

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-16-0326**
Nové retardéry horenia dreva na báze prírodných zlúčenín a nanočastíc

Zodpovedný riešiteľ **prof. RNDr. František Kačík, PhD.**
Príjemca **Technická univerzita vo Zvolene**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Technická univerzita vo Zvolene, T.G.Masaryka 24, 960 01, Zvolen

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Praha – Suchbát, Česká republika

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

Neboli udelené patenty ani podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory.

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

1. Kačíková, Danica - Kubovský, Ivan - Eštoková, Adriana - Kačík, František - Kmeťová, Elena - Kováč, Ján - Ďurkovič, Jaroslav. The influence of nanoparticles on fire retardancy of pedunculate oak wood. In Nanomaterials. 2021. s. 2021. ISSN 2079-4991. APVV-17-0005; APVV-16-0326; VEGA 1/0387/18; VEGA 1/0450/19. CCC, WOS, SCOPUS. (IF 2020 = 5.076) <https://doi.org/10.3390/nano11123405> Spolupráca s: Technická univerzita v Košiciach a Univerzita Komenského, Bratislava
2. Pánek, Miloš - Kubovský, Ivan - Oberhofnerová, Eliška - Štěrbová, Irena - Niemz, Peter - Osvald, Anton - Kačík, František. Influence of natural weathering on the ignition and relative burning rate of selected softwoods. In Construction and building materials. 2021. s. 2021. ISSN 0950-0618 .CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_019/0000803 ; APVV-17-0005 ; APVV-16-0326. WOS, SCOPUS. (IF 2020 = 6.141) <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124615> Spolupráca s: Česká zemědělská univerzita, Praha, Česká republika a ETH Zürich, Švajčiarsko <https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/504126>
3. Gaff, Milan - Čekovská, Hana - Bouček, Jiří - Kačíková, Danica - Kubovský, Ivan - Tribulová, Tereza - Zhang, Lingfeng - Marino, Salvio - Kačík, František. Flammability characteristics of thermally modified meranti wood treated with natural and synthetic fire retardants. In Polymers. 2021. s. 2021. ISSN 2073-4360. .CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_019/0000803; IGA B 20/02 ; APVV-16-0326 ; APVV-17-0005 ; VEGA 1/0387/18. CCC, WOS, SCOPUS. (IF 2020 = 4.329) <https://doi.org/10.3390/polym13132160> Spolupráca s: Česká zemědělská univerzita, Praha, Česká republika a Southeast University, Nanjing, Čína
4. Gaff, Milan - Kačík, František - Gašparík, Miroslav - Todaro, Luigi - Jones, Dennis -

Corleto, Roberto - Makovická Osvaldová, Linda - Čekovská, Hana. The effect of synthetic and natural fire-retardants on burning and chemical characteristics of thermally modified teak (*Tectona grandis* L. f.) wood. In *Construction and building materials*. 2019. s. 551--558. ISSN 0950-0618 .CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_019/0000803 ; CIGA 20164309 ; APVV-16-0326. WOS, SCOPUS (IF 2019 = 4.419) <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.12.106>
Spolupráca s: Česká zemědělská univerzita, Praha, Česká republika, University of Basilicata, Potenza, Taliansko, Luleå University of Technology, Skellefteå, Švédsko, Žilinská univerzita, Žilina.

5. Tribulová, Tereza - Kačík, František - Evtuguin, Dmitry V. - Čabalová, Iveta - Ďurkovič, Jaroslav. The effects of transition metal sulfates on cellulose crystallinity during accelerated ageing of silver fir wood. In *Cellulose*. 2019. s. 2625--2638. ISSN 0969-0239. APVV-16-0326 ; VEGA 1/0387/18. CCC, WOS, SCOPUS. (IF 2019 = 4.210) <https://doi.org/10.1007/s10570-018-2210-8>

Spolupráca s: Česká zemědělská univerzita, Praha, Česká republika, University of Aveiro, Portugalsko

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky sú využiteľné pri zlepšovaní požiarnej odolnosti dreva predúpravou termickou modifikáciou a tlakovo-vákuovou impregnáciou kombinácie nanočastíc s roztokmi kremičitanu sodného.

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

Cieľom riešenia projektu bolo zlepšenie protipožiarnej odolnosti dreva prostredníctvom nových retardérov horenia najmä na báze nanočastíc a prírodných látok. V rámci riešenia projektu boli testované viaceré retardéry horenia dreva (syntetizované planárne častice TiO₂, tetrabutyl ortotitanát (TBOT), nanočastice (TiO₂, ZnO, SiO₂), prírodné látky (rôzne druhy arabinogalaktánu, expandovateľný grafit), v kombinácii s komerčnými retardérmi a rôznymi koncentraciami vodných roztokov Na₂SiO₃ anorganických soli). Boli aplikované viaceré spôsoby nanášania retardérov horenia na vzorky dreva (natieranie, postrek, pôsobenie ultrazvuku, vákuum, tlak, vákuovo-tlaková impregnácia). Z vykonaných experimentov a získaných výsledkov vyplýva, že najvhodnejší spôsob aplikácie testovaných retardérov na drevo je vákuovo-tlaková impregnácia nanočastíc v kombinácii s vodným roztokom Na₂SiO₃ a postrek expandovateľného grafitu s vodným roztokom Na₂SiO₃. Retardačný účinok bol porovnateľný s komerčnými retardérmi, výhodou retardérov testovaných v rámci projektu je ich vhodnosť z environmentálneho hľadiska, najmä nanočastíc oxidu kremičitého a titaničitého, naproti tomu oxid zinočnatý má negatívny dopad na životné prostredie. Bolo zistené, že termická modifikácia dreva mierne zlepšuje protipožiarne vlastnosti dreva. Pozornosť bola venovaná aj vývinu a modifikácii analytických metód, ktoré boli aplikované v priebehu riešenia projektu, pričom hlavný dôraz bol zameraný na separačné metódy, najmä rozmerovo-vylučovaciu chromatografiu hlavných biopolymérov dreva – celulózy, holocelulózy a lignínu. Hlavný cieľ projektu bol dosiahnutý splnením všetkých šiestich čiastkových cieľov.

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

The aim of the project was to improve the fire resistance of wood through new flame retardants, especially based on nanoparticles and natural substances. Several wood flame retardants were tested (synthesized planar TiO₂ particles, tetrabutyl orthotitanate (TBOT), nanoparticles (TiO₂, ZnO, SiO₂), natural substances (various types of arabinogalactans, expandable graphite), in combination with commercial retarders and various concentrations aqueous solutions of Na₂SiO₃, inorganic salts). Several methods of applying flame retardants to wood samples have been applied (painting, spraying, sonication, vacuum, pressure, vacuum-pressure impregnation). The performed experiments and the obtained results show that the most suitable way of applying the tested retarders to wood is vacuum-pressure impregnation of nanoparticles in combination with aqueous Na₂SiO₃ solution and spraying of expandable graphite with aqueous Na₂SiO₃ solution. The retarding effect was comparable to commercial retardants, the advantage of the retardants tested in the project is their environmental suitability, especially nanoparticles of silica dioxide and titanium

dioxide, while zinc oxide has a negative impact on the environment. It was found that the thermal modification of wood slightly improves the fire-technical characteristics of wood. Attention was also paid to the development and modification of analytical methods that were applied during the project, with the main emphasis on separation methods, especially the size-exclusion chromatography of the main wood biopolymers - cellulose, holocellulose and lignin. The main goal of the project was achieved by fulfilling all six sub-goals.