

Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-17-0206**Ultra-nízkoenergetické zelené budovy na báze obnoviteľnej suroviny dreva**Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Jozef Štefko, CSc.**

Príjemca

Technická univerzita vo Zvolene - Drevárska fakulta

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Katedra drevených stavieb, Drevárska fakulta, Technická univerzita vo Zvolene

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Zahraničné pracovisko sa nezúčastnilo na riešení projektu.

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Prihláška úžitkového vzoru 84/2021 „Úprava prefabrikovaných stenových panelov budovy pre zabezpečenie vzduchotesnosti“

Podaná: 8.6.2021 na Úrade priemyselného vlastníctva Slovenskej republiky.

Pôvodca: Sedlák Pavol, Ing. PhD

Prihlasovateľ: Technická Univerzita vo Zvolene

Stav k 31.12.2021: v konaní.

Číslo patentu 288915. Biopreparát z *Exiguobacterium undae*, spôsob jeho výroby a jeho použitie.

Pôvodca: Čulík Martin, doc. Ing., PhD., Zvolen, SK; et al. Prihlasovateľ: Ústav molekulárnej biológie SAV, Bratislava, SK; Chemický ústav SAV, Bratislava, SK, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, SK;

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

AAA: Model fire in a two-storey timber building / Jozef Štefko ... [et al.]. - 1st ed. - Cham : Springer, 2021. - 82 p. :: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-030-82205-7.pdf>. - ISBN 978-3-030-82204-0

Vysokoškolská učebnica: Drevené stavebné konštrukcie/Štefko, J. - Rohanová, A. - Búryová, D. - Soyka, R. - Jochim, S- Sedlík, P. - Čulík, M. - Vaňová, R.: Zvolen (Vydavateľstvo TUZO) 2021, ISBN 978-80-228-3205-2, 490 s.,38,41 AH.

ADC: Influence of flame retardant impregnation on acoustic and thermophysical properties of recycled technical textiles with the potential for use in wooden buildings / Anna Danihelová ... [et al.]. <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/16/2598/htm>. - Zverejnené na internete: 20210805. - CCC, WOS, SCOPUS. In Polymers [elektronický zdroj]. - ISSN 2073-4360. - Vol. 13, issue 16 (2021), art. no. 2598 [14 p.] ŠTEFKO, Jozef (10%) - CC, Q1ADC: Life cycle impact assessment of load-bearing straw bale residential building / Rozália Vaňová, Michal Vičko, Jozef Štefko.: <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/11/3064/htm>. -

In Materials [elektronický zdroj]. - ISSN 1996-1944. - Vol. 14, issue 11 (2021), art. no. 3064 [15 p.] [online]. CC, Q2 [VAŇOVÁ, Rozália (70%) - VLČKO, Michal (20%) - ŠTEFKO, Jozef (10%)]

ADC: Experimental study of straw-based eco-panel using a small ignition initiator / Linda Makovická Osvaldová ... [et al.]: <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/8/1344/htm>. Zverejnené na internete: In Polymers [elektronický zdroj]. - ISSN 2073-4360. - Vol. 13, issue 8 (2021), art. no. 1344 [12 p.] [online]. CC, Q1 [MAKOVICKÁ OSVALDOVÁ, Linda (40%) - MARKOVÁ, Iveta (40%) - JOCHIM, Stanislav (10%) - BAREŠ, Jan (10%)]

ADC: A passive wood-based building in Slovakia: exploring the life cycle impact / Rozália Vaňová ... [et al.]: <https://www.mdpi.com/1999-4907/12/12/1613/htm>. In Forests [elektronický zdroj]. - ISSN 1999-4907. - Vol. 12, issue 12 (2021), art. no. 1613 [23 p.] [online]. CC, Q1 [VAŇOVÁ, Rozália (55%) - IGAZ, Rastislav (10%) - NĚMEC, Miroslav (10%) - ŠTEFKOVÁ, Jaroslava (5%) - ŠTEFKO, Jozef (20%)]

ADC: Environmental impact of a mass timber building - a case study / Rozália Vaňová ... [et al.]: <https://www.mdpi.com/1999-4907/12/11/1571/htm>. Zverejnené na internete: 20211115. In Forests [elektronický zdroj]. - ISSN 1999-4907. - Vol. 12, issue 11 (2021), art. no. 1571 [16 p.] CC, Q1 [VAŇOVÁ, Rozália (60%) - ŠTOMPF, Patrik (25%) - ŠTEFKO, Jozef (10%) - ŠTEFKOVÁ, Jaroslava (5%)]

ADC: Life cycle assessment of coated and thermally modified wood façades / Dominika Búryová, Pavol Sedlák.: <https://www.mdpi.com/2079-6412/11/12/1487/htm>. Zverejnené na internete: In Coatings [elektronický zdroj]. - ISSN 2079-6412. - Vol. 11, issue 12 (2021), art. no. 1487 [18 p.] CC, Q2 [BÚRYOVÁ, Dominika (50%) - SEDLÁK, Pavol (50%)]

ADC: Impact of vapor barrier on moisture content of fiberboard insulation in log structure / Stanislav Jochim ... [et al.]: <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/24/4282/htm>. Zverejnené na internete: In Polymers [elektronický zdroj]. - ISSN 2073-4360. - Vol. 13, issue 24 (2021), art. no. 4282 [19 p.] [online]. CC, Q1 [JOCHIM, Stanislav (35%) - UHRÍN, Róbert (35%) - SCHMIDTOVÁ, Jarmila (11%) - SEDLÁK, Pavol (7%) - BÚRYOVÁ, Dominika (7%) - STŘELCOVÁ, Katarína (5%)]

ADE: Multi-stage parallel model in determining the quality of structural timber by the penetration method / Alena Rohanová. In Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW. Forestry and wood technology. - ISSN 1898-5912. - No. 114 (2021), p. 101-109.

ADN: Assessment of selected types of the structural engineered wood production from the environmental point of view / Rozália Vaňová, Jozef Štefko. In Acta Facultatis Xylogiae Zvolen: vedecký časopis Drevárskej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene ISSN 1336-3824. - Vol. 63, no. 2 (2021), p. 117-130. H-index, 0.315 - SJR, 1.34 - CPD, Q3 [VAŇOVÁ, Rozália (80%) - ŠTEFKO, Jozef (20%)]

ADN: Influence of carbon accounting on assessment of wood-based products / Rozália Vaňová. In Acta Facultatis Xylogiae Zvolen : vedecký časopis Drevárskej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene - ISSN 1336-3824. - Vol. 63, no. 2 (2021), p. 143-152. (2020: 13 - H-index, 0.315 - Q3

AFC: Heating cost analysis for a timberframe house / Pavol Sedlák ... [et al.]: http://www.woodema.org/proceedings/WoodEMA_2021_Proceedings.pdf. - WOS, SCOPUS. In The response of the forest-based sector to changes in Wood Processing and Furniture Manufacturing - WoodEMA ; Ljubljana : University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, 2021. - ISBN 978-961-6144-41-4. - P. 199-206 [online]. [SEDLÁK, Pavol (70%) - BÚRYOVÁ, Dominika (10%) - JOCHIM, Stanislav (10%) - ŠTOMPF, Patrik (10%)]

AFC: Proposal for redesign of characteristic values and strength classes for beech structural timber / Alena Rohanová, Štefan Král.: <https://www.scientific-publications.net/get/1000048/1632393023402623.pdf>. In Materials, methods & technologies [elektronický zdroj]. Vol. 15. - Burgas : Science Events, 2021. - ISSN 1314-7269. - P. 318-333 [online]. [ROHANOVÁ, Alena (70%) - KRÁL, Štefan (30%)]

ROHANOVÁ, Alena. Analysis of sound speed in longitudinal direction at reference moisture content ($w = 12\%$) in sawmill assortments (*Fagus sylvatica*, L.). In Akustika : odborný časopis o akustice a vibráciach. ISSN 1801-9064, 2020, vol. 37, č. prosinec/December, s. 46-51. APVV-17-0206. WOS, SCOPUS.

ČULÍK, Martin - DANIHELOVÁ, Anna - ONDREJKA, Vojtěch - ALÁČ, Patrik. Sound absorption of board construction materials used in wooden buildings. In Akustika : odborný časopis o akustice a vibráciach. ISSN 1801-9064, 2020, vol. 37, č. prosinec/December, s. 52-

58. APVV-17-0206. WOS, SCOPUS.

ROHANOVÁ, Alena. Non-destructive penetration method for determining the quality of structural spruce wood (*Picea abies* Karst. L.) in situ. In *Acta Facultatis Xylogiae Zvolen : vedecký časopis Drevárskej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene*. ISSN 1336-3824, 2020, vol. 62, no. 1, p. 113-123. APVV-17-0206 ; APVV-17-0583. WOS, SCOPUS.

MITTERPACH, Jozef - IGAZ, Rastislav - ŠTEFKO, Jozef. Environmental evaluation of alternative wood-based external wall assembly. In *Acta Facultatis Xylogiae Zvolen : vedecký časopis Drevárskej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene*. ISSN 1336-3824, 2020, vol. 62, no. 1, p. 133-149. APVV-17-0206 ; VEGA 1/0717/19. WOS, SCOPUS.

JOCHIM, Stanislav - ŠTOMPF, Patrik. Tepelno-vlhkostné vlastnosti difúznej panelovej steny s parobrzdou na báze papiera. In *Nové trendy akustického spektra : vedecký recenzovaný zborník [elektronický zdroj]*. - Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2020. ISBN 978-80-228-3224-3, s. 45-52

JOCHIM, Stanislav - ŠTOMPF, Patrik. Tepelno-vlhkostné vlastnosti difúznej panelovej steny s parobrzdou na báze dreva. In *Nové trendy akustického spektra : vedecký recenzovaný zborník [elektronický zdroj]*. - Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2020. ISBN 978-80-228-3224-3, s. 53-60

JOCHIM, Stanislav - ŠTOMPF, Patrik. Vlhkostné vlastnosti difúzných panelových stien s rôznymi druhmi parobrzdy. In *Nové trendy akustického spektra : vedecký recenzovaný zborník [elektronický zdroj]*. - Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2020. ISBN 978-80-228-3224-3, s. 61-71

ŠTOMPF, Patrik - JOCHIM, Stanislav. Vplyv tepelno-technických vlastností panelových stien na báze dreva na mernú potrebu tepla na vykurovanie. In *Nové trendy akustického spektra : vedecký recenzovaný zborník [elektronický zdroj]*. - Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2020. ISBN 978-80-228-3224-3, s. 73-78

ŠTOMPF, Patrik - JOCHIM, Stanislav. Analýza energetickej hospodárnosti rodinného domu panelovej konštrukcie na báze dreva. In *Nové trendy akustického spektra : vedecký recenzovaný zborník [elektronický zdroj]*. - Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2020. ISBN 978-80-228-3224-3, s. 79-86

SEDLÁK, Pavol - BEDNÁR, Jozef - BÚRYOVÁ, Dominika. Air permeability of OSB and its influence to heating energy costs. In *Sustainability of forest-based industries in the global economy : proceedings of scientific papers*. - Zagreb ; Zagreb : WoodEMA, i.a. : University of Zagreb, Faculty of Forestry, [2020]. ISBN 978-953-57822-8-5, p. 279-284.

ROHANOVÁ, Alena - BAJZA, Ondrej. Influence of moisture content on speed of sound in beech sawmill assortments (*Fagus sylvatica*, L.). In *Proceedings of the international conference "Acoustics 2019 High Tatras" : a joint event of MAP and ATF 2019 [elektronický zdroj]*. - Zvolen : Technical University in Zvolen, 2019. ISBN 978-80-228-3157-4, p. 209-214

JOCHIM, Stanislav - UHRÍN, Róbert - SEDLÁK, Pavol. Tepelno-vlhkostné vlastnosti difúzných zrubových stien s drevovláknitou izoláciou. In *Proceedings of the international conference "Acoustics 2019 High Tatras" : a joint event of MAP and ATF 2019 [elektronický zdroj]*. - Zvolen : Technical University in Zvolen, 2019. ISBN 978-80-228-3157-4, p. 215-221

JOCHIM, Stanislav - UHRÍN, Róbert - SEDLÁK, Pavol. Tepelno-vlhkostné vlastnosti difúzných zrubových stien s izoláciou z ovčej vlny. In *Proceedings of the international conference "Acoustics 2019 High Tatras" : a joint event of MAP and ATF 2019 [elektronický zdroj]*. - Zvolen : Technical University in Zvolen, 2019. ISBN 978-80-228-3157-4, p. 222-228

JOCHIM, Stanislav - VOLANSKÝ, Jakub - ČULÍK, Martin. Vplyv konštrukcie drevených a drevo-hliníkových okien na povrchové teploty. In *Proceedings of the international conference "Acoustics 2019 High Tatras" : a joint event of MAP and ATF 2019 [elektronický zdroj]*. - Zvolen : Technical University in Zvolen, 2019. ISBN 978-80-228-3157-4, p. 229-235

SEDLÁK, Pavol - BÚRYOVÁ, Dominika - JOCHIM, Stanislav. Instability of building thermal simulation. In *Proceedings of the international conference "Acoustics 2019 High Tatras" : a joint event of MAP and ATF 2019 [elektronický zdroj]*. - Zvolen : Technical University in Zvolen, 2019. ISBN 978-80-228-3157-4, p. 243-246

SEDLÁK, Pavol - BÚRYOVÁ, Dominika - ŠTEFKO, Jozef. Innovative design of the low-cost structural system for wood-based houses. In *Digitalisation and circular economy: forestry and forestry based industry implications : proceedings of scientific papers*. - Sofia : Union of Scientists of Bulgaria ; Zagreb : WoodEMA, 2019. ISBN 978-954-397-042-1, p. 87-92.

WOS, SCOPUS

Uplatnenie výsledkov projektu

Hlavným výsledkom projektu bol súhrn v praxi aplikovateľných poznatkov a prototypových riešení na základe teoreticko-experimentálne zdôvodnenej konštrukčnej tvorby pre ultra-nízkoenergetických zelené budovy na báze dreva, vhodné najmä pre individuálnu bytovú výstavbu, ale aj pre občiansku a komunálnu bytovú výstavbu. Konkrétnych výstupov je niekoľko: Katalóg prototypových skladieb obalového plášt'a, s výrobcami konfrontovaným a na základe najnovších požiadaviek, s výberom konštrukcií, ktoré reprezentujú rôzne spôsoby výstavby na báze dreva. Skladby boli optimalizované z pohľadu tepelnotechnických, stavebno-fyzikálnych, akustických, protipožiarnych a environmentálnych vlastností pre nový typ výstavby (ultra-nízkoenergetické domy, domy s takmer nulovou spotrebou energie, energeticky pasívne domy, autonómne či plusové domy a „zelené“ budovy) a zostavené tak, aby našiel uplatnenie vo výrobnom programe partnerských firiem projektu, ďalšie projekčné a realizačné firmy. V katalógu sú k dispozícii varianty obalového plášt'a, pre štandardné izolačné systémy a systémy s využitím prírodných izolácií: drevovláčna, slamy, technického konope a ovčej vlny, ďalej pre štandardné opláštenia, ako aj ekopanely, hlinenú omietku, cementoštiepkovú dosku, sadrokartónové a sadrovláknité dosky.

Výskumné a vývojové aktivity vyústili aj do materiálových výstupov: piatich konkrétnych prototypov konštrukcií ultra-nízkoenergetických zelených budov na báze dreva z alternatívnych konštrukčných systémov drevostavieb s použitím fúkaných izolácií na báze obnoviteľných ekologických materiálov. Prototypy sú prezentované na demonštračnom výskumnom objekte, našli uplatnenie vo výrobnom programe zmluvných partnerov projektu a v jednom prípade (prototyp konštrukcie/technológie sendvičovej skladby obalového plášt'a drevostavieb s izolačnou výplňou z fúkanej izolácie na báze slamy) bol už prototyp realizovaný na niekoľkých stavbách rodinných domov.

Jedným z dôležitých výstupov projektu bolo vybudovanie demonštračného výskumného objektu, ktorý slúži na ukážky prototypových skladieb pre nízkoenergetické zelené budovy na báze dreva, preukázanie tepelnotechnických vlastností, ďalšie výskumné a vývojové aktivity, na účely výučby na univerzite, ale aj predvážacie aktivity pre širšiu odbornú verejnosť (firmy, školy, dni otvorených dverí apod.). Objekt je budovaný v areáli Technickej univerzity vo Zvolene.

Na základe expertízneho posúdenia požiarnej odolnosti boli reprezentatívne skladby upravené a optimalizované z hľadiska aktuálnych legislatívnych požiadaviek aj pre aplikáciu vo viacpodlažných budovách na báze dreva. Samostatný výskum bol zameraný na výpočtové analýzy a vyhodnotenie pomerne rozsiahleho experimentu - modelového požiaru na reálnom dvojpodlažnom objekte na báze dreva. Výsledky a poznatky boli na základe dopytu zahraničného vydavateľstva Springer vydané vo vedeckej monografii (špecifikované vo VPP)

Výsledkom hodnotenia životného cyklu bola identifikácia environmentálnych dopadov skladieb a prvkov v navrhovaných konštrukčných skladbách a určenie veľkosti negatívneho vplyvu jednotlivých konštrukcií a ich materiálov na vybrané zložky životného prostredia (Ľudské zdravie, Kvalitu ekosystému, Klimatickú zmenu a Spotrebu zdrojov). Všetky environmentálne dopady pre všetky konštrukčne skladby a ich materiály boli prepočítané funkčnou jednotkou 1m² navrhnutých konštrukcií, čo umožňuje ich porovnanie s inými materiálovými bázami. Tieto parametre slúžia tiež na doposiaľ v praxi nezaužívané komplexné environmentálne hodnotenie. Zároveň sú serióznym podkladom pre argumentáciu v prospech trvalo udržateľnej výstavby.

Do praxe bol uvedený výpočtový program Fragment a PEHA, ktorého odoberateľom je jeden z partnerov projektu. Program Fragment je voľne prístupný a v praxi hojne využívaný nástroj na zodpovedné tepelnotechnické dimenzovanie skladieb plášt'a. Program PEHA bol dopracovaný pre potrebu projektového hodnotenia energetickej hospodárnosti s predpokladaným zatriedením do triedy energetickej hospodárnosti na základe primárnej energie a je už plne využívaný praxou ako optimalizačný nástroj v stratégii navrhovania budov (nielen na báze dreva) v energetickej triede A0 a A+.

Súčasťou výskumu komplexných vlastností pre oblasť akustiky drevených stavieb boli uskutočnené a publikovali sa merania koeficientu zvukovej pohltivosti podľa normy STN EN ISO 10534-2:2002 doskových stavebných materiálov používaných často v drevostavbách ako opláštenie stĺpikovej konštrukcie alebo ako vrchná krycia vrstva pri panelových konštrukciách. S týmito výsledkami, okrem iných dôležitých parametrov, ako je plošná

hmotnosť, hustota, hrúbka, ohybová tuhosť materiálu, zloženie a poradie vrstiev skladby deliacej konštrukcie, geometrický návrh a i., je treba z pohľadu akustiky počítať pri predikcii akustiky priestoru, návrhu deliacich konštrukcií a celkového vybavenia interiéru drevených stavieb akými sú aj ultra-nízkoenergetické zelené budovy. Výsledky sú zverejnené v samostatnom zborníku a sú k dispozícii pre aplikačnú prax.

Výskum konštrukčných materiálov z dreva používaných vo fragmentoch obalových plášťov, zameraný na diagnostikovanie z pohľadu kvality deštrukčnými skúškami, priniesol poznatky, ktoré preukázali možnosti využitia buka aj vo fragmentoch obalových plášťov v rôznych konštrukčných systémoch (stĺpikový, panelový, skeletový, zrubový). Výsledky sú uplatniteľné v procese zákonnej certifikácie konštrukcií a konštrukčného dreva, nevyhnutnej pri inovatívnych konštrukciách s uplatnením buka.

Teoretické a experimentálne overenie mechanickej únosnosti kombinovaných nosníkov, ktoré slúžia ako nosné jadro pre prototypové skladby plášťa s extrémnou hrúbkou tepelnej izolácie s využitím bukového reziva prinieslo výsledky, uplatniteľné v praxi. Deformačná skúška ukázala reálnu maximálnu únosnosť kazetových nosníkov vyššiu, ako k pri výpočtovom modeli. Tieto poznatky sú využiteľné pri návrhu a výrobe kombinovaných nosníkov a poukazujú na fakt, že bukové drevo (zaujímavé z pohľadu udržateľnosti lesného hospodárstva v SR) dokáže byť prínosnou surovinou v drevených konštrukciách.

Výsledky riešenia projektu uplatnené v reálnych prototypových a z prototypov odvodených skladbách obalového plášťa, doložené rozsiahlou teoreticky-experimentálnou analýzou, v novo budovaných, ale aj významne obnovovaných budovách obytných, občianskych a ostatných budov, prostredníctvom realizačných firiem, ktoré ich budú uplatňovať, prinesú prínos pri znížení energetickej náročnosti budov. Keďže budovy v súčasnosti konzumujú cca 40% celkovej spotreby energie aj z dôvodu nízkej energetickej efektívnosti, práve zníženie spotreby energie v ultra-nízkoenergetickom a takmer nulovom štandarde predstavuje významný potenciál. Zároveň uplatnenie nami vytipovaných a overených konštrukcií a konštrukčných skladieb znamená potenciál ďalšieho zníženia celkovej energetickej náročnosti pre segment výroby stavebných hmôt a konštrukcií, ich dopravy, montáže a likvidácie po skončení životnosti. Za významný výstup riešiteľský kolektív považuje vysokoškolskú učebnicu Drevené stavebné konštrukcie, ktorá na 490 stranách obsahuje rozsiahle a podrobné informácie o stavebných systémoch, historickom kontexte, funkčných požiadavkách, ako aj konkrétnych konštrukciách drevených stavieb – a, samozrejme, sprostredkuje aj výsledky výskumu a vývoja v rámci projektu APVV. Učebnica nájde uplatnenie medzi architektmi, stavebnými inžiniermi a realizátormi drevených stavieb. Vygenerované poznatky prispievajú k vyššiemu podielu konštrukcií a budov na báze dreva na stavebnom trhu s energetickými a environmentálnymi dopadmi.

Mnohé z týchto poznatkov už využívajú zmluvní partneri projektu a ďalšie stavebné firmy a budú ďalej k dispozícii pre zvýšenie kvality, zlepšenie povedomia, argumentáciu v prospech drevostavieb a lepšie využitie strategickú domácej obnoviteľnej suroviny dreva.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Výsledkom projektu, ktorý bol definovaný aj v hlavnom ciele, je súhrn v praxi aplikovateľných poznatkov a prototypových riešení na základe teoreticko-experimentálne zdôvodnenej konštrukčnej tvorby ultra-nízkoenergetických zelených budov na báze dreva v podobe rozsiahleho katalógu prototypových riešení, piatich konkrétnych prototypov konštrukcií a demonštračného výskumného objektu, slúžiaceho na ukážky a experimentálnu verifikáciu týchto prototypových skladieb, pre účely výučby a propagáciu trvalo udržateľnej výstavby pre odbornú verejnosť. Prototypové skladby boli optimalizované s dôrazom na komplexné posúdenie stavebno-fyzikálnych, energetických a environmentálnych vlastností pomocou výpočtov, meraní a simulácií. Uvedené prototypy vrátane skladieb v katalógu sú uplatniteľné vo výrobnom programe zmluvných partnerov projektu, ako aj v ďalších stavebných, projekčných a realizačných firmách. Na základe série simulácií a meraní spotreby energie na realizovaných objektoch in-situ bola vykonaná analýza dopadu fyzikálnych vlastností predmetných skladieb na zníženie spotreby energie referenčných domov na báze dreva s preukázaním váhových faktorov v súvislosti s tvarom, spôsobom vetrania a transparentnými plochami. Výpočtové analýzy a merania na objektoch in-situ potvrdili aj hypotézu o riziku letného prehrievania a zvýšenej spotreby energie v dobre izolovaných budovách s ľahkým obalovým plášťom a vysokým pomerom zasklených plôch a možnosti jeho eliminácie. Na

základe expertízneho posúdenia požiarnej odolnosti boli reprezentatívne skladby upravené a optimalizované z hľadiska aktuálnych legislatívnych požiadaviek pre aplikáciu vo viacpodlažných budovách na báze dreva. Samostatný výskum bol zameraný na výpočtové analýzy a vyhodnotenie rozsiahleho experimentu - modelového požiaru na reálnom dvojpodlažnom objekte na báze dreva. Výsledkom hodnotenia životného cyklu bola identifikácia environmentálnych dopadov predmetných skladieb a určenie veľkosti negatívneho vplyvu jednotlivých konštrukcií a ich materiálov na vybrané zložky životného prostredia. Súčasťou výskumu komplexných vlastností pre oblasť akustiky drevených stavieb boli uskutočnené a publikované merania koeficientu zvukovej pohltivosti doskových stavebných materiálov používaných v drevostavbách. Výskum zameraný na diagnostikovanie konštrukčných materiálov z dreva, ako aj teoretické a experimentálne overenie únosnosti kombinovaných nosníkov s extrémnou hrúbkou tepelnej izolácie s využitím bukového reziva priniesol v praxi aplikovateľné poznatky, preukazujúce možnosti využitia buka aj v inovatívnych konštrukčných systémoch drevostavieb. Relevantné výsledky boli publikované vo viacerých publikačných výstupoch: vedeckej monografii vo vydavateľstve Springer, vysokoškolskej učebnici a viacerých karentovaných a iných vedeckých periodikách. Do praxe bol uvedený on-line voľne prístupný výpočtový program Fragment a PEHA, využívaný ako zodpovedný návrhový a optimalizačný nástroj pri projekcii budov s takmer nulovou spotrebou energie.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The main goal of the project - to generate a summary of practical knowledge and prototype solutions based on theoretical analysis and experimentally tested design of ultra-low-energy green wood-based buildings was fulfilled in the form of several outputs: an extensive catalogue of prototype solutions; five specific manufactured prototypes and a demonstration research building used for experimental verification and presentation of the prototypes, for educational purposes at the University and also for promoting sustainable construction to the professionals and to public. The prototype assemblies were optimized with an emphasis on a comprehensive assessment of construction, physical, energy and environmental properties by means of calculations, experimental testing and computer simulations. The mentioned prototypes, including the compositions in the catalogue, can be used in the production program of the project's partners, as well as in other construction or design companies. Based on the simulations and on-site energy consumption monitoring, there was an impact of the prototype assemblies analysed, to the reduction of energy consumption of wood-based reference house, demonstrating weight factors in terms of shape, ventilation and transparent surfaces. Computational analysis and on-site monitoring also confirmed the hypothesis considering risk of summer overheating and increased energy consumption in well-insulated lightweight buildings with high glazing ratio, and the possibility of the mentioned factors elimination. Based on the fire resistance assessment, the representative assemblies were modified and optimized in terms of current legislative requirements for application in multi-storey wood-based buildings. Independent research was focused on computational analysis and evaluation of a large-scale experiment - a model fire on a real two-storey wood-based building. The result of the life cycle assessment provided the environmental impacts identification of the selected assemblies and the determination of the negative impact magnitude of individual structures and their materials on selected environmental components. As part of complex research in acoustics properties of wooden buildings, there was sound absorption coefficient testing performed, on board building materials used in wooden buildings, and results were published. A research focused on the diagnosis of wooden construction materials, as well as theoretical and experimental verification of the load-bearing capacity of engineered timber joists which could enable extreme thickness of thermal insulation application and composed of beech lumber has produced applicable knowledge, proving the possibilities of using beech wood in structural systems of buildings. Relevant results were published in several publications: a scientific monograph published by Springer, a university textbook and several peer-reviewed and other scientific periodicals. The online freely accessible calculation software Fragment and PEHA was put into practice, used as a responsible design and optimization tool in the design of buildings with almost zero energy consumption.