



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-19-0250

Výskyt mikroplastov a vybraných mikropolutantov v povrchových a pitných vodách Slovenska a ich účinné odstránenie pomocou progresívnych postupov

Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. Tomas Mackuľak, PhD.**

Príjemca

Slovenská technická univerzita v Bratislave - Fakulta chemickej a potravinárskej technológie

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Slovenská technická univerzita v Bratislave - Fakulta chemickej a potravinárskej technológie (zodpovedný riešiteľ)

Univerzita Komenského v Bratislave - Prírodovedecká fakulta (spoluriešiteľ)

Ústav polymérov SAV (spoluriešiteľ)

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Juhočeská Univerzita v Českých Budějoviciach, Česko Fakulta rybárstva a ochrany vôd (doc. Mgr. Roman Grabic, PhD.) (detekcia a monitoring mikropolutantov)

Dept. for Environmental Science Center for Advanced Water Purification Aarhus University Dánsko (Kai Bester)

Aalto University Fínsko (Mika Sillanpää)

Hebrew University, Jerusalem Izrael (Avi Domb)

National University of Singapore (Seeram Ramakrishna)

Murdoch University/Bangor University Austrália (Davey Jones)

University of Amsterdam Holandsko (Tobias Rinke de Wit)

The University of Glasgow Škótsko (Jonathan Cooper)

University of Valencia Španielsko (Yolanda Pico)

School of Public Health, Texas A&M University (Sharma, Virender K)

University of Porto Portugalsko (Vitor Vilar)

Massachusetts Institute of Technology: MIT USA (Jiho Shin a Jeehwan Kim)

Centre for Research and Technology Hellas Grécko (Fotis Psomopoulos)

Univerzita Palackého v Olomouci, Regionálne centrum pokročilých technológií a materiálov (Mgr. Ján Filip, PhD.)

Česká poľnohospodárska univerzita v Prahe, Katedra zoológie a rybárstva (prof. Mgr.

Ondřej Slavík, PhD., doc. Ing. Pavel Horký, PhD.)

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (prof. Carmen Paz Suarez)

Ruđer Bošković Institute (prof. Nikolina Udikovic)

Institute for Medical Engineering and Science - Massachusetts Institute of Technology: MIT (Dr. Leo Anthony Celi)

Plasma Nanotechnologies and Bioapplications – Faculty of Science – Masaryk University (Doc. Tomáš Homola, PhD)

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

V roku 2024 (jún) bol zaslaný úžitkový vzor na zaregistrovanie (úžitkový vzor sa venuje online monitoringu vybraných mikropolutantov v odpadových vodách). Názov vzoru je – „SMART systém online monitoringu vybraných mikropolutantov/biomarkerov v kanalizačných systémoch,,
Poloprevádzková linka kombinovala technológie ultrafiltrácie, sorpcie pomocou sorbentov na báze uhlíka a oxidácie pomocou železanov - bude patentovaná európskym patentom v roku 2024.

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

Články:

MACKULÁK, Tomáš - BÍROŠOVÁ, Lucia - ŠKULCOVÁ, Andrea [Škulcová] - HORÁKOVÁ, Ivana - ŽABKA, Dušan - KUČERA, Jozef. Progressive degradation procedures vs drugs, viruses and pathogenic microorganisms in wastewater. In Chemické listy. Vol. 114, iss. 9 (2020), s. 602-608. ISSN 0009-2770 (2019: 0.390 - IF, Q4 - JCR Best Q, 0.183 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: CC: 000567994200006.

MACKULÁK, Tomáš. Odpadové vody – možný zdroj informácií o výskyte a trendoch šírenia sa ochorenia COVID – 19 v populácii? In Vodní hospodářství. Roč. 70, č. 6 (2020), s. 1-3. ISSN 1211-0760.

BIMOŤÁ, Paula - ROUPCOVÁ, Petra - KLOUDA, Karel - MATĚJOVÁ, Lenka - VOJS STAŇOVÁ, Andrea - GRABICOVÁ, Kateřina - GRABIC, Roman - MAJOVÁ, Veronika - HÍVEŠ, Ján - ŠPALKOVÁ, Viera - GEMEINER, Pavol - CELEC, Peter - KONEČNÁ, Barbora - BÍROŠOVÁ, Lucia - KRAHULCOVÁ, Monika - MACKULÁK, Tomáš. Biochar - An efficient sorption material for the removal of pharmaceutically active compounds, DNA and RNA fragments from wastewater. In Journal of Environmental Chemical Engineering. Vol. 9, iss. 4 (2021), s. [1-9]. ISSN 2213-3437 (2020: 5.909 - IF, Q1 - JCR Best Q, 0.965 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1016/j.jece.2021.105746 ; CC: 000670384900006.

BIMOŤÁ, Paula - BARBIERIKOVÁ, Zuzana - GREŇČIKOVÁ, Anna - ŠÍPOŠ, Rastislav - BUTOR ŠKULCOVÁ, Andrea - KRIVJANSKÁ, Anna - MACKULÁK, Tomáš. Environmental risk of nanomaterials and nanoparticles and EPR technique as an effective tool to study them-a review. In Environmental science and pollution research. Vol. 28, iss. 18 (2021), s. 22203-22220. ISSN 0944-1344 (2020: 4.223 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.845 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1007/s11356-021-13270-5 ; SCOPUS: 2-s2.0-85102934779 ; CC: 000649453300001.

BODÍK, Michal - MACKULÁK, Tomáš - FEHÉR, Miroslav - VOJS STAŇOVÁ, Andrea - GRABICOVÁ, Kateřina - VARJÚOVÁ, Dóra - BODÍK, Igor. Searching for the correlations between the use of different groups of pharmaceuticals from wastewaters. In Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol. 228, (2021), s. [1-7], art. no. 112973. ISSN 0147-6513 (2020: 6.291 - IF, Q1 - JCR Best Q, 1.377 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1016/j.ecoenv.2021.112973 ; SCOPUS: 2-s2.0-85119058292.

BUTOR ŠKULCOVÁ, Andrea - TAMÁŠOVÁ, Katarína - VOJS STAŇOVÁ, Andrea - BÍROŠOVÁ, Lucia - KRAHULCOVÁ, Monika - GÁL, Miroslav - KONEČNÁ, Barbora - JANÍKOVÁ, Monika - CELEC, Peter - GRABICOVÁ, Kateřina - GRABIC, Roman - FILIP, Ján - BELÍŠOVÁ, Noemi - RYBA, Jozef - KEREKEŠ, Kamil - ŠPALKOVÁ, Viera - HÍVEŠ, Ján - MACKULÁK, Tomáš. Effervescent ferrate(VI)-based tablets as an effective means for removal SARS-CoV-2 RNA, pharmaceuticals and resistant bacteria from wastewater. In Journal of Water Process Engineering. Vol. 43, (2021), s. [1-5], art. no. 102223. ISSN 2214-7144. V databáze: DOI: 10.1016/j.jwpe.2021.102223 ; SCOPUS: 2-s2.0-85110651213 ; CC: 000703751700004.

KRIVJANSKÁ, Anna - ŠOLTÝSOVÁ, Andrea - TAMÁŠ, Michal - TAKÁČ, Zdenko - KRAHULEC, Ján - FICEK, Andrej - GÁL, Miroslav - GALL, Marián - FEHÉR, Miroslav - KRIVJANSKÁ, Anna - HORÁKOVÁ, Ivana - BELÍŠOVÁ, Noemi - BIMOŤÁ, Paula - BUTOR ŠKULCOVÁ, Andrea - MACKULÁK, Tomáš. Mathematical modeling based on RT-qPCR analysis of SARS-CoV-2 in wastewater as a tool for epidemiology. In Scientific Reports. Vol. 11, Iss. 1 (2021), s. [1-10], art. no. 19456. ISSN 2045-2322 (2020: 4.379 - IF, Q1 - JCR Best Q, 1.240 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1038/s41598-021-98653-x ; SCOPUS: 2-s2.0-85116318937 ; CC: 000702737500114.

LUNDY, Lian - FATTA-KASSINOS, Despo - SLOBODNÍK, Jaroslav - KARAOLIA, Popi - ČIRKA, Ľuboš - FICEK, Andrej - KRAHULEC, Ján - MACKULÁK, Tomáš - ŠOLTÝSOVÁ, Andrea. Making Waves: Collaboration in the time of SARS-CoV-2-rapid development of an international co-operation and wastewater surveillance database to support public health decision-making. In Water Research. Vol. 199, (2021), s. [1-7], art. no. 117167. ISSN 0043-1354 (2020: 11.236 - IF, Q1 - JCR Best Q, 3.099 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1016/j.watres.2021.117167 ; SCOPUS: 2-s2.0-85106318931 ; CC: 000659348700013.

MACKULÁK, Tomáš - GÁL, Miroslav - ŠPALKOVÁ, Viera - FEHÉR, Miroslav - BRIESTENSKÁ, Katarína - MIKUŠOVÁ, Miriam - TOMČÍKOVÁ, Karolína - TAMÁŠ, Michal - BUTOR ŠKULCOVÁ, Andrea. Wastewater-Based Epidemiology as an Early Warning System for the Spreading of SARS-CoV-2 and Its Mutations in the Population. In International Journal of Environmental Research and Public Health. Vol. 18, iss. 11 (2021), s. [1-21], art. no. 5629. ISSN 1660-4601 (2020: 3.390 - IF, Q1 - JCR Best Q, 0.747 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/ijerph18115629 ; SCOPUS: 2-s2.0-85106453298 ; CC: 000659925200001.

BELIŠOVÁ, Noemi - KONEČNÁ, Barbora a kol. Sorption of SARS-CoV-2 Virus Particles to the Surface of Microplastics Released during Washing Processes. In International Journal of Environmental Research and Public Health. Akceptované 24.12.2021. ISSN 1660-4601 (2020: 3.390 - IF, Q1 - JCR Best Q, 0.747 - SJR, Q2 - SJR Best Q). DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19010281>.

CVERENKÁROVÁ, Klára - VALACHOVIČOVÁ, Martina - MACKULÁK, Tomáš a kol. Microplastics in the Food Chain. In Life. 2021, 11(12), 1349; (2020: 3.817 - IF , Q2 - JCR Best Q) <https://doi.org/10.3390/life11121349> ISSN: 2075-1729

PÚČEK BELIŠOVÁ, Noemi [Belišová, Noemi] - KONEČNÁ, Barbora - BACHRATÁ, Nikoleta - RYBA, Jozef - POTOČÁROVÁ, Alena - TAMÁŠ, Michal - LE PHUONG, Anh - PÚČEK, Ondrej - KOPÁČEK, Juraj - MACKULÁK, Tomáš. Sorption of SARS-CoV-2 virus particles to the surface of microplastics released during washing processes. In International Journal of Environmental Research and Public Health. Vol. 281, (2022), s. [1-7], art. no. 281. ISSN 1660-4601 (2021: 4.614 - IF, Q1 - JCR Best Q, 0.814 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/ijerph19010281 ; SCOPUS: 2-s2.0-85121669301 ; CC: 000741261500001.

TAMÁŠ, Michal - POTOČÁROVÁ, Alena - KONEČNÁ, Barbora - KLUČÁR, Ľuboš - MACKULÁK, Tomáš. Wastewater Sequencing-An Innovative Method for Variant Monitoring of SARS-CoV-2 in Populations. In International Journal of Environmental Research and Public Health. Vol. 19, iss. 15 (2022), s. [1-16], art. no. 9749. ISSN 1660-4601 (2021: 4.614 - IF, Q1 - JCR Best Q, 0.814 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/ijerph19159749 ; SCOPUS: 2-s2.0-85137094424 ; CC: 000839167700001.

Typ výstupu: článok; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: ADC
MACKULÁK, Tomáš - CVERENKÁROVÁ, Klára - VOJS STANOVÁ, Andrea - FEHÉR, Miroslav - TAMÁŠ, Michal - BUTOR ŠKULCOVÁ, Andrea [Škulcová] - GÁL, Miroslav - NAUMOWICZ, Monika - ŠPALKOVÁ, Viera - BÍROŠOVÁ, Lucia. Hospital Wastewater-Source of Specific Micropollutants, Antibiotic-Resistant Microorganisms, Viruses, and Their Elimination. In Antibiotics. Vol. 10, iss. 9 (2021), s. [1-14], art. no. 1070. ISSN 2079-6382 (2020: 4.639 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.960 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/antibiotics10091070 ; WOS: 000699307200001.

KUČERA, Jozef - PÚČEK BELIŠOVÁ, Noemi [Belišová, Noemi] - MACKULÁK, Tomáš - RYBA, Jozef - DOUDA, Pavel - BONDAREV, Dmitrij - SLAVÍK, Ondřej - TAMÁŠ, Michal - ESCOBAR CALDERON, Juan Felipe - HORKÝ, Pavel. Polystyrene Microparticles and the Functional Traits of Invertebrates: A Case Study on Freshwater Shrimp Neocardina heteropoda. In Fishes. Vol. 7, iss. 6 (2022), s. [1-13], art. no. 323. ISSN 2410-3888 (2021: 3.170 - IF, Q1 - JCR Best Q, 0.549 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/fishes7060323.

Typ výstupu: článok; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: ADM
ŽABKA, Dušan - KONEČNÁ, Barbora - CELEC, Peter - JANÍKOVÁ, Monika - IVAŠKOVÁ, Nadja - TÓTHOVÁ, Ľubomíra - TAMÁŠ, Michal - BUTOR ŠKULCOVÁ, Andrea [Škulcová] - PÚČEK

BELIŠOVÁ, Noemi [Belišová, Noemi] - HORÁKOVÁ, Ivana - BIMOVÁ, Paula [Brandeburová] - HÍVEŠ, Ján - RYBA, Jozef - KLEMPA, Boris - SLÁVIKOVÁ, Monika - KOPÁČEK, Juraj - KRAHULEC, Ján - GÁL, Miroslav - MACKULÁK, Tomáš. Ferrate (VI), Fenton Reaction and Its Modification: An Effective Method of Removing SARS-CoV-2 RNA from Hospital Wastewater. In Pathogens. Vol. 11, iss. 4 (2022), s. [1-13], art. no. 450. ISSN 2076-0817 (2021: 4.531 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.901 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/pathogens11040450 ; SCOPUS: 2-s2.0-85128633932 ; WOS: 000785489700001.

Typ výstupu: článok; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: ADM ŽABKA, Dušan - VOJS STAŇOVÁ, Andrea - HORÁKOVÁ, Ivana - BUTOR ŠKULCOVÁ, Andrea [Škulcová] - GRABIC, Roman - ŠPALKOVÁ, Viera - GÁL, Miroslav - MACKULÁK, Tomáš. Bioaccumulation as a method of removing psychoactive compounds from wastewater using aquatic plants. In Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences. Vol. 1223, (2023), s. [1-8], art. no. 123717. ISSN 1570-0232 (2022: 3.000 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.533 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1016/j.jchromb.2023.123717 ; SCOPUS: 2-s2.0-85154615632 ; CC: 000999061200001.

Typ výstupu: článok; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: ADC BIMOVÁ, Paula [Brandeburová] - TULIPÁNOVÁ, Alexandra - BODÍK, Igor - FEHÉR, Miroslav - PAVELKA, Martin - CASTIGLIONI, Sara - ZUCCATO, Ettore - SALGUEIRO-GONZÁLEZ, Noelia - PETROVIČOVÁ, Nina - HÍVEŠ, Ján - ŠPALKOVÁ, Viera - MACKULÁK, Tomáš. Monitoring Alcohol Consumption in Slovak Cities during the COVID-19 Lockdown by Wastewater-Based Epidemiology. In International Journal of Environmental Research and Public Health. Vol. 20, iss. 3 (2023), s. [1-8], art. no. 2176. ISSN 1660-4601 (2022: 0.828 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/ijerph20032176 ; SCOPUS: 2-s2.0-85147930520.

Typ výstupu: článok; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: ADC

KRAJČOVIČOVÁ, Timea Ema - HATALA, Michal - GEMEINER, Pavol - HÍVEŠ, Ján - MACKULÁK, Tomáš - NEMČEKOVÁ, Katarína - SVITKOVÁ, Veronika. Biochar for Water Pollution Control: From Sensing to Decontamination. In Chemosensors. Vol. 11, iss. 7 (2023), s. [1-17], art. no. 394. ISSN 2227-9040 (2022: 4.200 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.520 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/chemosensors11070394 ; SCOPUS: 2-s2.0-85166332354 ; CC: 001038141300001.

Typ výstupu: článok; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: ADC GEMEINER, Pavol - SARAKHMAN, Olha - HATALA, Michal - HÁZ, Aleš - ROUPCOVÁ, Petra - MACKULÁK, Tomáš - BAREK, Jiří - ŠVORC, Ľubomír. A new generation of fully-printed electrochemical sensors based on biochar/ethylcellulose-modified carbon electrodes: Fabrication, characterization and practical applications. In Electrochimica Acta. Vol. 487, (2024), s. [1-14], art. no. 144161. ISSN 0013-4686 (2022: 6.6 - IF, Q2 - JCR Best Q, 1.264 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1016/j.electacta.2024.144161 ; SCOPUS: 2-s2.0-85189566680 ; CC: 001215413000001.

IMREOVÁ, Zuzana - VOJS STAŇOVÁ, Andrea - ZAŽÍMAL, František - DEBNÁROVÁ, Stanislava - VRÁNA, Lukáš - PETROVIČOVÁ, Nina - TULIPÁNOVÁ, Alexandra - LUKÁČ, Tomáš - VÉGH, Daniel - STÝSKALÍK, Aleš - MACKULÁK, Tomáš - HOMOLA, Tomáš. Low-cost carbon-based sorbents for the removal of pharmaceuticals from wastewaters. In Journal of Water Process Engineering. Vol. 61, (2024), s. [1-13], art. no. 105181. ISSN 2214-7144 (2022: 7 - IF, Q1 - JCR Best Q, 1.144 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1016/j.jwpe.2024.105181.

Alexandra Paulína Drdanová a kol. Unveiling Versatile Applications and Toxicity Considerations of Graphitic Carbon Nitride. Int. J. Mol. Sci. 2024, 25(14), 7634; <https://doi.org/10.3390/ijms25147634>

Monografia vydaná v SR:

MACKULÁK, Tomáš - BODÍK, Igor - BÍROŠOVÁ, Lucia. Drogy a liečivá okolo nás. prvé. Bratislava, Spektrum STU, 2020. ISBN 978-80-227-5010-3.

Vysokoškolská učebnica vydaná v SR:

IMREOVÁ, Zuzana - RYBA, Jozef - MACKULÁK, Tomáš - LABOVSKÝ, Juraj - BODÍK, Igor - BIMOVÁ, Paula [Brandeburová] - BUTOR ŠKULCOVÁ, Andrea [Škulcová] - NAGY CZÖLDEROVÁ, Marianna - LABAŠKA, Miroslav - TULIPÁNOVÁ, Alexandra -

PETROVIČOVÁ, Nina - HRUDKA, Jaroslav - WITTMANOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - TAKÁČOVÁ, Alžbeta - REMENÁROVÁ, Martina - BAJUSZOVÁ, Miriama. Laboratórne cvičenie III - Ovzdušie. 1. vyd. Bratislava, Slovensko : Slovenská chemická knižnica, 2024. 237 s. ISBN 978-80-8208-119-3.

Typ výstupu: učebnica pre vysoké školy; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: ACB

Uplatnenie výsledkov projektu

Projekt APVV napomáha k spolupráci na tvorbe medzinárodných databáz v rámci monitoringu mikropolutantov/mikroplastov v odpadových vodách.

Tvorba databáz a nadnárodných správ:

Výsledky projektu z hľadiska monitoringu drog v odpadových vodách Slovenska, boli využité do celoeurópskych správ EMCDDA za rok 2021, 2022, 2023, 2024 a budú aj v roku 2025

https://www.emcdda.europa.eu/news/2023/2/wastewater-samples-over-100-european-cities-reveal-latest-drug-taking-trends_en (Wastewater samples from over 100 European cities reveal latest drug-taking trends)

https://www.emcdda.europa.eu/publications/html/pods/waste-water-analysis_en

Výskum ohľadom monitorovania RNA SARS-CoV-2 v odpadových vodách sa realizuje aj v súčasnosti na národnej úrovni:

·
https://www.uvzs.sk/index.php?option=com_content&view=article&id=4857:monitoring-odpadovych-vod-vnsr-na-pritomnos-virusu-sars-cov2-stav-kn06092021&catid=250:koronavirus-2019-ncov&Itemid=153

· https://www.norman-network.com/nds/sars_cov_2/ (databáza vyše 60 krajín sveta

· platforma ktorej sme členmi - „Wastewater-Based Epidemiology for COVID-19“ určenej na rýchlu komunikáciu odborníkov zaoberajúcich sa problematikou výskytu vírusu SARS-CoV-2 v odpadových vodách

Dôkazom spolupráce na svetovej úrovni okrem nadnárodných správ je vznik viacerých karentovaných článkov s vysokým impact faktorom.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135421001810>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135421003651>

Databáza COST:

<https://score-cost.eu/> (monitoring drog v odpadových vodách EÚ ako možný spôsob zisťovania situácie ohľadné zmeny drogovej problematiky) výsledky využíva Ministerstvo zdravotníctva SR a tiež EMCDDA

Projekt APVV napomáhal k spolupráci na tvorbe medzinárodných databáz v rámci monitoringu mikropolutantov/mikroplastov v odpadových vodách a možnosti monitoringu ochorenia COVID-19 na základe analýzy odpadových vôd. Okrem toho sa spolupráca rozšírila aj o možnosť využitia umelej inteligencie pri vyhodnotení výsledkov monitoringu odpadových vôd (spolupráca Institute for Medical Engineering and Science - Massachusetts Institute of Technology: MIT) či inými významnými vedeckými inštitúciami Kanady, USA, Anglicka či Fínska, Španielska, Holandska a Dánska.

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

Projekt APVV 19-0250 dosiahol významné výsledky v oblasti monitorovania a analýzy mikroplastov a mikropolutantov v odpadových a povrchových vodách na Slovensku. Počas rokov 2020-2024 boli publikované viaceré odborné štúdie, vrátane monografie a viac ako 20 článkov v Q1 a Q2 časopisoch. Boli vyvinuté pokročilé analytické metódy na identifikáciu mikropolutantov, ako sú liečivá, drogy a pesticídy, a úspešne testované pokročilé degradačné technológie, vrátane elektrochemickej oxidácie s bórom dopovanými diamantovými elektródami a membránových technológií. Významným prínosom projektu bolo vytvorenie poloprevádzkových modelov čistiarní odpadových vôd a testovanie SMART senzorických systémov na online monitorovanie znečistenia. Projekt tiež prispel k rozšíreniu poznatkov o výskyte vírusu SARS-CoV-2 v odpadových vodách a jeho monitoringu ako nástroja na predikciu šírenia COVID-19. Výsledky projektu využívajú národné aj nadnárodné inštitúcie a prispeli k vývoju nových technológií na čistenie vôd a ochranu životného prostredia.

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

Project APVV 19-0250 achieved significant results in monitoring and analyzing microplastics and micropollutants in wastewater and surface waters in Slovakia. During the years 2020-2024, multiple scholarly studies were published, including a monograph and more than 20 articles in Q1 and Q2 journals. Advanced analytical methods were developed to identify micropollutants such as pharmaceuticals, drugs, and pesticides, and advanced degradation technologies, including electrochemical oxidation with boron-doped diamond electrodes and membrane technologies, were successfully tested. A notable contribution of the project was the creation of pilot models of wastewater treatment plants and the testing of SMART sensor systems for online pollution monitoring. The project also contributed to expanding knowledge about the presence of the SARS-CoV-2 virus in wastewater and its monitoring as a tool for predicting the spread of COVID-19. The project results are utilized by national and international institutions and have contributed to the development of new technologies for water purification and environmental protection.