Aleš, SEVER ŠKAPIN, Andrijana, HUMAR, Miha, ŠERNEK, Milan. Microscopic analysis of the wood bond line using liquefied wood as adhesive. *J. adhes. sci. technol.*, 2012, 1-12, doi: 10.1080/01694243.2012.736854.



Utekočinjen les je produkt solvolize lesa, ki poteka pri povišani temperaturi in ob prisotnosti katalizatorja. Nastali produkt, ki je pridobljen iz naravnega in obnovljivega vira (ostanki lesa), izkazuje nekatere potrebne lastnosti za učinkovito lepljenje lesa in zato predstavlja alternativo sintetičnim lepilom za les. Pri vročem lepljenju lesa (15 min pri 200 °C) z utekočinjenim lesom nastane specifičen spoj, zgrajen iz centralnega dela delno karboniziranih lesnih celic (KLC) in šibkega sloja delno delignificiranih lesnih celic (DLC). Na meji med KLC in originalnimi lesnimi celicami lepljene lamele (OLC) pride do razpok, kar zmanjša strižno trdnost spoja. (Levo – slika spoja pridobljena s svetlobno mikroskopijo, desno – slika spoja pridobljena z vrstično elektronsko mikroskopijo). Rezultat pojasnjuje fenomen visokega deleža loma po lesu nastalega spoja, kljub nizki strižni trdnosti (7 MPa) in omogoča iskanje novih rešitev za zagotovitev večje kakovosti lepljenja z utekočinjenim lesom v zahtevnejših primerih aplikacije.

VEDA: Tehniške in tehnološke vede

Področje: 2.05 Materiali

Izjemni družbeno-ekonomski dosežek J4-2177: Okolju prijazni leseni lamelirani lepljenci

Vir: COBISS 1962121; ŠERNEK, Milan. Okolju prijazni leseni lamelirani lepljenci = Environmentally friendly glued laminated timber. Anali PAZU, 2011, 1(1): 84-87.



Predstavljen je razvoj novega, okolju prijaznega lepila in izdelava lameliranega lesenega lepljenca za uporabo pri gradnji nizko energijske hiše. Lamelirani lepljenci so bili izdelani iz navadne smrekovine (levo) in termično modificirane smrekovine (desno) ter lepljeni z lepilnimi mešanici, ki so vsebovale različne deleže utekočinjenega lesa in sintetičnega lepila. S proučevanjem trdnostnih lastnosti lepilnih spojev je bilo ugotovljeno, da je iz termično modificirane smrekovine in lepila, ki je vsebovalo del utekočinjenega lesa, možno izdelati lamelirane lepljence, ki so primerni za izdelavo stavbnega pohištva (okna in vrata). Zahteve so izpolnjevali lepljenci, ki so bili zlepljeni z lepilno mešanico iz 25 % utekočinjenega lesa in 75 % klasičnega melamin-urea-formaldehidnega lepila. Ker je bil del lepilne mešanice izdelan na osnovi obnovljivega naravnega vira – lesa, je ta rezultat z ekološkega vidika obetaven za nadaljnja raziskovanja. Okolju prijazni so lepljenci tudi zato, ker niso bili kemijsko tretirani – odpornost proti biotskim ter abiotskim dejavnikom jim je bila izboljšana zgolj s termično modifikacijo lesa.