

## Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu **PP-COVID-20-0002**

**Aplikovaný výskum a vývoj pracovnej látky pre odmorovanie, dezinfekciu a dezaktiváciu, aplikovanej do studenej plazmy za atmosférického tlaku, pre dopravné služby**

Zodpovedný riešiteľ **Dr.h.c. prof. Ing. Miroslav Kelemen, DrSc., MBA**Príjemca **Technická univerzita v Košiciach - Letecká fakulta**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Technická univerzita v Košiciach, Letecká fakulta.

### Zoznam spolupracujúcich organizácií zo zahraničia, ktoré sa zapojili do riešenia projektu (uved'te názov, sídlo, štát a identifikačné číslo ak je dostupné)

Projekt bol riešený bez spolupracujúcich organizácií zo zahraničia.

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

Na základe projektu nebola podaná prihláška úžitkového vzoru alebo patentová prihláška. Uvedený výstup nebol plánovaný.

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

ADC Vedecké práce v zahraničných karentovaných časopisoch  
Model of Evaluation and Selection of Expert Group Members for Smart Cities, Green Transportation and Mobility: From Safe Times to Pandemic Times / Miroslav Kelemen ... [et al.] Mathematics. - Bazilej (Švajčiarsko) : Multidisciplinary Digital Publishing Institute Vol. 9, No. 11 (2021), p. 1-21 [online]. ISSN 2227-7390 (online)  
[KELEMEN, Miroslav - POLISHCHUK, Volodymyr - GAVUROVÁ, Beáta - ROZENBERG, Róbert - BARTOK, Juraj - GAÁL, Ladislav - GERA, Martin - KELEMEN, Martin]  
ADC Vedecké práce v zahraničných karentovaných časopisoch  
Expert Model of Risk Assessment for Selected components of Smart City concept: From safe time to pandemics as COVID-19 / Beáta Gavurová, Miroslav Kelemen, Volodymyr Polishchuk. Socio-Economic Planning Sciences, 2022, ISSN 0038-0121  
[GAVUROVÁ, Beáta - KELEMEN, Miroslav - POLISHCHUK, Volodymyr]  
Paper in progress: after Minor revisions in the 2nd. round of review  
ADE Vedecké práce v ostatných zahraničných časopisoch  
Ochrana pred COVID-19 ako výzva pre technické a spoločenské vedy: Identifikácia vybraného výskumného problému aplikovaného výskumu. Prosopon. Europejskie Studia Społeczno-Humanistyczne, 34 (1) 2021. P. 69-76.  
[KELEMEN, Miroslav - KELEMEN, Martin - BOVA, Štefan]  
ADE Vedecké práce v ostatných zahraničných časopisoch

Experience and statistics of lost and found department at Košice airport: from safe time to pandemics. *Humanum: Międzynarodowe Studia Społeczno-Humanistyczne*, 40 (1) 2021. p. 101-112.

[PILÁT, Marek – KELEMEN, Miroslav – Szabo, Stanislav – MAKÓ, Sebastián]

ADE Vedecké práce v ostatných zahraničných časopisoch

Management of UAV border surveillance as technological and social consequence of anti-pandemic programs. *Socio World-Social Research & Behavioral Sciences*. Tallinn, Estonia: The Baltic Scientific Journals, 2021. Vol. 06, No. 04 (1) (2021). p. 4-15. ISSN 2733-2713

[JEVČÁK, Jaroslav – KELEMEN, Martin]

ADE Vedecké práce v ostatných zahraničných časopisoch

Management of permanent landing and take-off areas network for helicopter emergency medical services and national crisis management. *Socio World-Social Research & Behavioral Sciences*. Tallinn, Estonia: The Baltic Scientific Journals, The Southern Caucasus Media Group. 2021. Vol. 06, No. 04 (2) (2021). p. 5-12. ISSN 2733-2713.

[PETRÍČEK, Pavol – KELEMEN, Martin]

ADF Vedecké práce v ostatných domácich časopisoch

Specifications for test modules in the APVV project PP-20-COVID-0002 Aerosol. *Acta Avionica : journal of science*. - Košice (Slovensko) : Letecká fakulta TUKE, Roč. 23, č. 1 (2021), s. 28-34 [print, online]. - ISSN 1335-9479

[KELEMEN, Martin – BOVA, Štefan]

ADN Vedecké práce v domácich časopisoch registrovaných v databázach Web of Science alebo Scopus

Evaluation of Chemical Aging on Carousel Properties Due to the COVID-19 Anti-Pandemic Measures at Airports. *Acta Montanistica Slovaca*, Volume 27 (1/2022), XXX-XXX.

[MUSIL, Tomáš – AMBRIŠKO, Ľubomír – SUČIK, Gabriel – MARASOVÁ, Daniela – KELEMEN, Miroslav – BOVA, Štefan – KOŠČÁK, Peter]

Paper in progress: after review process accepted for publication in Vol. 27 (1/2022).

2 Citácie na prácu ADC Expert Model of Risk Assessment for Selected components of Smart City concept: From safe time to pandemics as COVID-19:

Advantages of fuzzy approach compared to probabilistic approach in project evaluation Hašková, Simona; Šuleř, Petr; Krulický, Tomáš. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*; Vilnius Vol. 9, Iss. 2, (Dec 2021): 446-456. DOI:10.9770/jesi.2021.9.2(29)

<https://www.proquest.com/docview/2607524577?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>  
ELECTROMOBILITY AS A PART OF COMMUNALLY BENEFICIAL INNOVATIONS IN TRANSPORT AND ITS PERCEPTION BY SLOVAK CONSUMERS

Ferdinand Dano, Samer Khouri, Peter Drabik, Dominika Vernerova, Marek Kukura  
*Transformations in Business and Economics* Volume 20, Issue 3, Pages 132 - 150 2021  
<http://www.transformations.knf.vu.lt/54/article/elec>

[https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85120779208&origin=resultslist&sort=plf-f&cite=2-s2.0-85108159860&src=s&imp=t&sid=2384953eb4cae921ee960889b3525c5b&sot=cite&sdt=a&sl=0&relpos=1&citeCnt=0&searchTerm=)

[85120779208&origin=resultslist&sort=plf-f&cite=2-s2.0-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85120779208&origin=resultslist&sort=plf-f&cite=2-s2.0-85108159860&src=s&imp=t&sid=2384953eb4cae921ee960889b3525c5b&sot=cite&sdt=a&sl=0&relpos=1&citeCnt=0&searchTerm=)

[85108159860&src=s&imp=t&sid=2384953eb4cae921ee960889b3525c5b&sot=cite&sdt=a&sl=0&relpos=1&citeCnt=0&searchTerm=](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85120779208&origin=resultslist&sort=plf-f&cite=2-s2.0-85108159860&src=s&imp=t&sid=2384953eb4cae921ee960889b3525c5b&sot=cite&sdt=a&sl=0&relpos=1&citeCnt=0&searchTerm=)

## Uplatnenie výsledkov projektu

Priebežné a záverečné poznatky z analytickej a experimentálnej časti projektu sú výsledkom komplexného skúmania globálneho fenoménu pandémie COVID 19, manažmentu a nástrojov na jej zvládanie. Aktuálnosť riešenia problematiky a uplatnenie výsledkov determinuje pretrvávajúci záujem medzinárodnej komunity na elimináciu negatívnych dopadov na spoločnosť a ekonomiku. Projekt umožnil získať nové poznatky o praktickej využiteľnosti perspektívnych technológií v rámci antibakteriálnej a antivirotickej ochrany osôb a eliminácie kontaminácie povrchov materiálov prostredníctvom napr. korónového vírusu COVID-19.

Primárnym, bezplatným odberateľom výstupov aplikovaného výskumu a vývoja okrem žiadateľa je BovaCHEM, s.r.o., ktorá využije výstupy pri budovaní spôsobilostí antibakteriálnej a antivirotickej ochrany spoločnosti, podpory orgánov krízového manažérstva v mimoriadnej situácii a núdzovom stave štátu a pod.

Na celoštátnej úrovni budú ďalšími potencionálnymi odberateľmi výstupov letiskové spoločnosti, letecké spoločnosti, dopravné a logistické spoločnosti, sekundárne prevádzkovatelia nemocníc a sociálnych zariadení, prevádzkovatelia skladového

hospodárstva a pod., zložky integrovaného záchranného systému SR, vybrané hospodárske subjekty vo verejnom aj v privátnom sektore. Aplikačná úroveň výsledkov projektu nachádza primárne zrkadlenie v lokálnych, regionálnych a medzinárodných dopravných a prepravných procesoch na letiskách, v autobusovej a železničnej doprave, sekundárne v logistike, v nemocniciach, v školských a sociálnych zariadeniach poskytujúcich služby obyvateľstvu a pod. Výsledky sa uplatnia všade, kde sa manipuluje s tovarom, prepravovaným nákladom, obalom a pod., s potenciálne kontaminovaným povrchom, nebezpečným pre človeka. Nové pracovné chemické látky a poznatky budú uplatnené v nasledujúcej vedeckej práci, v rámci podaného (vyvolaného) projektu „Technologický dekontaminačný demonštrátor MAXI s využitím studenej plazmy a novej chemickej látky pre antibakteriálne, antivirotické, protichemické a antiradiačné využitie v dopravných službách“, č. APVV-21-0010, na všeobecnú výzvu APVV VV2021. Nový projekt aplikovaného výskumu bol podaný 27.10.2021. Výsledky z prvého projektu a z následne vyvolaného projektu budú tvoriť komplexné technické riešenie pre trh.

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

Kľúčový výstup projektu predstavujú nové polyvalentné dekontaminačné pracovné chemické látky (aerosól), s vysokým potenciálom pre dezinfekciu, odmorovanie a deaktiváciu, ktoré sú aplikované v prúde studenej plazmy. V rámci projektu boli experimentálne syntetizované varianty pracovných látok typ A (3 druhy vzoriek) a pracovných látok typ B (4 druhy vzoriek), v súlade s hypotézou ich reakčného potenciálu s predpokladanými zdrojmi kontaminácie. Pracovnú látku B sa zároveň podarilo syntetizovať aj ekologicky neškodným procesom. Vytvorené pracovné látky boli charakterizované fyzikálne – chemickými metódami a výsledky sú zhodné s predpokladanou štruktúrou. Charakterizácia sa opiera o metódy Mossbauerovej spektroskopie, elektrónovej mikroskopie (SEM/EDS) a atómovej silovej mikroskopie (AFM). Ich dekontaminačný potenciál bol primárne posúdený bez aplikovania do prúdu studenej plazmy na modelových biologických látkach (*Vibrio fischeri*, SARS-CoV-2 delta B.1.617.2), modelových chemických látkach (Dimethyl methylphosphonate, polychlórovaný bifenyľ DELOR) a modelovej stabilnej látke pre simuláciu rádioizotopu ( $^{84}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ ,  $^{84}\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), ako pokles koncentrácie v časovej závislosti. Stanovenie účinnosti dezinfekcie bolo realizované s využitím stanovenia adenozíntrifosfátu (ATP) a cestou antigénového imunochromatografického testu. Hodnotenie poklesu koncentrácie chemických látok sa opiera o stanovenie metódami plynovej chromatografie s hmotnostnou spektrometriou (GC/MS), vysokoúčinnú kvapalinovú chromatografiu (HPLC), infračervenú (FT-IR) a Ramanovú spektrometriu. Dezakivačná účinnosť bola stanovená metódou röntgenovej fluorescenčnej spektroskopie (XRF). Následne bol experimentálne stanovený dekontaminačný potenciál pracovných látok zavedených do prúdu studenej plazmy vo forme aerosólu. Pre definovanie konečného optimálneho zloženia pracovnej látky (aerosólu), podmienok jej aerosolizácie a ionizácie boli vytvorené dva testovacie moduly generátorov studenej plazmy, využívajúce piezoelektrický kryštál, dielektrický bariérový výboj (DBD), ultrafialové žiarenie a ionizujúce žiarenie beta. Optimalizovanie chodu generátora studenej plazmy bolo monitorované optickou emisnou spektrometriou (OES) a bezkontaktným meraním teploty plazmy. Experimentálne stanovenie účinnosti dekontaminácie potvrdilo, že vyvinuté pracovné látky disponujú dobrou dekontaminačnou účinnosťou aj bez aplikovania do studenej plazmy, ale s veľmi dlhou reakčnou dobou. Podobný záver je možné v prípade dezinfekčného a odmorovacieho procesu vysloviť pri použití studenej plazmy bez pracovnej látky, pričom samotná studená plazma nemá žiadny deaktivujúci účinok. Potvrdená bola hypotéza, že po aplikovaní dekontaminačných pracovných látok do prúdu studenej plazmy extrémne rastie dekontaminačný účinok a podstatne sa skráti čas dekontaminačného procesu. Významný faktor tiež predstavuje poznatok, že reakčný produkt oboch pracovných látok je netoxický a neškodný pre životné prostredie. Riešiteľský kolektív využil expertnú databázu údajov z meraní fyzických údajov nameraných pri experimente a stanovených pri hodnotení pracovnej látky pre celkové hodnotenie výsledkov aj prevádzkových rizík. Získané poznatky z analytickej časti projektu umožnili tvorbu informačných modelov najmä pre podporu rozhodovacích procesov u potenciálnych užívateľov. Hodnotenie jednotlivých variantov pracovnej látky boli okrem riešiteľského kolektívu doplnené o externé analýzy. Naše a externé hodnotenia potvrdili, že vytvorené látky sú schopné ionizácie v prúde studenej plazmy a získali schopnosť vo veľmi

krátkom čase neutralizovať nebezpečné vírusy, baktérie a ich spóry, plesne a huby, zároveň budú účinné pri degradácii nebezpečných chemických látok a priemyselných jedov. Kľúčovým výstupom z projektu bol splnený hlavný cieľ projektu, ktorý bol zameraný na aplikovaný výskum a vývoj pracovnej látky (aerosólu) na báze experimentu, pre získanie vhodných dekontaminačných pracovných látok pre použitie v zariadení, ktoré generuje studenú plazmu za atmosférického tlaku.

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

The key output of the project is a new polyvalent decontamination working chemical (aerosol), with a high potential for disinfection, decontamination and deactivation, which are applied in a cold plasma stream. Within the project, experimental variants of working substances type A (3 types of samples) and working substances type B (4 types of samples) were experimentally synthesized, in accordance with the hypothesis of their reaction potential with the presumed sources of contamination. Working substance B was also synthesized by an environmentally friendly process. The created working substances were characterized by physico - chemical methods and the results are identical with the expected structure. The characterization was based on Mossbauer spectroscopy, electron microscopy (SEM / EDS) and atomic force microscopy (AFM) methods. Their decontamination potential was primarily assessed without application to the cold plasma stream on model biologicals (*Vibrio fischeri*, SARS-CoV-2 delta B.1.617.2), model chemicals (Dimethyl methylphosphonate, polychlorinated biphenyl DELOR) and model stable substance for simulation radioisotope ( $^{84}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ ,  $^{84}\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) as a decrease in concentration over time. The disinfection efficiency was determined using the adenosine triphosphate (ATP) assay and the antigen immunochromatographic assay. The assessment of the decrease in chemical concentration was based on the determinations of gas chromatography with mass spectrometry (GC / MS), high performance liquid chromatography (HPLC), infrared (FT-IR) and Raman spectrometry. Deactivation efficiency was determined by X-ray fluorescence spectroscopy (XRF). Subsequently, the decontamination potential of the working substances introduced into the cold plasma stream in the form of an aerosol was experimentally determined. To define the final optimal composition of the working substance (aerosol), its aerosolization and ionization conditions, two test modules of cold plasma generators were created, using piezoelectric crystal, dielectric barrier discharge (DBD), ultraviolet radiation and ionizing beta radiation. The optimization of the cold plasma generator operation was monitored by optical emission spectrometry (OES) and non-contact plasma temperature measurement. Experimental determination of decontamination efficiency confirmed that the developed working substances have good decontamination efficiency even without application to cold plasma, but with a very long reaction time. A similar conclusion can be drawn in the case of the disinfection and decontamination process when using cold plasma without working substance, while cold plasma itself has no deactivating effect. The hypothesis was confirmed that after the application of decontamination working substances into the cold plasma stream, the decontamination effect increases extremely and the time of the decontamination process is significantly shortened. Another important factor is the knowledge that the reaction product of both working substances is non-toxic and harmless to the environment. The research team used an expert database of data from the measurements of physical data measured during the experiment and determined during the evaluation of the working substance for the overall evaluation of results and operational risks. The knowledge gained from the analytical part of the project enabled the creation of information models, especially to support decision-making processes for potential users. In addition to the research team, the evaluation of individual variants of the working substance was supplemented by external analyzes. Our and external evaluations have confirmed that the substances formed are able to ionize in the cold plasma stream and have acquired the ability to neutralize dangerous viruses, bacteria and their spores, fungi and fungi in a very short time, while being effective in degrading hazardous chemicals and industrial poisons. The key output of the project was the main goal of the project, which was focused on applied research and development of working substance (aerosol) on the basis of experiment, aimed at obtaining suitable decontamination working substances for use in equipment that generates cold plasma at atmospheric pressure.

