Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
Slovenská agentúra životného prostredia

ENVIRONMENTÁLNE ZÁŤAŽE NA SLOVENSKU

PROGRES V RIEŠENÍ ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ | 2

OPERAČNÝ PROGRAM KVALITA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA
EURÓPSKA ÚNIA Kohézny fond
MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ REPUBLIKY
SLOVENSKÁ AGENTÚRA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

MINISTERSTVO
ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

SLOVENSKÁ
AGENTÚRA
ŽIVOTNÉHO
PROSTREDIA

2021

Túto publikáciu vydala Slovenská agentúra životného prostredia
v úzkej spolupráci s Ministerstvom životného prostredia
Slovenskej republiky v rámci národného projektu 3 INFOAKTIVITY.

VYDAVATEĽ
Slovenská agentúra životného prostredia
Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica
Slovenská republika
tel.: + 421 48 4374 287
www.sazp.sk

NÁZOV PUBLIKÁCIE
ENVIRONMENTÁLNE ZÁŤAŽE NA SLOVENSKU
PROGRES V RIEŠENÍ ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ/2

KOLEKTÍV AUTOROV
doc. Ing. Katarína Dercová, PhD.
RNDr. Ľubomír Jurkovič, PhD.
doc. Mgr.Peter Šottník, PhD.
doc. Ing. Lenka Lackoová, PhD.
doc. Ing. Martina Zeleňáková, PhD.
prof. RNDr. Magdaléna Bálintová, PhD.
prof. Ing. Mária Kozlovská, PhD.

ODBORNÝ GARANT
informačnej aktivity 5.3.6. národného projektu 3 INFOAKTIVITY,
zostavenie a recenzia publikácie
Ing. Katarína Paluchová, SAŽP

REDAKČNÁ A JAZYKOVÁ ÚPRAVA
Ing. arch. Elena Bradiaková, SAŽP

GRAFICKÁ ÚPRAVA A SADZBA
Ing. arch. Ingrid Krajčovičová

FOTO
© Archív autorov a archív SAŽP, foto na obálke: archív SAŽP

Rok vydania: 2021
Poradie vydania: 1. vydanie
Počet strán: 88
Formát: 21 × 29,7

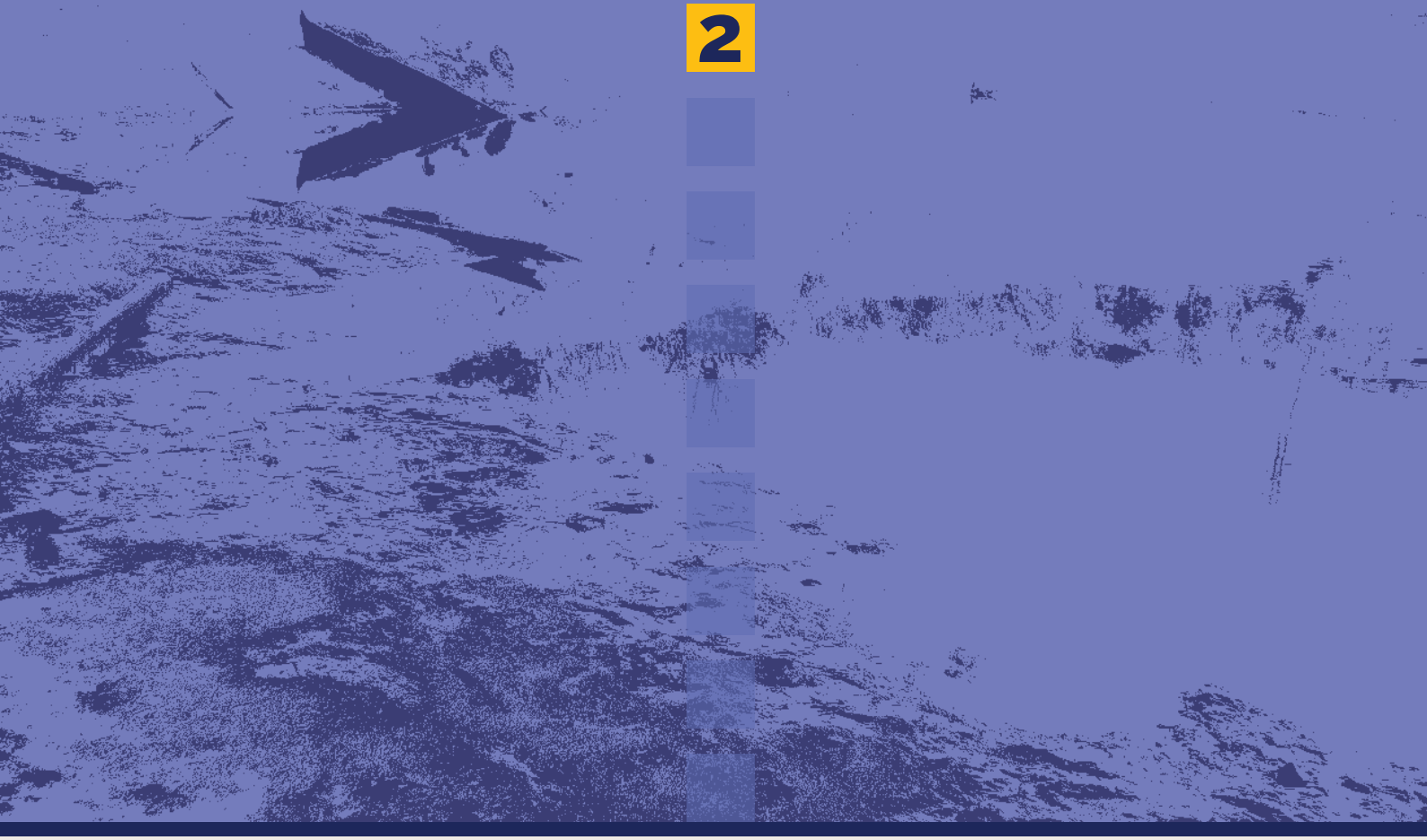
ISBN: 978-80-8213-027-3

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
Slovenská agentúra životného prostredia

ENVIRONMENTÁLNE ZÁŤAŽE NA SLOVENSKU

PROGRES V RIEŠENÍ ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ

2



Vydavateľ ďakuje autorom publikácie a všetkým ostatným, ktorí aktívne prispeli k jej zostaveniu a vydaniu.

OPERAČNÝ PROGRAM KVALITA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA
EURÓPSKA ÚNIA Kohézny fond
MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ REPUBLIKY
SLOVENSKÁ AGENTÚRA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

Aktivita sa realizuje v rámci národného projektu **Zlepšovanie informovanosti a poskytovanie poradenstva v oblasti zlepšovania kvality životného prostredia na Slovensku**.

Projekt je spolufinancovaný z **Kohézneho fondu EÚ v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia (2014 – 2020)**.

OBSAH

KATARÍNA PALUCHOVÁ 7
ÚVODOM

1. KATARÍNA DERCOVÁ 11
AKADEMICKÉ VZDELÁVANIE A VÝSKUM V OBLASTI ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ NA SLOVENSKEJ TECHNICKEJ UNIVERZITE V BRATISLAVE (2015 – 2019)

2. ĽUBOMÍR JURKOVIČ 31
RIEŠENIE ZNEČISTENÝCH ÚZEMÍ SPÔSOBENÝCH BANSKOU ČINNOSŤOU – STAV A PERSPEKTÍVY

3. PETER ŠOTTNÍK 43
VZDELÁVACIE AKTIVITY, VÝSKUM, PROJEKTY A PUBLIKÁCIE UNIVERZITY KOMENSKÉHO V BRATISLAVE V OBLASTI ZNEČISTENÝCH ÚZEMÍ

4. LENKA LACKÓOVÁ 57
VZDELÁVACIE AKTIVITY, VÝSKUM, PROJEKTY A PUBLIKÁCIE SLOVENSKEJ POĽNOHOSPODÁRSKEJ UNIVERZITY V NITRE V OBLASTI ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ

5. MARTINA ZELEŇÁKOVÁ
MAGDALÉNA BÁLINTOVÁ
MÁRIA KOZLOVSKÁ 73
VZDELÁVACIE AKTIVITY, VÝSKUM, PROJEKTY A PUBLIKÁCIE TECHNICKEJ UNIVERZITY V KOŠICIACH V OBLASTI ZNEČISTENÝCH ÚZEMÍ

LITERATÚRA A POUŽITÉ ZDROJE 86

Zatiaľ ostatná prezenčná aktivita v rámci projektu INFOAKTIVITY – workshop pre geológov – sa konala v septembri 2020 v Senci
foto: Eclips, s. r. o., Zálesie

ÚVODOM

Ing. **KATARÍNA PALUCHOVÁ**
Slovenská agentúra životného prostredia
Odbor environmentálnych služieb
Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica
katarina.paluchova@sazp.sk

V roku 2016 bol uznesením vlády č. 7 zo dňa 13. 1. 2016 schválený **Štátny program sanácie environmentálnych záťaží 2016 – 2021** (ŠPS EZ). Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky (MŽP SR) sa predloženým národným strategickým dokumentom ŠPS EZ snaží napĺňať nielen ciele európskych strategických dokumentov, ale stanovením základných princípov, cieľov a opatrení na úseku environmentálnych záťaží (EZ) predovšetkým zabezpečiť ochranu zdravia obyvateľov SR a zlepšiť stav jednotlivých zložiek životného prostredia (ŽP), akými sú voda, pôda a horninové prostredie.

Základnými princípmi ŠPS EZ sú:

1. „znečisťovateľ platí“,
2. trvalo udržateľný rozvoj,
3. právo na priaznivé životné prostredie,
4. subsidiarita a proporcionalita,
5. ochrana ľudského zdravia pred rizikami vyplývajúcimi z nebezpečného alebo kontaminovaného ŽP,
6. suverenita,
7. súlad s programom opatrení Vodného plánu Slovenska,
8. princíp znižovania znečistenia priamo pri zdroji.

Dokument obsahuje záväznú časť a smernú časť na obdobie rokov 2016 až 2021. Záväzná časť popisuje priority, ciele a opatrenia na dosiahnutie týchto priorít z hľadiska legislatívneho, finančného, odborného a osvetovo-vzdelávacieho v krátkodobom (2016 – 2017), strednodobom (2018 – 2020) a dlhodobom časovom horizonte (2021 a viac). Smerná časť sa venuje možnostiam štátnej pomoci pri odstraňovaní najrizikovejších environmentálnych záťaží. Súčasťou verzie je aj popis časového a vecného harmonogramu plnenia a financovania ŠPS EZ na obdobie rokov 2016 – 2021.

Cieľom ŠPS EZ je:

a) znížiť riziko ohrozenia zdravia ľudí žijúcich v bezprostrednej blízkosti kontaminovaných oblastí, pochádzajúce z kontaminovanej vody, pôdy a horninového prostredia,

b) znížiť riziko ohrozenia ŽP, pochádzajúce z kontaminovanej vody, pôdy a horninového prostredia znečistených oblastí,

c) zabrániť ďalšej degradácii prírodných zdrojov,

d) realizovať prieskum, monitorovanie a sanáciu najrizikovejších EZ,

ilustračné foto: Wesley Tingey

e) významne prispieť k plneniu povinností a opatrení vyplývajúcich zo súvisiacich smerníc Európskej únie,

f) významne prispieť k dosiahnutiu dobrého stavu vôd na Slovensku,

g) zastaviť šírenie kontaminačných mrakov v okolí EZ a zvrátiť trendy identifikovaných znečisťujúcich látok,

h) likvidovať opustené sklady pesticídov a iných chemických látok a zmesí, ktoré kontaminujú zložky ŽP,

i) podporiť využívanie najlepších dostupných techník pri sanácii EZ,

j) podporiť zavádzanie inovatívnych technológií pri sanácii EZ,

k) zlepšiť informovanosť verejnosti o rizikách vyplývajúcich z prítomnosti EZ,

l) zlepšiť informovanosť podnikateľských subjektov o rizikách vyplývajúcich z prítomnosti EZ v areáloch podnikov,

m) umožniť a rozvinúť spoluprácu verejného a súkromného sektora pri odstraňovaní EZ,

n) dosiahnuť lepšie spoločenské a politické uznanie problematiky EZ a zaistiť, aby riešenie problematiky nebolo odsúvané na nasledujúce generácie.

Zhromažďovanie údajov a poskytovanie informácií o EZ na území Slovenskej republiky zabezpečuje Informačný systém environmentálnych záťaží (IS EZ) – *https://envirozataze.enviroportal.sk/Informacny-system*, ktorý sa priebežne aktualizuje. Technickým a odborným prevádzkovateľom IS EZ je Slovenská agentúra životného prostredia.

Ukážka vstupnej stránky Informačného systému environmentálnych záťaží

Počty registrovaných lokalít EZ v jednotlivých registroch EZ (REZ) a takisto informácie o nich sa môžu v čase meniť. Na konci roku 2018 bolo v IS EZ evidovaných 1 765 lokalít (2 000 registračných listov, keďže niektoré lokality sú zaradené v 2 častiach registra), z čoho v registri časť A (pravdepodobné environmentálne záťaže) 882 lokalít, v registri časť B (environmentálne záťaže) 313 lokalít, v registri časť C (sanované a rekultivované lokality) 805 lokalít. Naproti tomu, začiatkom mája 2020 bolo v IS EZ evidovaných už 1 815 lokalít (2 048 registračných listov), z čoho v registri časť A – 931 lokalít, v registri časť B – 309 lokalít a v registri časť C to bolo 808 lokalít.

Predkladaná publikácia **ENVIRONMENTÁLNE ZÁŤAŽE NA SLOVENSKU – s podtitulom progres v riešení environmentálnych záťaží** si kladie za cieľ v niekoľkých pokračovaniach prezentovať plnenie ŠPS EZ z pohľadu aktivít MŽP SR, Ministerstva obrany Slovenskej republiky (MO SR), Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra (ŠGÚDŠ), SAŽP a vysokých škôl so zameraním súvisiacim s manažmentom znečistených území.

Bratislava-Staré Mesto – Apollo – širší priestor bývalej rafinérie – sanácia EZ pri výstavbe komplexu EUROVEA II | foto: Ing. Jaromír Helma, PhD., SAŽP

1. AKADEMICKÉ VZDELÁVANIE A VÝSKUM V OBLASTI ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ NA SLOVENSKEJ TECHNICKEJ UNIVERZITE V BRATISLAVE (2015 – 2019)

Doc. Ing. **KATARÍNA DERCOVÁ**, PhD.
Laboratórium environmentálnej biotechnológie, Ústav biotechnológie, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Slovenská technická univerzita, Bratislava
katarina.dercova@stuba.sk

KĽÚČOVÉ SLOVÁ
bioremediácia | environmentálne biotechnológie | environmentálne záťaže | fytoremediácia | fykoremediáci | mykoremediácia | sanačné technológie

1. ENVIRONMENTÁLNA BIOTECHNOLÓGIA

Environmentálne záťaže a ich dekontaminácia biologickými postupmi (bioremediácie, fytoremediácie, fykoremediácie a mykoremediácie) sú náplňou predmetu Environmentálne biotechnológie, ktorý sa prednáša v študijnom odbore biotechnológia na Ústave biotechnológie Fakulty chemickej a biochemickej technológie Slovenskej technickej univerzity v Bratislave. Ide o štátnicový predmet prednášaný v 2. ročníku inžinierskeho štúdia už viac ako 5 rokov.

Biotechnológia je podmaňujúca a mimoriadne dynamicky sa rozvíjajúca oblasť. Jej aplikácie sú také široké a výhody pre spoločnosť také presvedčivé, že v súčasnosti prakticky každé priemyselné odvetvie v nejakej forme biotechnológie využíva. Študijný modul *biotechnológia* poskytuje absolventom inžinierskeho štúdia hlboké znalosti z biochémie, mikrobiológie, molekulovej biológie, genetiky, biosyntézy a transformácie metabolitov, enzymológie a enzýmového inžinierstva, bioanalytických metód, imunológie a imunochémie, fermentačných, farmaceutických a *environmentálnych biotechnológií*.

Pojem environmentálne biotechnológie zahŕňa v širšom ponímaní environmentálne monitorovanie, biodegradáciu kontaminantov, bioremediačné technológie, trvalo udržateľné technológie, ČOV, biopalivá, obnoviteľné prírodné zdroje, agrobiotechnológiu a biotechnológiu morského environmentu (Scragg, 2005). Na Ústave biotechnológie sa pozornosť sústreďuje na bioremediačné technológie. Ide najmä o využitie baktérií na odstránenie organických a anorganických kontaminantov.

Biokatalyzátory, čiže mikrobiálne enzýmy, redukujú náročnosť vstupov, energetické nároky a zároveň predstavujú minimálnu záťaž životného prostredia pri aplikácii bioremediačných technológií. Bioremediáciou rozumieme technológiu využívajúcu biologické systémy na návrat kontaminovaného životného prostredia do pôvodného stavu bez významnejšieho narušenia.

Environmentálna biotechnológia využíva činnosť mikroorganizmov pri doťažbe nerastných surovín (*biomining*), pri ekologickom spracovaní niektorých surovín (*bioprocessing*), využíva citlivosť mikroorganizmov voči rôznym zdrojom znečistenia (ťažké kovy, herbicídy, pesticídy) a na detekciu znečistenia (*biosenzoring*). Okrem využitia baktérií na rozklad organických toxických antropogénnych znečisťujúcich látok *(bioremediácia)* je možné na odstránenie ťažkých a toxických kovov aj organických polutantov využiť aj nižšie huby *(mykoremediácia*), rastliny *(fytoremediácia)*, ich koreňový systém *(rhizoremediácia)* a tiež riasy *(fykoremediácia).*

Štúdium vlastností perzistentných organických znečisťujúcich látok (Persistent Organic Pollutants – POPs), ich biodegradácia, príp. biotransformácia s využitím mikroorganizmov prístupmi biostimulácie a bioaugmentácie sa realizuje v Laboratóriu environmentálnych biotechnológií Ústavu biotechnológie FCHPT STU. Študujú a využívajú sa najmä baktérie izolované z kontaminovaných sedimentov, ktoré sú adaptované na daný kontaminant (konkrétne na polychlórované bifenyly – PCB) a tiež obsahujú príslušný gén kódujúci enzýmy požadované na rozklad týchto látok, identifikované modernými molekulárno-biologickými postupmi.

Náplňou predmetu *Environmentálne biotechnológie* je získanie poznatkov o základných princípoch a technológiách odstraňovania perzistentných organických látok (nebezpečných perzistentných toxických a bioakumulatívnych kontaminantov životného prostredia) z environmentálnych záťaží najmä biologickými postupmi s využitím degradačných schopností mikroorganizmov, húb a rastlín, t. j. bioremediačnými, mykoremediačnými a fytoremediačnými technológiami, ako aj kombináciou s fyzikálno-chemickými postupmi, nanobiotechnológiami a ďalšími inovačnými technológiami. Dôraz sa kladie na pochopenie základných princípov bioremediačných technológií ako ekonomickej a ekologickej alternatívy fyzikálno-chemických postupov, teda na nespaľovacie technológie, ich výhody a limitácie. Dôležitou súčasťou je charakterizácia environmentálnych záťaží, oboznámenie sa s legislatívou, umožňujúcou identifikovať pôvodcu environmentálnej záťaže, a s technologickými postupmi na ich likvidáciu, nakoľko ohrozujú zdravotný stav obyvateľstva a ekosystémov.

2. BIOLOGICKÉ POSTUPY DEKONTAMINÁCIE ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA: BIOREMEDIÁCIA, FYTOREMEDIÁCIA, FYKOREMEDIÁCIA A MYKOREMEDIÁCIA

ÚVOD

Kontaminácia životného prostredia antropogénnymi organickými znečisťujúcimi látkami sa stáva závažným celosvetovým problémom z hľadiska zdravia ekosystémov a ľudskej populácie. Tieto cudzorodé látky, ktorých výroba a použitie už boli zakázané, sa vyskytujú vo všetkých zložkách životného prostredia, v pôde, vode i ovzduší. Mnohé z nich sú ťažko rozložiteľné, málo rozpustné vo vode, pretrvávajú v prostredí, bioakumulujú sa v rastlinách a živočíchoch a vstupujú do potravového reťazca. Nazývajú sa perzistentné organické polutanty (medzinárodne zaužívaná angl. skratka POPs). Patria sem ropné uhľovodíky, halogénované rozpúšťadlá, výbušniny, chlórované aromatické uhľovodíky, ako sú polychlórované bifenyly a dioxíny, pesticídy (insekticídy, herbicídy a fungicídy), ťažké a toxické kovy a rádionuklidy. Nemenej závažnou je heterogénna skupina látok, ktorých používanie je povolené v rôznych aplikáciách a na ich možné negatívne účinky upozorňuje zatiaľ len vedecká komunita. Ide o tzv. mikropolutanty. Mnohé z nich patria medzi tzv. endokrinné disruptory, t. j. rozrušovače endokrinných funkcií, ktoré narúšajú a poškodzujú hormonálny systém. Medzi mikropolutanty vyskytujúce sa vo vode patria najmä liečivá a výrobky osobnej spotreby, ako sú antibiotiká, protizápalové liečivá, cytostatiká, dezinfekčné prostriedky, UV-filtre, vonné látky, nonylfenoly, nonylfenoletoxyláty a xenoestrogény.

2.1 Perzistentné organické látky

Medzi perzistentné organické polutanty (látky znečisťujúce životné prostredie) patria prevažne organické zlúčeniny, obsahujúce nesubstituované aromatické kruhy, ale aj halogénové substituenty, najmä chlór a bróm. Sú to často priemyselné látky, ktoré mali v minulosti široké využitie vďaka vynikajúcim tepelným a izolačným vlastnostiam, a pesticídy, vyvinuté na ochranu poľnohospodárskych plodín pred škodcami. Ako príklad je možné uviesť polychlórované bifenyly (PCB), polychlórované dibenzodioxíny a dibenzofurány (PCDD a PCDF), polycyklické aromatické uhľovodíky (PAH) a polybrómované difenylétery (PBDE). Z pesticídov je najznámejší dichlórdifenyltrichlóretán (DDT), za vývoj ktorého bola dokonca udelená Paulovi Müllerovi v roku 1949 Nobelova cena. Na základe dnešných vedeckých poznatkov paradoxne predstavujú tieto látky potenciálne ohrozenie životného prostredia, biodiverzity a ľudského zdravia a sú zaradené medzi karcinogény a endokrinné disruptory. Vlastnosti charakterizujúce POPs je možné zhrnúť nasledovne:

- POPs sú **perzistentné** v životnom prostredí – sú to veľmi stabilné zlúčeniny, vysoko odolné voči procesom fyzikálneho, chemického a biologického rozkladu. Pretrvávajú dlhodobo v životnom prostredí a v tkanivách ľudí a živočíchov, pretože organizmus ich nedokáže jednoduchou cestou vylučovať.
- POPs sa **bioakumulujú** – vzhľadom na svoju odolnosť voči rozkladu a rozpustnosť v tukoch (vo vode sú takmer nerozpustné) sa akumulujú v živých organizmoch, čo znamená, že napr. v rybe je hladina týchto zlúčenín vyššia než v jej vodnom prostredí, v dravcovi vyššia než v jeho potrave a v ľuďoch sa spravidla nachádza najvyšší obsah POPs, pretože človek je na vrchole potravného a potravinového reťazca.
- POPs sú čiastočne **prchavé** látky – odparujú sa veľmi pomaly. Táto vlastnosť im umožňuje pretrvávať v plynnom, kvapalnom alebo tuhom skupenstve, v závislosti na teplote. Odparené POPs sú schopné transportu na dlhé vzdialenosti ovzduším, alebo sú transportované na tuhých časticiach v atmosfére ako prach. Odparujú sa v teplejších klimatických podmienkach a po prenose dopadajú opäť na zem v chladnejšej klíme. V chladnejšom prostredí sa odparujú menej, čo vedie k ich akumulácii v takých regiónoch, ako je polárna oblasť, tisíce kilometrov vzdialenej od ich pôvodných zdrojov.
- POPs sú **toxické** látky – potenciálne ohrozujú človeka a iné organizmy. Ak ich hladina prekročí kritickú hodnotu, môže dôjsť k trvalému poškodeniu zdravia. POPs sú známe negatívnymi vplyvmi na ľudské zdravie, poškodzujú nervový a imunitný systém, spôsobujú rakovinu a reprodukčné poruchy, poruchy dojčenského a detského vývoja. Patria medzi tzv. endokrinné disruptory, čiže rozrušovače endokrinných funkcií. Ľudstvo má dostatok dôkazov na to, aby si uvedomilo, že dlhodobá expozícia organizmu týmito látkami predstavuje ohrozenie ľudského zdravia. A preto sú opodstatnené aktivity na ich odstránenie zo životného prostredia.

Vďaka vyššie uvedeným charakteristickým vlastnostiam predstavujú perzistentné látky problém, ktorý je možné riešiť len globálne. Štokholmský dohovor, ktorý je v platnosti od roku 2004, zaväzuje signatárov (medzi ktorých patrí aj Slovenská republika) prijať opatrenia na elimináciu zdrojov 12 chemických látok (*angl. tzv. dirty dozen, špinavá dvanástka*) patriacich do skupiny POPs. Medzi ne patrí: deväť pesticídov (aldrin, chlordan, DDT, dieldrin, endrin, heptachlór, hexachlórcyklohexán – HCH, mirex a toxafén), dve priemyselné chemické látky (polychlórované bifenyly – PCB a hexachlórbenzén – HCB) a neúmyselne produkované vedľajšie produkty (predovšetkým polychlórované dibenzodioxíny PCDD, polychlórované dibenzofurány PCDF a polycyklické aromatické uhľovodíky PAH). V súčasnosti sa tento zoznam rozšíril o ďalších 9 látok: alfa-, beta- a gama- hexachlórcyklohexán – lindan, polybrómované difenylétery PBDE, chlórdekon, hexabrómbifenyl, pentachlórbenzén, perfluórooktánsulfónová kyselina (PFOS) a perfluóroktán-sulfonylfluorid.

Technológie používané na likvidáciu POPs musia vykazovať vysokú úroveň efektivity a musia spĺňať nasledovné kritériá: stopercentná efektivita deštrukcie predmetných látok; úplné zabránenie tomu, aby sa rozširovali akékoľvek reziduá procesu likvidácie v prostredí; nesmie dochádzať k žiadnym nekontrolovateľným únikom do životného prostredia.

2.2 Bioremediácia

Biologické prístupy k remediácii znečisteného životného prostredia poskytujú významné výhody alternatívnych technológií. **Bioremediácia** má nesporné benefity oproti fyzikálno-chemickým remediačným metódam, ktoré používajú vysoké tlaky, teploty, často aj výbušné plyny a nebezpečné chemikálie. Predstavuje ekologickú a ekonomickú alternatívu fyzikálno-chemických procesov a často dosahuje aj úplnú degradáciu polutantov bez významného narušenia životného prostredia, bez poškodenia flóry a fauny a uľahčuje deštrukciu aj nebezpečných toxických kontaminantov bez tvorby toxických emisií alebo medziproduktov.

V súčasnosti je bioremediácia široko akceptovanou remediačnou technológiou. US EPA (Environmental Protection Agency v USA) ju klasifikuje ako jedinečnú technológiu na čistenie miest kontaminovaných nebezpečným odpadom. EPA vynaložila niekoľko miliónov dolárov na biologické metódy dekontaminácie. To pomohlo vytvoriť vedeckú platformu pre bioremediáciu a potvrdilo jej vierohodnosť a opodstatnenosť.

Bioremediácia *je sanačná technológia, ktorá využíva biologické objekty na odstránenie toxických organických chemikálií, ako aj toxických kovov z pôd, sedimentov a podzemných vôd, najčastejšie procesmi biodegradácie a biotransformácie. Pod biologickými objektmi v tejto súvislosti rozumieme mikroorganizmy, enzýmy, gény kódujúce enzýmy, ale aj rastliny, riasy a huby.*

Cieľom vedeckých tímov je nájsť mikroorganizmy, najčastejšie baktérie, aktinomycéty a huby, ktoré by boli schopné metabolizovať, transformovať alebo prinajmenšom oxidovať cieľový kontaminant. Keďže mnohé mikroorganizmy s potenciálnou degradačnou schopnosťou, ktoré sa vyskytujú v znečistenom životnom prostredí, sú často nekultivovateľné v laboratórnych podmienkach, lepšie pochopenie fungovania a dynamiky mikrobiálnych komunít umožňujú v súčasnosti molekulárne biologické techniky nezávislé na kultivácii.

Sanačné (remediačné) technologické postupy (biologické, chemické i fyzikálno-chemické) sa realizujú buď ***in situ***, teda priamo na mieste kontaminácie v pôvodnom uložení zemín a hornín, alebo ***ex situ***, keď odstráneniu či imobilizácii kontaminantov predchádza vyťaženie znečistených materiálov (zemín a sedimentov) a ich preprava na miesto spracovania. Oba prístupy majú svoje pozitíva, ale aj určité obmedzené možnosti použitia.

Biologické remediačné postupy dekontaminácie zemín a sedimentov ***ex situ*** (mimo miesta kontaminácie) zahŕňajú: čistenie pôdy a sedimentov na dekontaminačných plochách, kompostovanie na biohromadách alebo v bioreaktoroch. Čisteniu predchádza vyťaženie a odvoz kontaminovanej zeminy, čo proces dekontaminácie značne predražuje. Landfarming sa využíva hlavne kvôli veľmi nízkym nákladom na elimináciu organického znečistenia zo silne kontaminovaných materiálov. Na dekontamináciu sedimentov a odstránenie niektorých ťažko rozložiteľných polutantov zo zeminy sa používajú aj biologické suspenzné systémy v bioreaktoroch.

Medzi biologické remediačné postupy ***in situ*** (priamo na kontaminovanej ploche) patria: bioventing, biostriping, biosparging, bioslurping, permeabilné reaktívne bariéry, prirodzená atenuácia, podporovaná bioremediácia a fytoremediácia. V prípade *in situ* sanačných technológií je možné uvažovať aj so zníženou cenou, keďže kontaminovaná pôda sa nemusí byť vyťažiť, previezť a ani inak sa s ňou nemusí nakladať. Dekontaminačné postupy *in situ* sú viac preferované najmä kvôli ekologickej obnove kontaminovanej pôdy a vody v životnom prostredí.

Faktory, ktoré ovplyvňujú úspešnosť bioremediácie, možno sumarizovať nasledovne:

(a) pôdna permeabilita,

(b) prísun kyslíka,

(c) koncentrácia a toxicita kontaminantov, koncentrácia a typy živín,

(d) pH,

(e) prítomnosť ďalších organických zlúčenín,

(f) mikroorganizmy (mobilné, stupeň zriedenia populácie nízky),

(g) rezistencia voči ťažkým kovom a

(h) teplota.

Neúspešnosť bioremediácie môže byť zapríčinená týmito faktormi: koncentrácia polutantov je natoľko nízka, že nestačí na rast mikroorganizmov; prirodzené prostredie obsahuje látky, ktoré inhibujú rast alebo aktivitu mikroorganizmov; rastová rýchlosť inokulovaného mikroorganizmu pri nízkych koncentráciách sledovanej látky môže byť nižšia ako rastová rýchlosť jeho prirodzených konkurentov; pridávané mikroorganizmy môžu využívať prednostne ľahko utilizovateľné organické substráty nachádzajúce sa v pôde na úkor deštrukcie polutantu; mikroorganizmy môžu mať problémy s pohybom cez pôdne póry do miest obsahujúcich polutant – nízka biodostupnosť.

Výhody bioremediácie je možné zhrnúť nasledovne:

(i) úplná mineralizácia,

(ii) realizácia *in situ* alebo *ex situ,*

(iii) environmentálne prijateľná,

(iv) ekologická a ekonomická technológia.

Za nevýhody bioremediácie možno považovať:

(i) nedostatočnú znalosť medziproduktov transformácie,

(ii) možnosť výskytu patogénnych kmeňov v heterogénnej polykultúre.

V rámci bioremediácie sa uvažuje hierarchia *in situ* prístupov dekontaminácie, ktoré určujú, ako sa má remediácia realizovať:

1. Monitorovaná prirodzená atenuácia
2. Podporovaná bioremediácia: a) Biostimulácia, b) Bioaugmentácia.

2.2.1 Monitorovaná prirodzená atenuácia

V posledných rokoch sa v súvislosti s riešením sanácií environmentálnych záťaží stále častejšie využíva najmenej invazívny remediačný prístup – tzv. monitorovaná prirodzená atenuácia (MNA). Je definovaná tak, že na danom kontaminovanom území existuje prirodzená populácia mikroorganizmov a za vhodných environmentálnych podmienok tu degradácia prebieha a je kontinuálna. Ide logicky o prvý výber remediačnej metódy, pretože nevyžaduje žiaden zásah okrem monitorovania prirodzeného progresu biodegradácie. Nasadzovať sanačné technológie má totiž zmysel len na tých lokalitách, kde prírodné procesy problém definovaného rizika znečistenia riešia nedostatočne. Tento postup si vyžaduje pravidelný dlhodobý monitoring a má, ako každá iná sanačná technológia, svoje výhody a limity. Výhodou je fakt, že nespôsobuje zmeny v zložení bakteriálnych komunít, čiže nezasahuje do biodiverzity. Nevýhodou môže byť často pomalý proces remediácie. Podpovrchové atenuačné mechanizmy sa delia na nedeštruktívne a deštruktívne. Nedeštruktívne mechanizmy zahŕňajú sorpciu, disperziu, zriedenie a prchavosť, ktoré sú priamo ovplyvnené hydrogeologickými charakteristikami prostredia a chemickými vlastnosťami kontaminantov. Najdôležitejším deštruktívnym mechanizmom v rámci prirodzenej atenuácie je biodegradácia. Realizácia a kvantifikácia biodegradácie závisí od interakcie medzi prostredím, cieľovým kontaminantom a prirodzenými mikroorganizmami. Dôležitou súčasťou MNA je systematický monitoring bakteriálnych komunít a koncentrácie príslušných kontaminantov. MNA si na implementáciu vyžaduje najkompletnejšie pochopenie biogeochémie zo všetkých *in situ* bioremediačných technológií. Ak nie je dostatočne účinná a bezpečná, nasadia sa tzv. asistované, podporované, čiže inžinierske technológie.

2.2.2 Podporovaná bioremediácia v pôdach

2.2.2.1 Biostimulácia

Druhým výberom v bioremediačnej hierarchii je stimulácia nešpecifickej pôdnej mikroflóry na rozklad a transformáciu kontaminantov. **Biostimulácia**, ako sa táto technologická stratégia nazýva, sa aplikuje v prípade, ak sa degradujúca populácia v kontaminovanej zóne síce vyskytuje, ale živiny a ďalšie podmienky sú nedostatočné na mikrobiálnu aktivitu. Ide o proces zrýchlenia premeny chemických polutantov, ktorý závisí od teploty, pH pôdy, redoxného potenciálu, typu kontaminantu a jeho koncentrácie. Kyslík je často limitujúcim substrátom a zavedenie kyslíka vo forme peroxidu vodíka alebo vzduchu môže v mnohých prípadoch indukovať prítomnú prirodzenú populáciu mikroorganizmov k degradovaniu cielených chemikálií. Biostimuláciu najčastejšie akcelerujú nasledovné procesy:

1. Prídavok uhlíka, dusíka alebo fosforu (napr. ako prídavok do pary, vzduchu).
2. Ohrev podpovrchovej časti za účelom odparenia voľnej fázy znečisťujúcej látky pri vyšších teplotách, a/alebo ak je nízka miestna teplota limitujúca, za účelom stimulovať bakteriálnu aktivitu.
3. Využitie hydro- alebo pneumatických zlomov za účelom zvýšenia permeability.
4. Aplikácia extrakcie pôdy parou, vzduchom, prebublávaním podzemnej vody alebo viac fázovou extrakciou, aby sa odstránila voľná fáza (napr. ropných produktov).
5. Prídavok nanočastíc nulamocného železa za účelom reduktívnej dechlorácie, a tým zníženia koncentrácie a toxicity chlórovaných aromatických látok.

Biostimulácia sa môže byť aplikovať za aeróbnych i anaeróbnych podmienok v závislosti od kontaminantov a podmienok na kontaminovanej lokalite. Využívajú sa aj ďalšie remediačné prístupy biostimulácie, siahajúce od jednoduchých systémov, kde jediným požadovaným aditívom je kyslík, surfaktanty, induktory enzýmov, až po zložitejšie kometabolické systémy, ktoré vyžadujú uvedenie do rovnováhy typu a množstva viacerých aditív aplikovaných za účelom stimulácie špecifických a špecializovaných mikrobiálnych populácií. V oboch prípadoch je výsledkom zmohutnenie prirodzeného mikrobiálneho konzorcia a posilnenie na stabilný a účinný dekontaminačný systém. Relatívne nízka cena a potvrdenie účinnosti procesu pri spracovaní ropných uhľovodíkov a iných kontaminantov robia z biostimulácie perspektívnu remediačnú metódu.

2.2.2.2 Bioaugmentácia

Tretím výberom v hierarchii bioremediačných technológií *in situ* je **bioaugmentácia**. Zahŕňa prídavok exogénnych organizmov s požadovanými katabolickými schopnosťami do kontaminovaného prostredia za účelom zvýšenia degradácie cieleného kontaminantu. Použitie bioaugmentácie je vhodné, ak prirodzená atenuácia alebo biostimulácia sú nevhodné alebo nefungujú. Biostimulácia môže byť neefektívna napr. ak:

1. kontaminant je kometabolit (nie je vhodný ako substrát na mikrobiálny rast) a potrebné živiny alebo induktory nie sú prítomné a nemôžu sa pridať do prostredia;
2. kompetentné degradujúce mikroorganizmy nie sú prítomné medzi prirodzenou populáciou, príp. ich množstvo je nedostatočné;
3. je síce prítomný dostatok prirodzenej populácie, ale snahou je zvýšiť rýchlosť biodegradácie alebo skrátiť čas remediácie.

Spomedzi remediačných techník je bioaugmentácia určite najmenej jednoduchá, čo sa týka kontroly, ale súčasne vykazuje vysoký potenciál pri čistení pôd. Najväčšou výzvou postupu je schopnosť správne riadiť proces vo variabilných environmentálnych podmienkach. Preto je pri výbere vhodných kultúr mikroorganizmov potrebné brať do úvahy nasledovné vlastnosti: rýchly rast, ľahkú kultiváciu, odolnosť voči kontaminantom, schopnosť prežívať aj za nepriaznivých okolností. Pri degradácii hydrofóbnych kontaminantov je vhodné, ak degradujúci kmeň produkuje biosurfaktanty, a tým ich solubilizuje a sprístupňuje mikroorganizmom a robí ich rozpustnejšími. Mnohé faktory, ako sú selekcia vhodných kmeňov, mikrobiálna ekológia, typ kontaminantu, environmentálne prekážky, spôsob vnesenia inokula do pôdy, môžu viesť k neúspechu. Tieto prekážky spôsobujú rozdiely medzi laboratórnymi výsledkami a aplikáciou v praxi. Z tohto dôvodu je preto potrebné realizovať predbežné experimenty za laboratórnych podmienok s reálnou pôdou alebo sedimentom (mikrokozmos) a následne overiť v reálnych podmienkach v menšom rozsahu (mezokozmos). Bioaugmentácia prináša so sebou aj zmeny v zložení a štruktúre bakteriálnych komunít. Boli vyvinuté viaceré prístupy bioaugmentácie:

(1) V prvom prístupe sú pridané exogénne mikroorganizmy s degradačnou schopnosťou na doplnenie existujúcej prirodzenej populácie. Pridané organizmy slúžia ako inokulum, ktoré využíva cielený kontaminant ako rastový substrát a populácia sa udržuje alebo rastie počas remediačného procesu. Pridané mikroorganizmy sa môžu selektovať na dlhodobé prežívanie a schopnosť kolonizovať kontaminované miesto. Je vhodné izolovať baktérie priamo z danej kontaminovanej lokality, namnožiť ich za laboratórnych podmienok a vrátiť v niekoľkonásobne vyššej koncentrácii do danej kontaminovanej lokality, tzv. reinokulácia.

(2) Druhou možnosťou je selekcia vhodných mikroorganizmov z miest s podobnou kontamináciou, aká je na danej lokalite určenej na sanáciu. Vo väčšine prípadov boli kmene izolované z miest kontaminovaných aromátmi alebo z priemyselných čistiarní odpadových vôd. Väčšina bioaugmentačných experimentov bola uskutočnená za použitia gram-negatívnych baktérií, predovšetkým z rodov *Alcaligenes, Achromobacter, Flavobacterium, Pseudomonas a Sphingobium.* Zvýšená pozornosť sa upriamuje však aj na gram-pozitívne baktérie rodu *Bacillus, Mycobacterium a Rhodococcus.* V prípade húb sú potenciálne využiteľné kmene patriace do rodov *Absidia, Achremonium, Aspergillus, Mucor, Penicillium a Verticillium.* Neexistujú mikroorganizmy alebo skupiny univerzálne použiteľné na bioaugmentáciu, nakoľko geologické, environmentálne a iné podmienky jednotlivých lokalít sú veľmi odlišné.

Formy bioaugmentácie

Posilnenie kontaminovanej lokality je možné teoreticky uskutočniť viacerými prístupmi, avšak zatiaľ nie je legislatívne povolené aplikovať do životného prostredia geneticky modifikované mikroorganizmy:

- Bioaugmentácia individuálnymi kmeňmi (baktérie alebo huby);
- Bioaugmentácia mikrobiálnym konzorciom (zmes baktérií prípadne húb);
- Bioaugmentácia geneticky modifikovanými organizmami (GMO) (najčastejšie geneticky modifikovanými baktériami);
- Bioaugmentácia génmi, ktorej cieľom je prídavok vybraného mikroorganizmu za účelom transferu degradačných génov do prirodzene sa vyskytujúcich mikroorganizmov;
- Bioaugmentácia imobilizovanými bunkami (enkapsulovanými do nosičov, napr. do alginátu alebo adsorpciou na vhodné nosiče);
- Bioaugmentácia aktivovanou pôdou, zabezpečenie prežívania mikroorganizmov ich prídavkom spolu s prirodzenou pôdou historicky kontaminovanou daným polutantom;
- Bioaugmentácia rhizosféry, kde mikrobiálne inokulum sa pridáva do kontaminovaného miesta spolu s rastlinou, ktorá slúži ako „útočisko“ pri raste inokula;
- Fytoaugmentácia, pri ktorej sa bakteriálne degradačné gény zavedú priamo do rastliny (tzv. transgénne rastliny).

Viaceré štúdie naznačujú, že použitie mikrobiálnych konzorcií môže byť účinnejšie než použitie jednotlivých kmeňov v dôsledku skutočnosti, že intermediáty katabolických dráh jedného kmeňa môžu byť ďalej degradované metabolickými dráhami iného kmeňa. Samozrejme, v prítomnosti viacerých kmeňov či už prirodzených alebo exogénnych, je potrebné počítať buď so synergizmom alebo antagonizmom, a tým s kompetíciou o substrát a živiny. Úspech bioaugmentácie výrazne závisí od schopnosti kmeňa *prežiť* v kontaminovanom prostredí a od zachovania degradačnej schopnosti, t. j. *expresie požadovaných enzýmov* pre cielený kontaminant a od *biodostupnosti* kontaminantu pre mikroorganizmus, čiže od ich vzájomného kontaktu. Veľmi cenné je aj poznanie zloženia, priestorovej a časovej distribúcie, a tiež populačnej dynamiky autochtónnych komunít za účelom predikcie potenciálneho účinku pôdnej inokulácie.

Faktory ovplyvňujúce bioaugmentáciu

Bioaugmentácia bola potvrdená ako úspešná technológia na čistenie kontaminovaných miest, ale stále čelí mnohým environmentálnym problémom. Jedným z najdôležitejších je prežívanie mikrobiálnych kmeňov vnesených do pôdy. Viaceré štúdie naznačili, že účinnosť bioaugmentácie ovplyvňujú abiotické a biotické faktory. Z abiotických faktorov ide najmä o: teplotu, vlhkosť, pH, obsah organickej hmoty, aeráciu, obsah živín a typ pôdy. Medzi biotické faktory patria: súťaživosť medzi prirodzenými a vnesenými mikroorganizmami o zdroj uhlíka, ako aj antagonistické interakcie a predátori (protozoa a bakteriofágy). Všetky tieto interakcie potenciálne znižujú počet vnesených buniek. Avšak aj mnoho faktorov, akými sú biodiverzita mikroorganizmov, typ kontaminantu, environmentálne obmedzenia alebo postup prídavku mikroorganizmov s požadovanou degradačnou schopnosťou do kontaminovanej oblasti, môže viesť k ich zlyhaniu. Práve preto zatiaľ ostáva najväčšou výzvou aplikácia úspešných laboratórnych výsledkov na reálnych kontaminovaných územiach.

Imobilizácia bioaugmentovaných mikroorganizmov

Jedným z problémov spojených s inokuláciou je spôsob, ako doručiť vhodné mikroorganizmy na požadované miesto. Je jednoduché rozptýliť inokulanty na povrchu pôdy, ale je takmer nemožné ich rovnomerne rozptýliť pod povrchom. Pôda má potenciál mikrobiálneho transportu, ale adhézia buniek na organickú hmotu výrazne limituje ich distribúciu. Na prekonanie týchto prekážok sa využívajú surfaktanty, peny, bakteriálne kmene rezistentné na adhéziu a imobilizácia mikroorganizmov na nosiče.

Jednou z najdôležitejších podmienok bioremediačnej účinnosti je udržanie vhodného počtu mikroorganizmov. Je veľa prístupov, ako doručiť bakteriálny kmeň do požadovanej oblasti. Vo väčšine prípadov sa baktérie vnášajú v kvapalných médiách. Avšak táto metóda nie vždy garantuje vhodnú distribúciu baktérií v pôdnom profile, jej životnosť a aktivitu. Z týchto dôvodov boli vyvinuté nové techniky. Najsľubnejším spôsobom sa javí použitie nosičov, ktoré udržiavajú dostatočnú aktivitu inokulantov aj v predĺženej perióde po vnesení kmeňov. Ideálne charakteristiky nosičov zahŕňajú zaobstaranie ochranného priestoru a dočasnej výživy pre vnesené mikroorganizmy. Úspešnú bioaugmentáciu je možné zvýšiť aj použitím pôdy obsahujúcej populáciu prirodzených degradérov vystavenej už predtým danej kontaminácii, nazývanej aktivovaná pôda. Avšak táto metóda je menej efektívna, než iné metódy bioaugmentácie, aj keď má určité výhody. Rýchla degradácia polutantov môže byť dosiahnutá vnesením imobilizovaných buniek mikroorganizmov do kontaminovanej pôdy. Takýto prístup poskytuje ochranu inokulovaných organizmov pred nevhodnými environmentálnymi podmienkami a znižuje kompetíciu s prirodzenou mikroflórou. Navyše, imobilizácia zvyšuje biologickú stabilitu buniek. Za účelom imobilizácie sa používajú prírodné aj syntetické materiály. Do prvej skupiny patria: dextran, agar, agaróza, alginát, chitosan polyakrylamidy a k-karagenan. Bionosiče zvyšujú difúziu kyslíka, transfer živín a vodnú kapacitu, čo sú limitujúce faktory degradácie kontaminantov. Druhá skupina je reprezentovaná poly(karbamoyl)-sulfonátom, polyakrylamidom a polyvinylalkoholom. Enkapsulácia, ako iný spôsob imobilizácie (napr. uzavretie do PVA gélu), môže tiež zvyšovať degradáciu polutantov. Nie vždy však imobilizované bunky zvyšujú degradáciu toxických látok. Vysvetľuje sa to pomalou difúziou molekúl kontaminantu do nosiča.

2.3 Mechanizmus biodegradácie

V procese mikrobiálnej bioremediácie mikroorganizmy atakujú nebezpečný organický odpad jedným z troch spôsobov:

(1) mineralizujú zlúčeninu priamo, čo znamená, že dochádza ku konverzii zlúčeniny na neškodné anorganické molekuly ako napr. oxid uhličitý a soli,

(2) mineralizujú alebo transformujú zlúčeninu len ako kometabolit, čo znamená, že mikroorganizmy vyžadujú ľahšie utilizovateľné organické zlúčeniny pre rast alebo indukovanú tvorbu enzýmov potrebných na degradáciu cielenej zlúčeniny,

(3) transformujú zlúčeninu na inú zlúčeninu, ktorá však môže byť tiež toxická a odolná voči ďalšej degradácii.

Degradáciu čiže rozklad organických kontaminantov štartujú bakteriálne enzýmy, tzv. monooxygenázy alebo dioxygenázy. Prinášajú na molekulu kontaminantu jeden alebo dva atómy kyslíka, hydroxylujú aromatický kruh, čím ho menia na hydrofilnejší, prístupnejší štiepeniu. Ďalšie enzýmy so širokým asimilačným spektrom obsiahnuté v hubách sú peroxidázy, hlavne lignín peroxidáza a mangán peroxidáza, lakáza a tyrozináza.

2.4 Fytoremediácia

Fytoremediáciu môžeme definovať ako využitie rastlín na dekontamináciu prostredia. Člení sa na **fytodekontamináciu** a **fytostabilizáciu**. Podľa toho, či rastliny kontaminant extrahujú do tela rastliny a bioakumulujú (prevažne kovy), alebo aj degradujú (organické látky) a zabudovávajú do rastlinných, často nefytotoxických štruktúr, sa fytodekontaminácia člení na **fytoextrakciu** a **fytodegradáciu**. V procese fytoextrakcie rastliny extrahujú polutanty z pôdy svojím koreňovým systémom a uskladňujú ich prevažne v zelenej biomase (len čiastočne v koreňoch), pričom celý proces je možné periodicky opakovať až do požadovaného zníženia celkového znečistenia. Získaná biomasa sa následne spracováva mikrobiálne (kompostovaním), tepelne (spopolnením) alebo chemicky (extrakciou).

Fytodegradácia je proces, pri ktorom dochádza k absorpcii, premene a odbúravaniu toxických organických látok vnútri rastliny. **Fytostabilizácia** využíva schopnosti rastlín fixovať, alebo stabilizovať polutanty v pôde. Remediačný proces zahŕňa sorpciu a zrážanie, ako aj komplexáciu a redukčno-oxidačné procesy. Fytostabilizácia je vhodná hlavne pre ťažko extrahovateľné polutanty z pôdy.

Ak rastlina cez listy uvoľňuje kovy už v netoxickej forme z dôvodu zmeny oxidačného stupňa, ide o **fytovolatilizáciu.** Príkladom je premena škodlivej ortuti Hg^{2+} na menej škodlivú formu Hg^{0}.

2.4.1 Rhizoremediácia

Ak sa na odstraňovaní kontaminantov podieľa koreňový systém rastlín, ide o fytofiltráciu, čiže **rhizofiltráciu.** Rhizofiltrácia sa všeobecne definuje ako použitie rastlinných koreňov na absorpciu/adsorpciu znečisťujúcich látok z odpadových vôd a z vodnatých odpadov. Najčastejšie ide o tzv. umelé močiare (*angl. artificial wetlands*).

Adsorpcia alebo precipitácia sú možné procesy odstraňovania znečisťujúcich kovov z vody. Na dosiahnutie tohto cieľa bolo použitých množstvo rôznych metód vrátane iónomeničov a rôznych živých a neživých biologických systémov zahŕňajúcich suchozemské rastliny, baktérie a riasy, huby a tiež vodné rastliny, vrátane *Eichhornia crassipe, Hydrocotyle umbellata, Lemna minor* a *Azolla pinata*. Zistilo sa, že korene hydroponicky kultivovaných rastlín sú účinné pri odstraňovaní kovov z vody. Použitie tohto procesu by malo byť účinnejšie ako u iných rastlinných systémov. Ideálna rastlina na rhizofiltráciu by preto mala byť schopná rýchlo produkovať veľké množstvo kvalitnej koreňovej biomasy, ktorá by mala vysokú schopnosť akumulovať znečisťujúce kovy z roztoku. Napríklad korene slnečnice môžu akumulovať Pb až do 140 $mg.g^{-1}$ suchej koreňovej biomasy, pričom hydroponicky rastúce slnečnice sú schopné produkovať viac ako 1,5 kg suchej koreňovej biomasy.

Toleranciu rastlín k ťažkým kovom je možné zdôvodniť:

a) väzbou kovu do bunkových stien;

b) toleranciou membrány ku kovom;

c) aktívnym transportom kovov v bunkách rastlín;

d) prítomnosťou metal-tolerantných enzýmov;

e) kompartmentalizáciou (akumulácia kovov vo vakuolách);

f) chelatáciou kovov organickými alebo anorganickými ligandami (fytocheláty)

g) a precipitáciou kovových zlúčenín s nízkou rozpustnosťou.

Niektoré rastliny, označované ako tzv. **hyperakumulátory,** viažu kovy vo veľkých množstvách. Koncentrácia ťažkých kovov v biomase takýchto rastlín prekračuje o jeden až dva rády hodnoty zistené v bežných rastlinách. Ide o viac než 1 mg kovu v 1 g suchej hmoty stoniek a listov. Tri štvrtiny z nich hromadia nikel. Latex stromu *Sebertia acuminata* vyskytujúci sa v Novej Kaledónii obsahuje až 26 % Ni. Z rastlín rastúcich na Slovensku možno ako akumulátory kovov uviesť peniažtek modrastý (*Thlaspi caerulescens* subsp. *caerulescens*), ktorý dokáže akumulovať 30 g/kg niklu, 43 g/kg zinku, 2 g/kg kadmia a olova, a peniažtek tatranský (*Thlaspi caerulescens* subsp. *tatrense*), ktorý akumuluje 20 g zinku/kg suchej hmoty. Problémom pri týchto rastlinách sa javí malá tvorba biomasy. Nedosahujú dostatočný rast, čo limituje množstvo prijatých kovov na gram sušiny rastliny. Preto sa potrebné gény kódujúce tieto schopnosti vkladajú do rastlín s vyššou tvorbou biomasy.

Zvýšenie metabolických schopností rastlín môže byť dosiahnuté tradičným šľachtením, fúziou protoplastov alebo priamym vložením, čiže inzerciou nových génov. Zavedenie génov zvyčajne prináša vyššiu rezistenciu voči pesticídom alebo herbicídom, alebo zlepšuje technologické vlastnosti rastliny. Podobný prístup sa očakáva aj za účelom zlepšenia schopnosti rastlín v oblasti akumulácie a detoxifikácie. Cieľom je tvorba rastlín s vysokou schopnosťou akumulovať, detoxifikovať alebo degradovať kontaminanty, s rezistenciou voči prítomným toxickým zlúčeninám a zároveň vhodnými agronomickými charakteristikami. V súčasnosti sa sledujú predovšetkým dva hlavné ciele:

1) zavedenie vlastnosti hyperakumulácie kovov do rýchlorastúcich rastlín a rastlín s vysokou produkciou biomasy a

2) konštrukcia transgénnych rastlín s bakteriálnymi génmi pre biodegradáciu organických zlúčenín.

2.5 Mykoremediácia

Mykoremediácia je bioremediačná technológia, pri ktorej ide o proces použitia húb na sanáciu prostredia kontaminovaného znečisťujúcimi látkami. Jednou z primárnych rolí húb v ekosystéme je rozklad, ktorý vykonáva mycéliom. Podhubie vylučuje extracelulárne enzýmy a kyseliny, ktoré rozkladajú lignín a celulózu, dve hlavné stavebné zložky rastlinného vlákna. Ide o organické zlúčeniny zložené z dlhých reťazcov uhlíka a vodíka, štruktúrne podobné mnohým syntetickým organickým znečisťujúcim látkam. Kľúčom k mykoremediácii je stanovenie správneho druhu húb zacielených na konkrétne znečisťujúce látky. Huby, najmä drevokazné (*angl. white-rot fungi*), sa vyznačujú širokým asimilačným spektrom extracelulárnych enzýmov, najmä peroxidáz, ligníináz, tyrozináz a lakáz, rozkladajúcich zložité aromatické štruktúry. Huby sa považujú za „guvernéra" ekologickej rovnováhy, pretože riadia tok živín. Len čo huby odstránia toxické bariéry, nastupuje synergizmus húb, rastlín, baktérií, živočíchov a v biotope dochádza k zníženiu koncentrácie toxínov a ich premene na neškodné zlúčeniny. Huby sú molekulárni rozkladači zložitejších štruktúr toxických chemikálií na jednoduchšie menej toxické molekuly. Odstraňujú ťažké kovy z pôdy a uskladňujú ich v plodniciach. V podstate využívajú a utilizujú toxíny ako živiny.

Myceliárne enzýmy dokážu rozkladať aj rezistentné antropogénne a prírodné materiály, pretože rastlinné väzby a štruktúry sú podobné tým, ktoré sú v ropných produktoch, herbicídoch, pesticídoch, estrogénnych farmaceutikách a textilných farbivách. Slama alebo štiepka sa inokuluje pravým mycéliom a vytvorí sa enzýmová membrána, cez ktorú enzýmy priamo pôsobia na toxíny, tzv. „pršia" na pôdu. Mycélium je potrebné časom doplniť. Na zníženie toxínov na prijateľnú úroveň sú niekedy potrebné opakované aplikácie. Postupy mykoremediácie zahŕňajú: vmiešanie mycélia (vegetatívne časti huby) do kontaminovanej zeminy, ukladanie myceliárnej rohože na toxické plochy a simultánnu alebo sekvenčnú kombináciu týchto techník. Asi 90 % rastlín vytvára mykorízu, ide o symbiózu húb a koreňových tkanív. Príslušná huba je nazývaná mykorízna huba. Mykoremediácia je ekonomickou a environmentálnou alternatívou k extrakcii, preprave a skladovaniu toxických odpadov. Obnovuje vyčerpanú, znehodnotenú a zničenú pôdu na hodnotnejšiu. Toxíny v našom potravinovom reťazci (vrátane ortuti, PCB a dioxínov), sa neustále koncentrujú na každom kroku. Mycéliá môžu zničiť tieto jedy v pôde už pred ich vstupom do potravinového reťazca. Výskumníci adaptovali kmene húb aj na neutralizáciu toxických zbraní a odpadu.

2.6 Fykoremediácia

Predstavuje použitie mikro- a makrorias (*Rhodophyta, Phaeophyta* a *Chlorophyta*) na odstránenie toxických kovov a organických kontaminujúcich látok z odpadových vôd. Najčastejšie sa využíva v Ázii na odstránenie azofarbív (*angl. azodyes*) z vôd textilného priemyslu a odpadových vôd z chovu morských rakov a rýb.

2.7 Bioremediácia kovov

Ťažké a toxické kovy ako olovo, kadmium, chróm, meď, arzén, zinok, ortuť a nikel sa uvádzajú ako hlavné environmentálne polutanty a sú zahrnuté v zozname prioritných polutantov aj v Rámcovej smernici o vode. Prítomnosť týchto kovov v pôde a vode spôsobuje zdravotné problémy ľudskej populácii aj živočíchom. Stopové koncentrácie týchto kovov sú nedegradovateľné a perzistentné. Spôsobujú vývojové a neurologické poruchy, poškodzujú obličky a pečeň. Do prostredia sa dostávajú najmä banskou činnosťou, z garbiarní, elektrolytického pokovovávania, ale aj výroby farbív, batérií a kovových potrubí. Medzi mikrobiálne procesy ovplyvňujúce správanie sa toxických kovov/rádionuklidov v biosfére patria: biosorpcia (U, Zn, Cd, Co, Ni, Cu, Hg, Cs, Sn, Mn, Co, Sr, Ra, Cr), bioakumulácia (Cs, Co, U), redukcia a precipitácia (Tc, U, Te, Cr, Ra, Se, Pd, Hg, As, Pu), oxidácia a mobilizácia (Pu, As), biokryštalizácia a biomineralizácia (Cu, Pb, Al, Fe), volatilizácia, bioalkylácia (biometylácia) (As, Se, Hg, Pb, Tl, Te, Bi, Cd).

Biosorpcia je proces, v ktorom mikroorganizmy bez spotreby energie odstraňujú kovy, metaloidy a rádionuklidy. Biomasa (baktérie, vláknité huby, kvasinky a riasy), ktorou je možné odstrániť kovy, môže

byť aj neživá. **Bioakumulácia** je proces kumulácie kovov, ktorý je spojený s metabolickou aktivitou mikroorganizmov a vyžaduje energiu, teda živú biomasu. **Oxidácia a redukcia** vedie k zmene toxicity kovu, jeho rozpustnosti a mobility. **Precipitácia** sa využíva na rýchle odstránenie niektorých kovov z vodných zdrojov. V tomto procese sa najčastejšie využívajú baktérie redukujúce sírany, obzvlášť druhy rodu *Desulfovibrio*. V procese anaeróbneho metabolizmu týchto mikroorganizmov sa vytvárajú nerozpustné sulfidy kovov, ktoré sa môžu odstrániť sedimentáciou a filtráciou. **Biometyláciou** sa kovy menia na prchavé organické rozpustné zlúčeniny naviazaním metylových skupín.

Nie je možné jednoznačne uprednostniť jeden z prístupov, nakoľko jeho použitie závisí od mnohých už vyššie uvedených faktorov. Súčasťou použitej technológie môžu byť viaceré prístupy. Na odstránenie vyššie uvedených kovov sa často využíva aj fytoremediácia, fykoremediácia a mykoremediácia.

2.8 Integrácia bioremediácie a nanoremediácie

Bioremediáciu je možné kombinovať aj s fyzikálno-chemickými postupmi. Ako príklad je možné uviesť integráciu nanotechnológie a biotechnológie, tzv. nano-bio-remediáciu. Ide o aplikáciu syntetických nanočastíc nulmocného železa (prípadne bionanočastíc železa pripravených zelenou syntézou z rastlinných matríc), ktoré dehalogenujú vyššie chlórované polutanty na nižšie chlórované zlúčeniny, a následne o prídavok baktérií s degradačnou schopnosťou, ktoré dokážu aeróbne degradovať vzniknuté nižšie chlórované zlúčeniny na jednoduchšie a menej toxické, až netoxické produkty.

ZÁVER

Remediačné (sanačné) technológie sa často „šijú na mieru“, pričom zohľadňujú špecifiká kontaminovaného územia a typ kontaminantu. Bioremediácia je interdisciplinárna technológia, vyžadujúca znalosti z mikrobiológie, inžinierstva, ekológie, hydrogeológie, biotechnológie a chémie. Hlavným aktérom tejto technológie sú najmä mikroorganizmy. Súčasné poznanie biologického príspevku na odstránenie kontaminantov a dopad na ekosystém je ešte stále nedostatočný a prirodzené mikrobiálne konzorciá sa niekedy považujú za „Pandorinu skrinku“. Očakáva sa, že nový pohľad do procesu optimalizácie, validácie a dopadu na ekosystém získaný pomocou molekulárno-biologických techník vytvorí z bioremediácie spoľahlivú a bezpečnú technológiu. Výber vhodnej sanačnej technológie pre konkrétnu kontaminovanú lokalitu je determinovaný cenou, legislatívou, vlastnosťami a distribúciou kontaminantov, hydrogeologickými podmienkami, rizikom pre citlivé receptory a prijateľnosťou pre verejnosť. Je zrejmé, že žiadna jednoduchá remediačná technológia nie je univerzálne vhodná pre všetky kontaminované miesta v dôsledku komplexnosti faktorov zahrnutých v procese. Často sa vyžadujú integrované, technológie, aby sa zrealizovali potreby daného miesta a poskytli tak účinnú a cenovo efektívnu dekontamináciu. Reálne skúsenosti s bioremediačnými technológiami pomáhajú nielen lepšie definovať ich limity, ale aj rozširovať možnosti ich ich aplikácie.

3. VEDECKOVÝSKUMNÉ, PUBLIKAČNÉ A PEDAGOGICKÉ AKTIVITY

Výstupy súvisiace s riešením problematiky biodegradácie a bioremediácie organických perzistentných polutantov, najmä polychlórovaných bifenylov (PCB), od roku 2015 do súčasnosti sú uvedené v tejto časti. Tieto toxické, nebezpečné, hydrofóbne a bioakumulatívne látky predstavujú environmentálnu záťaž v oblasti bývalého výrobcu PCB v Chemku Strážske. Kontaminované sedimenty Strážskeho kanála, do ktorého sa vypúšťali neúspešné šarže, sú zdrojom kontaminácie rieky Laborec a Zemplínskej šíravy. Odpad z výroby sa vyvážal na skládku Pláne, ktorá je tiež environmentálnou záťažou. Voda z ČOV zas končila v odkalisku Poša, ktoré je ďalším nežiadúcim dedičstvom minulosti. Štúdium procesov odstránenia týchto látok pomocou špeciálnych adaptovaných baktérií, izolovaných z tejto kontaminovanej lokality a identifikovaných modernými molekulárno-biologickými metódami, je témou mnohých diplomových prác, bakalárskych prác, doktorandských prác, kapitol, publikácií, konferenčných prednášok a posterových prezentácií.

Riešené projekty

1. **Pokročilé prístupy bioremediácie – biostimulácia a bioaugmentácia – na dekontamináciu organických chlórovaných zlúčenín zo znečistených sedimentov, vôd a pôd**
   (Advanced approaches of bioremediation – biostimulation and bioaugmentation – for decontamination of organic chlorinated compounds from polluted sediment, water and soil)

   Termín riešenia: **1/2015 – 12/2018**

   Evidenčný kód: VEGA č. 1/0295/15

2. **Štúdium kombinácie fyzikálno-chemických a biologických postupov – nanoremediácie a bioremediácie – za účelom zvýšenia účinnosti biodegradácie polychlórovaných bifenylov** (akronym projektu NanoBiorem)

   Termín riešenia: **1/2017 – 12/2017**

   Evidenčný kód: Grant STU pre podporu mladých vedeckých pracovníkov č. 1683

3. **Sekvenčná aplikácia nanoremediácie a bioremediácie** (akronym projektu IntegRem)

   Termín riešenia: **1/2019 – 12/2019**

   Evidenčný kód: Grant STU pre podporu mladých vedeckých pracovníkov č. 1624

Publikačná činnosť v rokoch 2015 – 2019

ABC Kapitoly vo vedeckých monografiách vydané v zahraničných vydavateľstvách

ABC01 DERCOVÁ, K.: Training and education of the specialists on the elimination of the environmental contamination in the course of Environmental Biotechnology at the Slovak Technical University in Bratislava, s. 46 – 59. In: Management of Contaminated Sites in Slovakia (Bradiaková E., Paluchová K., eds.). Slovak Environment Agency, 2015, s. 46 – 59, Banská Bystrica, Dolis s. r. o., ISBN 978-80-89503-39-1.

ABC02 DERCOVÁ, Katarína – MURÍNOVÁ, Slavomíra – DUDÁŠOVÁ, Hana – LÁSZLOVÁ, Katarína – HORVÁTHOVÁ, Hana. The Adaptation Mechanisms of Bacteria Applied in Bioremediation of Hydrophobic Toxic Environmental Pollutants: How Indigenous and Introduced Bacteria Can Respond to Persistent Organic Pollutants-Induced Stress? In *Persistent Organic Pollutants (elektronický zdroj)*. 1. vyd. London: Intech Open, 2018, S. [29]. ISBN 978-953-51-6699-3. V databáze: DOI: 10.5772/intechopen.79646.

ADC Vedecké práce v zahraničných karentovaných časopisoch

ADC01 DUDÁŠOVÁ, Hana – LÁSZLOVÁ, Katarína – LUKÁČOVÁ, Lucia – BALAŠČÁKOVÁ, Marta – MURÍNOVÁ, Slavomíra – DERCOVÁ, Katarína. Bioremediation of PCB-contaminated sediments and evaluation of their pre- and post-treatment ecotoxicity. In *Chemical Papers*. Vol. 70, iss. 8 (2016), s. 1049 – 1058. ISSN 0366-6352. V databáze: CC: 000378421200005; DOI: 10.1515/chempap-2016-0041.

ADC02 DUDÁŠOVÁ, Hana – DERCO, Ján – SUMEGOVÁ, Lenka – DERCOVÁ, Katarína – LÁSZLOVÁ, Katarína. Removal of polychlorinated biphenyl congeners in mixture Delor 103 from wastewater by ozonation vs/and biological method. In Journal of Hazardous Materials. Vol. 321, (2017), s. 54 – 61. ISSN 0304-3894. V databáze: DOI: 10.1016/j.jhazmat.2016.08.077 ; CC: 000388777300007.

ADC03 HORVÁTHOVÁ, Hana – LÁSZLOVÁ, Katarína – DERCOVÁ, Katarína. Bioremediation of PCB-contaminated shallow river sediments: The efficacy of biodegradation using individual bacterial strains and their consortia. In Chemosphere. Vol. 193 (2018), s. 270 – 277. ISSN 0045-6535 (2017: 4.427 – IF, 1 – JCR Best Q, 1.435 – SJR, Q1 – SJR Best Q). V databáze: CC: 000423890500032; DOI: 10.1016/j.chemosphere. 2017.11.012.

ADC043 LÁSZLOVÁ, Katarína – DUDÁŠOVÁ, Hana – OLEJNÍKOVÁ, Petra – HORVÁTHOVÁ, Gabriela – VELICKÁ, Zuzana – HORVÁTHOVÁ, Hana – DERCOVÁ, Katarína. The application of biosurfactants in bioremediation of the aged sediment contaminated with polychlorinated biphenyls. In Water Air and

Soil Pollution. Vol. 229, iss. 7 (2018), s. 219, [18 s.]. ISSN 0049-6979 (2017: 1.769 – IF, 3 – JCR Best Q, 0.589 – SJR, Q2 – SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1007/s11270-018-3872-4; CC: 000435619100002.

ADC05 HORVÁTHOVÁ, Hana – LÁSZLOVÁ, Katarína – DERCOVÁ, Katarína. Bioremediation vs. nanoremediation: degradation of polychlorinated biphenyls (PCBs) using integrated remediation approaches. In Water Air and Soil Pollution. Vol. 230, iss. 204 (2019) [16 s.].

ADM Vedecké práce v zahraničných časopisoch registrovaných v databázach Web of Science, Scopus

ADM01 LÁSZLOVÁ, Katarína – DERCOVÁ, Katarína – HORVÁTHOVÁ, Hana – MURÍNOVÁ, Slavomíra (Zorádová) – ŠKARBA, Juraj – DUDÁŠOVÁ, Hana. Assisted bioremediation approaches biostimulation and bioaugmentation used in the removal of organochlorinated pollutants from the contaminated bottom sediments. In International Journal of Environmental Research. Vol. 10, iss. 3 (2016), s. 367 – 378. ISSN 1735-6865. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-84989941082.

ADM02 HORVÁTHOVÁ, Hana – LÁSZLOVÁ, Katarína – DERCOVÁ, Katarína. Remediation potential of bacterial mixed cultures for polychlorinated biphenyls (PCBs) biodegradation. In Acta Chimica Slovaca. Vol. 12, iss. 1, s. 1 – 7 (2019).

AFD Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách

AFD01 DERCOVÁ, Katarína – ŠKARBA, Juraj – DUDÁŠOVÁ, Hana – LÁSZLOVÁ, Katarína – HORVÁTHOVÁ, Hana. Pokročilé prístupy bioremediácie: biostimulácia a bioaugmentácia PCB. In Zborník vedeckých príspevkov z konferencie Geochémia 2015, Bratislava, 2. – 3. 12. 2015. 1. vyd. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava, 2015, s. 28 – 30. ISBN 978-80-8174-015-2.

AFD02 HORVÁTHOVÁ, Hana – LÁSZLOVÁ, Katarína – DERCOVÁ, Katarína. Degradácia PBC bakteriálnymi konzorciami izolovanými zo sedimentov Strážskeho kanála. In Zborník vedeckých príspevkov z konferencie Geochémia 2015, Bratislava, 2. – 3. 12. 2015. 1. vyd. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava, 2015, s. 60 – 61. ISBN 978-80-8174-015-2.

AFD03 LÁSZLOVÁ, Katarína – HORVÁTHOVÁ, Hana – DERCOVÁ, Katarína. Využitie (bio)surfaktantov v biodegradácii polychlórovaných bifenylov. In Zborník vedeckých príspevkov z konferencie Geochémia 2015, Bratislava, 2. – 3. 12. 2015. 1. vyd. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava, 2015, s. 120 – 121. ISBN 978-80-8174-015-2.

AFD04 DERCOVÁ, Katarína – DUDÁŠOVÁ, Hana – MURÍNOVÁ, Slavomíra (Zorádová) – LÁSZLOVÁ, Katarína – HORVÁTHOVÁ, Hana. Bioremediation of contaminated sites as prevention of ecotoxicity and genotoxicity of persistent bioaccumulative pollutants – endocrine disruptors. In GEOHEALTH (elektronický zdroj): zborník vedeckých príspevkov zo seminára, 27. apríl 2016, Bratislava. 1. vyd. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 2016, CD-ROM, s. 20 – 23. ISBN 978-80-8174-019-0.

AFD05 DERCOVÁ, Katarína – LUKÁČOVÁ, Lucia – MIKULÁŠOVÁ, Mária – HUCKO, Pavel – LÁSZLOVÁ, Katarína – HORVÁTHOVÁ, Hana – DUDÁŠOVÁ, Hana. Ekotoxicita a genotoxicita sedimentov kontaminovaných polychlórovanými bifenylmi (PCB). In Geohealth (elektronický zdroj): zborník vedeckých príspevkov zo seminára, 27. apríl 2016, Bratislava. 1. vyd. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 2016, CD-ROM, s. 24 – 27. ISBN 978-80-8174-019-0.

AFD06 DERCOVÁ, Katarína – LÁSZLOVÁ, Katarína – HORVÁTHOVÁ, Hana – DUDÁŠOVÁ, Hana – ŠKARBA, Juraj. Biostimulácia a bioaugumentácia sedimentov kontaminovaných polychlórovanými bifenylmi. In Zborník prednášok zo XLII. ročníka konferencie s medzinárodnou účasťou Nové analytické metódy v chémii vody. Hydrochémia 2016, Bratislava, 18. – 19. mája 2016. 1. vyd. Bratislava: Slovenská vodohospodárska spoločnosť pri Výskumnom ústave vodného hospodárstva, 2016, s. 163 – 170. ISBN 978-80-89740-10-9.

AFD07 DERCOVÁ, Katarína – HORVÁTHOVÁ, Hana – SENDECKÁ, Katarína – LÁSZLOVÁ, Katarína. Bioremediation of PCB-contaminated river sediments: role of autochthonous bacteria and efficacy of bioaugmentation on contaminant biodegradation. In International conference Contaminated sites 2016, Bratislava 12 – 13 September 2016: Conference proceedings. 1. vyd. Banská Bystrica: Slovak Environment Agency, 2016, s. 150 – 152. ISBN 978-80-89503-54-4.

AFD08 DERCOVÁ, Katarína – HORVÁTHOVÁ, Hana – LÁSZLOVÁ, Katarína – SENDECKÁ, Katarína. Bioremediácia kontaminovaných sedimentov: vplyv bioaugmentácie na biodegradáciu polychlórovaných bifenylov. In Geochémia 2016: zborník vedeckých príspevkov z konferencie, 30.11. – 1. 12. 2016, Bratislava. 1. vyd. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava, 2016, s. 23 – 24. ISBN 978-80-8174-023-7.

AFD09 HORVÁTHOVÁ, Hana – DERCOVÁ, Katarína – LÁSZLOVÁ, Katarína. Biodegradácia PCB bakteriálnymi konzorciami izolovanými zo sedimentov Strážskeho kanála. In Zborník prednášok zo XLII. ročníka konferencie s medzinárodnou účasťou Nové analytické metódy v chémii vody Hydrochémia 2016, Bratislava, 18. – 19. mája 2016. 1. vyd. Bratislava: Slovenská vodohospodárska spoločnosť pri Výskumnom ústave vodného hospodárstva, 2016, s. 171 – 176. ISBN 978-80-89740-10-9.

AFD10 HORVÁTHOVÁ, Hana – DERCOVÁ, Katarína – LÁSZLOVÁ, Katarína – SENDECKÁ, Katarína. Chlorinated biphenyls contamination: the efficacy of biodegradation using single bacterial isolates and their artificially prepared consortia. In International conference Contaminated Sites 2016, Bratislava 12 – 13 September 2016: conference proceedings. 1. vyd. Banská Bystrica: Slovak Environment Agency, 2016, s. 155 – 157. ISBN 978-80-89503-54-4.

AFD11 HORVÁTHOVÁ, Hana – LÁSZLOVÁ, Katarína – DERCOVÁ, Katarína. Remediácia polychlórovaných bifenylov (PCB): kombinácia biotechnológie a nanotechnológie. In Geochémia 2016: zborník vedeckých príspevkov z konferencie, 30. 11. – 1. 12. 2016, Bratislava. 1. vyd. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava, 2016, s. 47 – 48. ISBN 978-80-8174-023-7.

AFD12 LÁSZLOVÁ, Katarína – DERCOVÁ, Katarína – HORVÁTHOVÁ, Hana. Aplikácia (bio) surfaktantov v biodegradácii PCB vo vodných systémoch. In Zborník prednášok zo XLII. ročníka konferencie s medzinárodnou účasťou Nové analytické metódy v chémii vody Hydrochémia 2016, Bratislava, 18. – 19. mája 2016. 1. vyd. Bratislava: Slovenská vodohospodárska spoločnosť pri Výskumnom ústave vodného hospodárstva, 2016, s. 177 – 182. ISBN 978-80-89740-10-9.

AFD13 LÁSZLOVÁ, Katarína – HORVÁTHOVÁ, Hana – HRČKOVÁ, Katarína – DERCOVÁ, Katarína. The application of Biosurfactans in the Biodegradation of polychlorinated biphenyls. In International conference Contaminated sites 2016, Bratislava 12 – 13 September 2016: conference proceedings. 1. vyd. Banská Bystrica: Slovak Environment Agency, 2016, s. 158 – 159. ISBN 978-80-89503-54-4.

AFD14 MONOKOVÁ, Miriama – HORVÁTHOVÁ, Hana – DERCOVÁ, Katarína. Sanácia polychlórovaných bifenylov biologickým postupom a nanotechnológiou. In Chémia a technológie pre život. 18. celoslovenská študentská vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou, Bratislava, 9. 11. 2016 (elektronický zdroj). 1. vyd. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2016, CD-ROM, s. 133 – 134. ISBN 978-80--227-4628-1.

AFD15 DERCOVÁ, Katarína – LÁSZLOVÁ, Katarína – HORVÁTHOVÁ, Hana. Podporovaná bioremediácia polychlórovaných bifenylov (PCB) bioaugmentáciou a biostimuláciou. In Slovensko-česká konferencia Znečistené územia 2017, Štrbské Pleso, 16. – 18. 10. 2017: zborník príspevkov. 1. vyd. Banská Bystrica : Slovenská agentúra životného prostredia, 2017, s. 96 – 99. ISBN 978-80-89503-73-5.

AFD16 HORVÁTHOVÁ, Hana – DERCOVÁ, Katarína. Eliminácia polychlórovaných bifenylov (PCB) aplikáciou nanoželeza a bakteriálnych kmeňov. In Slovensko-česká konferencia Znečistené územia 2017, Štrbské Pleso, 16. – 18. 10. 2017: zborník príspevkov. 1. vyd. Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia, 2017, s. 93 – 95. ISBN 978-80-89503-73-5.

AFD17 HORVÁTHOVÁ, Hana – DERCOVÁ, Katarína. Nanobioremediácia polychlórovaných bifenylov (PCB): biodegradačný potenciál bakteriálnej zmesnej kultúry. In Medzinárodná konferencia Znečistené územia 2019, 19. – 21. 6. 2019, Piešťany: Zborník konferencie. 1. vyd. Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia, 2019, s. 142 – 143. ISBN 978-80-8213-003-7.

AFG Abstrakty príspevkov zo zahraničných konferencií

AFG01 HORVÁTHOVÁ, Hana – LÁSZLOVÁ, Katarína – DERCOVÁ, Katarína – SENDECKÁ, Katarína. The comparison of PCB biodegradation using single bacterial strains and their consortia. In Tomáškovy dny 2016, XXV. konference mladých mikrobiologů, 2.–3. jún 2016, Brno. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2016, s. 44. ISBN 978-80-210-8255-7.

AFG02 HORVÁTHOVÁ, Hana – SENDECKÁ, Katarína – BOŠKOVÁ, Daniela – DERCOVÁ, Katarína. Bioremediácia riečnych sedimentov kontaminovaných polychlórovanými bifenylmi (PCB) použitím bakteriálnych konzorcií. In Sanační technologie XX, 24. – 26. máj 2017, Uherské Hradiště. 1. vyd. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2017, s.130 – 132. ISBN 978-80-88238-01-0.

AFG03 HORVÁTHOVÁ, Hana – LÁSZLOVÁ, Katarína – MONOKOVÁ, Miriama – DERCOVÁ, Katarína. Bioremediation of Polychlorinated Biphenyls (PCBs): combination of biotechnology and nanotechnology. In XXVII. konference mladých mikrobiologů Tomáškovy dny 2018, Brno, ČR, 7. – 8. 6. 2018. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2018, s. 58. ISBN 978-80-210-8963-1.

AFG04 HORVÁTHOVÁ, Hana – DERCOVÁ, Katarína – LÁSZLOVÁ, Katarína. Bioremediácia polychlórovaných bifenylov (PCB): kombinácia biotechnológie a nanotechnológie. In HANUŠOVÁ, Pavla. Inovativní sanační technologie ve výzkumu a praxi X, 17. – 18. október 2018, Žďár nad Sázavou. 1. vyd. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2018, s. 76 – 78. ISBN 978-80-88238-09-6.

AFG05 HORVÁTHOVÁ, Hana – DERCOVÁ, Katarína. Bioremediácia vs. Nanoremediácia: degradácia polychlórovaných bifenylov (PCB) použitím integrovaného remediačného prístupu. In Sanační technologie XXII, 22. – 24. května 2019, Uherské Hradište, 1. vyd. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2019, s. 172 – 174. ISBN 978-80-88238-14-0.

Ostatné recenzované publikácie

AED Vedecké práce v domácich recenzovaných vedeckých zborníkoch, monografiách

AED01 DERCOVÁ, Katarína. Training and education of the specialists on the elimination of the environmental contamination in the course of environmental biotechnology at the Slovak Technical University in Bratislava. In *Management of Contaminated Sites in Slovakia*. 1. vyd. Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia, 2015, s. 46 – 59. ISBN 978-80-89503-39-1.

AFC Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách

AFC01 DERCOVÁ, Katarína – DUDÁŠOVÁ, Hana – ŠKARBA, Juraj – LÁSZLOVÁ, Katarína MONOKOVÁ Miriama. Bioremediation of polychlorinated biphenyls (PCBs): integration of biotechnology and nanotechnology approaches. In Contaminated Sites 2018 (elektronický zdroj): Conference Proceedings. 1. vydanie. Banská Bystrica: SAŽP, 2018, s. 143 – 144. ISBN 978-80-89503-91-9.

BDF Odborné práce v ostatných domácich časopisoch

BDF01 DERCOVÁ, Katarína – LÁSZLOVÁ, Katarína. Aplikácia biosurfaktantov a biosurfaktant-produkujúcich baktérií v sanačných technológiách. In *Odpady*. Roč. 15, č. 5 (2015), s. 13 – 18. ISSN 1335-7808.

BDF02 MURÍNOVÁ, Slavomíra (Zorádová) – ŠIMOVIČOVÁ, Katarína – DERCOVÁ, Katarína. Monitorovanie povrchových vôd Slovenskej republiky. In *Odpady*. Roč. 15, č. 11 (2015), s. 32 – 36. ISSN 1335-7808.

BDF03 DERCOVÁ, Katarína – ŠKARBA, Juraj – LÁSZLOVÁ, Katarína – HORVÁTHOVÁ, Hana. Využitie bioaugmentácie a biostimulácie na zvýšenie účinnosti bioremediácie environmentálnych záťaží. In Odpady. Roč. 16, č. 1 (2016), s. 18 – 22. ISSN 1335-7808.

BDF04 DERCOVÁ, Katarína – HORVÁTHOVÁ, Hana – LÁSZLOVÁ, Katarína. Využitie biosorpcie a bakteriálnych biosorbentov pri odstraňovaní kontaminantov z odpadových vôd. In Odpady. Roč. 16, č. 5 (2016), s. 5 – 12. ISSN 1335-7808.

BDF05 DERCOVÁ, Katarína – MONOKOVÁ, Miriama – HORVÁTHOVÁ, Hana. Využitie nanotechnológií na odstraňovanie znečisťujúcich látok pri sanácii kontaminovaných vôd a pôd. In Odpady. Roč. 17, č. 8 (2017), s. 5 – 14. ISSN 1335-7808.

BEF Odborné práce v domácich zborníkoch (konferenčných aj nekonferenčných)

BEF01 LÁSZLOVÁ, Katarína – DUDÁŠOVÁ, Hana – HORVÁTHOVÁ, Hana – DERCOVÁ, Katarína. The comparison of biological degradation of polychlorinated biphenyls and physico-chemical

methods of their elimination. In International Conference Contaminated Sites Bratislava 2015, 27 – 29 May 2015, Bratislava: Conference Proceedings. 1. vyd. Slovenská agentúra životného prostredia: Banská Bystrica, 2015, s. 195 – 197. ISBN 978-80-89503-40-7.

BEF02 DERCOVÁ, Katarína – DUDÁŠOVÁ, Hana – ŠKARBA, Juraj – LÁSZLOVÁ, Katarína. Biostimulation and Bioaugmentation of PCBs. In International Conference Contaminated Sites Bratislava 2015, 27 – 29 May 2015, Bratislava: Conference Proceedings. 1. vyd. Slovenská agentúra životného prostredia: Banská Bystrica, 2015, s. 170 – 174. ISBN 978-80-89503-40-7.

BEF03 DUDÁŠOVÁ, Hana – LÁSZLOVÁ, Katarína – BALAŠČÁKOVÁ, Marta – DERCOVÁ, Katarína. Elimination and toxic effects of polychlorinated biphenyls in real contaminated sediment. In International Conference Contaminated Sites Bratislava 2015, 27 – 29 May 2015, Bratislava: Conference Proceedings. 1. vyd. Slovenská agentúra životného prostredia: Banská Bystrica, 2015, s. 175 – 177. ISBN 978-80-89503-40-7.

Doktorandské a študentské projekty

s tematikou biodegradácie a bioremediácie POPs (2015 – 2019) v záverečných prácach doktorandov, diplomantov a bakalárov od roku 2015; školiteľ Doc. Ing. Katarína Dercová, PhD. Laboratórium environmentálnej biotechnológie FCHPT STU

Doktorandské práce

1. Ing. Katarína Lászlová, PhD.: Biostimulácia a bioaugmentácia sedimentov kontaminovaných polychlórovanými bifenylmi. (2013 – 2016)
2. Ing. Hana Horváthová, PhD.: Integrácia fyzikálno-chemických a biologických remediačných prístupov. (2015 – 2019)

Diplomové práce

1. Hana Horváthová (2015) Biodegradácia polychlórovaných bifenylov (PCB) vo vodných systémoch.
2. Filip Květoň (2015) Štúdium schopností nových bakteriálnych izolátov degradovať bifenyl a polychlórované bifenyly.
3. Marta Balaščáková (2015) Využitie biostimulácie a bioaugmentácie na bioremediáciu polychlórovaných bifenylov (PCB) v kontaminovaných sedimentoch.
4. Katarína Sendecká (2016) Bioremediácia sedimentov kontaminovaných PCB individuálnymi bakteriálnymi kmeňmi a konzorciami.
5. Katarína Hrčková (2016) Biodegradácia PCB v prítomnosti biosurfaktantov a biosurfaktant-produkujúcich baktérií.
6. Miroslava Rovná (2017) Možnosti zvyšovania biodegradácie polychlórovaných bifenylov využitím biosurfaktantov .
7. Ivana Konečná (2017) Izolácia baktérií zo sedimentov kontaminovaných polycyklickými aromatickými uhľovodíkmi (PAH) a ich využitie pri biodegradácii PAH.
8. Daniela Bošková (2017) Potenciál bakteriálnych konzorcií pri degradácii polychlórovaných bifenylov (PCB).
9. Miriama Monoková (2018) Využitie bioremediácie a nanotechnológie na dekontamináciu polychlórovaných bifenylov (PCB) zo životného prostredia.
10. Dominika Prokopová (2016) Biodegradácia polychlórovaných bifenylov (PCB): kombinácia biostimulácie a bioaugmentácie.
11. Michaela Domšicová (2019) Využitie surfaktantov a biosurfaktantov pri degradácii hydrofóbnych prioritných znečisťujúcich látok.

Bakalárske práce

1. Ivana Konečná (2015) Polycyklické aromatické uhľovodíky (PAH) – výskyt v riečnych tokoch a možnosti ich odstránenia biologickými postupmi.
2. Ivana Kobylinská (2015) Polychlórované dibenzodioxíny a dibenzofuránY (PCDD a PCDF) – výskyt v prostredí a v ľudskej populácii a možnosti ich biologického rozkladu.
3. Danka Bošková (2015) Polybrómované difenylétery (PBDE) – výskyt v životnom prostredí a možnosti ich bioremediácie.
4. Romana Lokajová (2015) Štúdium rastu a biodegradačnej schopnosti bakteriálnych izolátov v prítomnosti kontaminantov.
5. Dominika Prokopová (2017) Biodegradácia polychlórovaných bifenylov (PCB): kombinácia biostimulácie a bioaugmentácie.
6. Michaela Domšicová (2017) Využitie surfaktantov a biosurfaktantov pri degradácii hydrofóbnych prioritných znečisťujúcich látok.
7. Miriama Monoková (2017) Degradácia polychlórovaných bifenylov biologickým postupom a nano-technológiou.
8. Peter Szedlák (2018) Zvýšenie bakteriálnej degradácie polychlórovaných bifenylov (PCB) prídavkom biosurfaktantov.
9. Petra Batunová (2019) Nanobioremediácia polychlórovaných bifenylov (bio)nanočasticami (NZVI) a ich vplyv na bakteriálne bunky.
10. Mariana Kozáková (2019) Remediácia polychlórovaných bifenylov (PCB): kombinácia sorpcie na aktívne uhlie a bakteriálnej degradácie.
11. Michaela Majčinová (2019) Príprava a použitie rastlinných bionanočastíc železa pre remediáciu polychlórovaných bifenylov.

Nasledovné obrázky sú z informačných aktivít určených akademickej a odbornej verejnosti, ktoré sa konali v rámci národného projektu 3 INFOAKTIVITY:

1 *Exkurzia študentov, doktorandov a pedagógov PU Nitra, Banská Bystrica a okolie jar 2018*

2

3 *Obr. č. 2 a 3 – workshop pre geológov, Nový Smokovec jeseň 2019*

4

5 *Obr. 4 a 5 – workshop pre geológov, Senec jeseň 2020*
foto: archív SAŽP, 2018 – 2020

1 *Prirodzene vznikajúce Fe oxyhydroxidy v okolí štôlne Gabriela v lokalite Čučma | foto O. Brachtýr*

2. RIEŠENIE ZNEČISTENÝCH ÚZEMÍ SPÔSOBENÝCH BANSKOU ČINNOSŤOU — STAV A PERSPEKTÍVY

RNDr. **ĽUBOMÍR JURKOVIČ**, PhD.
Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava
lubomir.jurkovic@uniba.sk

KĽÚČOVÉ SLOVÁ
environmentálna záťaž | banská lokalita | haldy | odvaly | odkaliská | ťažobný odpad | kaly

Environmentálne záťaže (EZ) viazané na banské činnosti reprezentujú v súčasnosti v rámci Slovenska významné riziká, ktoré sa spájajú s procesmi prebiehajúcimi v predmetných lokalitách, ako aj s absenciou vhodného spravovania deponovaných odpadov na haldách a odvaloch či sedimentov a kalov na odkaliskách. Z historického hľadiska je Slovensko známe vysokým počtom dobývaných rudných ložísk, na ktoré sa viažu banské haldy a odvaly s relatívne malým objemom ťažobných odpadov. Modernejšie metódy úpravy a spracovania rúd viedli k významnému nárastu produkcie ťažobných odpadov a k zmene ich ukladania, pričom dominantnými odpadmi sa stali najmä flotačné kaly a sedimenty ukladané na odkaliskách, prípadne v priestoroch samotných úpravní vyťažených rúd.

Spomínané činnosti spojené s ťažbou a úpravou rudných a nerudných surovín sa spájajú s ovplyvňovaním životného prostredia vo forme povrchových prejavov (banské haldy, odvaly, odkaliská, prepadnuté štôlne, opustené banské prevádzky, ruiny po spracovateľských prevádzkach, a i.), vo forme výtokov banských vôd z štôlní a s nimi súvisiacej precipitácie Fe-okrov v miestach výstupu vôd z banských priestorov (*obr. č. 1*), prípadne vo forme drenážnych vôd z háld, odvalov a odkalísk alebo úletov znečisťujúcich látok a prachových častíc z pražiarní rúd. Z dlhodobého hľadiska je materiál deponovaný na odvaloch, haldách a odkaliskách permanentným zdrojom kontaminácie jednotlivých zložiek životného prostredia. Heterogenita ťažobných odpadov a vlastného geologického prostredia nastoľuje mnohé otázky pri celkovom hodnotení rizikovosti environmentálnych záťaží spôsobených banskou činnosťou, nakoľko tu prebiehajú intenzívne procesy mechanickej a chemickej premeny uloženého materiálu za súčasného vylúhovania rôznych potenciálne toxických látok do životného prostredia (*obr. č. 2*). Nezanedbateľnou otázkou ostáva dlhodobá fyzikálna stabilita háld a úložísk flotačných kalov, ktoré sú náchylné na rozplavovanie vplyvom náhlych klimatických udalostí (prívalové dažde, lokálne záplavy).

Prejavy ťažobnej a úpravárenskej činnosti často viedli k značnému znečisťovaniu jednotlivých zložiek životného prostredia v širšom okolí starých, zlikvidovaných, uzatvorených alebo opustených banských areálov a viaceré takéto lokality na Slovensku sa zaraďujú medzi environmentálne záťaže (EZ). Lokality po ťažbe nerastných surovín zaradené medzi EZ predstavujú 10,5 % zo všetkých EZ evidovaných v rámci projektu *Systematická identifikácia environmentálnych záťaží v Slovenskej republike* (Paluchová et al., 2008). Z celkového počtu identifikovaných EZ na Slovensku (1 815 lokalít v REZ evidovaných k 05/2020) je cca 100 lokalít zaradených medzi vysoko rizikové lokality, teda predstavujú závažné nebezpečenstvo pre zdravie človeka a životné prostredie. Z tohto počtu približne 20 lokalít sú EZ viazané na ťažobné činnosti (rudy, nerudné suroviny, ropa a zemný plyn, odkaliská) (Paluchová et al., 2008).

2 *Lom Šobov – zdroj acidifikácie životného prostredia*
foto: Archív PRIF UK Bratislava

Riešenie problematiky tzv. banských lokalít EZ je rozdelené v súčasnosti do dvoch úrovní. Na jednej strane je to podrobný geologický prieskum životného prostredia a sanácie EZ realizované na úrovni štátnych orgánov a inštitúcií, ktoré reprezentuje Ministerstvo životného prostredia SR (MŽP SR), Slovenská agentúra životného prostredia (SAŽP) a Štátny geologický ústav Dionýza Štúra (ŠGÚDŠ) v kombinácii s geologickými prácami realizovanými súkromnými spoločnosťami. Na druhej strane

3 *Drenáž šachty Péch privádzajúca banské vody do potoka Smolník. Drenážny kanál odvádzajúci vody z telesa odkaliska v Smolníckej Hute*
foto: Archív PRIF UK Bratislava

je to základný a aplikovaný výskum v akademickej sfére, ktorý reprezentujú najmä vedecké projekty realizované na vysokých školách a Slovenskej akadémii vied (SAV).

Prieskum geologického prostredia na vybraných 8 banských lokalitách po ťažbe nerastných surovín v rámci úlohy MŽP SR *Prieskum environmentálnych záťaží na vybraných lokalitách SR* (2012 – 2015) realizovali vybrané spoločnosti z geologického odboru, ktoré splnili kritériá výberového konania. Jednotlivé projekty na prieskum vybraných lokalít EZ boli vypracované podľa zákona č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach v znení neskorších predpisov a vyhlášky č. 51/2008 Z. z., ktorou sa vykonáva geologický zákon. Prieskum EZ a vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia (smernica MŽP SR č. 1/2015-7) sa realizovali na nasledovných lokalitách: Nižná Slaná – odkalisko a haldy, Markušovce – okolie – ťažba rúd, Rudňany – ťažba a úprava rúd, Slovinky – ťažba a úprava rúd, Pezinok – oblasť rudných baní a starých banských diel vrátane odkalísk, Poproč – Petrova dolina, Smolník – ťažba pyritových rúd, Merník – ortuťové bane. Výsledky realizovaných projektov na jednotlivých EZ boli spracované vo forme záverečných prác vrátane rozsiahlej prílohovej dokumentácie a sú uložené v Geofonde (ŠGÚDŠ, Bratislava).

NÁZOV PROJEKTU	**PRIESKUM ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ NA VYBRANÝCH LOKALITÁCH SLOVENSKEJ REPUBLIKY**	
ZÁKLADNÉ ÚDAJE O PROJEKTE	Žiadateľ:	**Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky**
	Operačný program:	**OP Životné prostredie**
		Prioritná os 4 – Odpadové hospodárstvo 4.1 Odpadové hospodárstvo
	Kód výzvy:	OPZP-PO4-11-2
	Kód ITMS:	NFP24140111463
	Celkové výdavky:	**8 639 552,70 €**
	Trvanie projektu:	**11/2011 – 12/2015**

Okrem prieskumu geologického prostredia EZ sa realizovala aj sanácia jednej prioritnej lokality EZ po ťažbe nerastných surovín – Ľubietová-Podlipa. Sanácia prebiehala v rámci projektu geologickej úlohy *Sanácia environmentálnych záťaží na vybraných lokalitách SR (Štátny program sanácie environmentálnych záťaží 2010 – 2015)*, pričom na predmetnej lokalite EZ nešlo o definitívne odstránenie kontaminantov z oblasti, ale o elimináciu šírenia kontaminantov do okolitého prostredia podzemnou, povrchovou, resp. drenážnou vodou, a to kombináciou viacerých remediačných opatrení.

NÁZOV PROJEKTU	**SANÁCIA ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ NA VYBRANÝCH LOKALITÁCH BANSKOBYSTRICKÉHO KRAJA**	
ZÁKLADNÉ ÚDAJE O PROJEKTE	Žiadateľ:	**Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky**
	Operačný program:	**OP Životné prostredie**
		Prioritná os 4 – Odpadové hospodárstvo, 4.1 Odpadové hospodárstvo
	Kód výzvy:	OPZP-PO4-12-1
	Kód ITMS:	NFP24140110299
	Celkové výdavky:	**2 743 996,48 €**
	Trvanie projektu:	**01/2014 – 11/2015**

4 *Pohľad na odkalisko Slovinky s odpadom po ťažbe a spracovaní sideritovo-sulfidickej rudy.*

5 *Prieskumné vrtné práce na odkalisku Slovinky. Vo vrchnej časti odkaliska je súvislá vrstva jemnozrnnej priemyselnej strusky o hrúbke cca 5 až 6 m z Kovohút Krompachy. Povrchová vrstva nie je zrekultivovaná, ide o tzv. suché odkalisko.*

6

7 *Obr. 6 a 7 – banská lokalita Ľubietová-Podlipa – stav po sanácii environmentálnej záťaže po banskej činnosti – ťažbe a spracovaní medených a železných rúd*

V súčasnom období v nadväznosti na aktuálny *Štátny program sanácie environmentálnych záťaží (ŠPS EZ) 2016 – 2021* sa realizuje sanácia na ďalšej prioritnej lokalite EZ po ťažbe nerastných surovín – SK/EZ/KS/353 Poproč – Petrova dolina, ktorá bola zaradená medzi prioritné lokality EZ na základe výsledkov prieskumu (Auxt et al., 2015). Multikriteriálne hodnotenie možných sanačných opatrení stanovilo základ navrhnutých sanačných postupov na elimináciu environmentálnych a zdravotných rizík vyplývajúcich z povahy znečistenia lokality. Ako vhodné riešenie situácie na lokalite Poproč bola zvolená kombinácia sedimentačnej nádrže umiestnenej pred štôlňou Agnes a dočistenia banských vôd z nádrže sorpciou na odpadové Fe-špony (reprezentujúce nulavalentné železo). Uvedený spôsob čistenia kontaminovaných banských vôd bol overený in-situ v experimentálnom projekte PRIF UK (Sekula et al., 2018). Zároveň sa na lokalite Poproč-Petrova dolina predpokladá aktívna metóda sanácie odkaliska a deponovaných flotačných kalov ako variant využitia GCL tesniacich prvkov (napr. bentonitové rohože) (Auxt et al., 2015). Súčasne v štádiu rozpracovania je návrh na elimináciu znečistenia na ďalšej lokalite po ťažbe a spracovaní nerastných surovín, konkrétne na lokalite antimónového ložiska Pezinok. Na tejto lokalite sa na základe schváleného Plánu prác na odstránenie environmentálnej záťaže PK (017)/Pezinok – Rudné bane – odkaliská (Schwarz et al., 2018) má realizovať súbor sanačných opatrení zameraných na zamedzenie šírenia rizikových kontaminantov z jednotlivých zdrojov znečistenia (výtoky banských vôd zo štôlní, priesaky z odkalísk) do povrchových vôd toku Blatina.

Výsledky prieskumných a interpretačných prác geologických úloh prieskumu a sanácie predmetných EZ na banských lokalitách, ako aj rôznych vedeckých projektov v posledných rokoch (podrobnejšie napr. Jurkovič a Šottník, 2015, Jurkovič et al., 2017) potvrdili charakter geogénno-antropogénnej kontaminácie jednotlivých zložiek životného prostredia anorganickými kontaminantmi (najmä As, Sb, Pb, Zn, Cd, Cu, Cr, Ni, SO_4^{2-}) typickými pre opustené banské oblasti. Pre všetky lokality EZ charakteru banských lokalít, na ktorých prebiehal geologický výskum, ako aj podrobný prieskum geologického prostredia, sú typické niektoré spoločné charakteristiky, podrobnejšie opísané v práci Jurkovič et al. (2017):

(I) identifikácia primárneho zdroja znečistenia je komplikovaná vzhľadom na charakter a rozsiahle plochy predmetných území,

(II) primárnym zdrojom znečistenia sú banské haldy, odvaly, flotačné kaly a ich rozplavovanie a zvetrávanie,

(III) kontaminácia pôd/zemín v pásme prevzdušnenia (biologická kontaktná zóna) je výsledkom kombinácie procesov prirodzeného zvetrávania hornín a ťažobných odpadov s vyšším podielom minerálnych fáz obsahujúcich rizikové prvky,

(IV) vytekajúce banské vody zo štôlní a drenážne vody z odkalísk predstavujú sekundárny zdroj znečistenia povrchových vôd, ako aj pôd na predmetných lokalitách,

(V) znečistenie banských lokalít je často podmienené nevhodným nakladaním s ťažobným odpadom.

Riešenie zistených skutočností v súvislosti s EZ spôsobenými banskou činnosťou sa viaže na inovatívne prístupy pri výskume geologických materiálov a inovatívne sanačné opatrenia, ktoré úzko súvisia s rôznymi vedeckými projektmi realizovanými v akademickom prostredí, ako aj v štátnych rezortných organizáciách (ŠGÚDŠ). Kombinácia získaných výsledkov zo sofistikovaných experimentov, analytických postupov a ich interpretácií v budúcnosti umožní lepšie charakterizovať šírenie znečistenia na banských EZ, ako aj navrhnúť vhodné a efektívne sanačné opatrenia na elimináciu dopadov znečistenia v oblastiach po ťažbe nerastných surovín.

Príkladom perspektívneho využitia moderných analytických postupov pri riešení problematiky EZ je vyžitie elektrónovej mikroanalýzy (mikrosonda, EMP) pri výskume mobility a distribúcie anorganických kontaminantov v oblastiach EZ. Štúdie Demko a Šefčík (2018) a Šefčík a Demko (2019) poukazujú na efektivitu využitia EMP analýz geologických substrátov, ako aj vzoriek rastlinných zvyškov pri identifikácii migračných ciest kontaminantov z pôd a sedimentov do povrchových a podzemných vôd v banských oblastiach. Predmetné štúdie sú súčasťou projektu (geologickej úlohy), ktorý rieši ŠGÚDŠ pod názvom *Zabezpečenie monitorovania environmentálnych záťaží Slovenska – 1. časť*. Projekt je spolufinancovaný Európskou úniou/Kohéznym fondom v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia.

NÁZOV PROJEKTU	**ZABEZPEČENIE MONITOROVANIA ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ SLOVENSKA – 1. ČASŤ** (v skratke ZMEZ1)	
ZÁKLADNÉ ÚDAJE O PROJEKTE	Žiadateľ:	**Štátny geologický ústav Dionýza Štúra v Bratislave**
	Operačný program:	**OP Kvalita životného prostredia** Prioritná os 1 – Udržateľné využívanie prírodných zdrojov prostredníctvom rozvoja environmentálnej infraštruktúry, 1.4.2 Zabezpečenie sanácie environmentálnych záťaží v mestskom prostredí, ako aj v opustených priemyselných lokalitách (vrátane oblastí, ktoré prechádzajú zmenou)
	Kód výzvy:	PO1-SC142-2015-4
	Kód ITMS:	310011B426
	Celkové výdavky:	**3 970 279,59 €**
	Trvanie projektu:	**110/2016 – 12/2021**
	Zodpovedný riešiteľ geologickej úlohy:	**RNDr. Igor Slaninka, PhD.**

Mobilizácia kontaminantov z pevných substrátov geologického profilu v EZ závisí od vlastností prostredia, od fyzikálno-chemických vlastností kontaminantov a od minerálneho zloženia pôd a ťažobných odpadov. Exaktné hodnotenie mobilizácie kontaminantov do prostredia je možné realizovať formou *ex situ* experimentov. V laboratórnych podmienkach je možné simulovať vylúhovacie procesy prebiehajúce v životnom prostredí, pričom dlhodobejším pravidelným zalievaním a vysúšaním zemín (kalov, sedimentov) je možné simulovať intenzívnejšie zvetrávacie procesy, a tak študovať ich vplyv na mobilitu sledovaných prvkov a ich potenciálny prestup do zložiek životného prostredia. Príkladom takýchto experimentov sú štúdie Faragó et al. (2016) a Schwarzkopfová et al. (2018), v ktorých boli na pevné vzorky aplikované rozdielne lúhovacie roztoky na porovnanie rôznych scenárov mobilizácie kontaminantov v pôdnom profile (simulovaná dažďová voda – na simuláciu zrážok v reálnych podmienkach, roztok kyseliny citrónovej – na simuláciu prirodzených mikrobiálnych podmienok v pôdnom ekosystéme, resp. roztok glukózy a SAB média – na zvýšenie aktivity pôdnej mykoflóry).

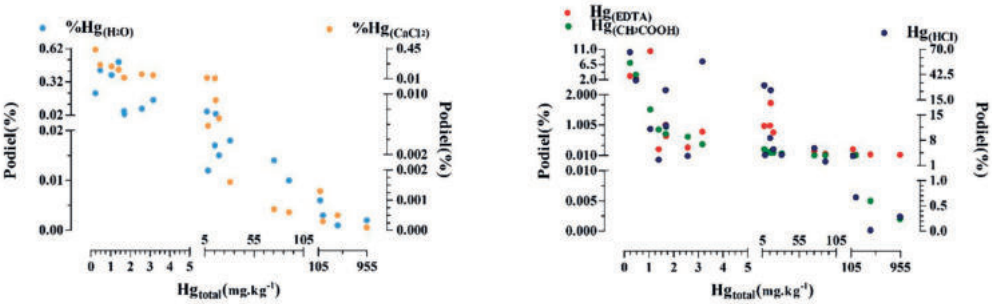
Podobnú experimentálnu štúdiu mobilných frakcií kovov v pôdach EZ Merník realizovala Kulikova et al. (2019). Na hodnotenie potenciálnej mobilizácie rizikových prvkov na lokalite (Hg, Ni, Cr) boli použité činidlá s rôznou extrakčnou efektivitou (destilovaná, resp. deionizovaná voda na najslabšie viazané formy kovov, roztok $CaCl_2$ na výmenné frakcie iónov ako vhodný indikátor bioprístupnej frakcie, špecifické extrakčné činidlá na štúdium bioprístupnosti stopových prvkov ako EDTA, HOAc). Výsledky lúhovacích experimentov (*obr. č. 12* pre Hg, *obr. č. 13* pre Ni) poukazujú na minimálny podiel mobilných frakcií sledovaných prvkov, čo súvisí s ich výskytom v pôdach a zeminách vo forme minerálnych fáz, ktoré sú v podmienkach aplikácie slabých extrakčných roztokov veľmi stabilné. Na potvrdenie týchto záverov je vhodné realizovať ďalšie štúdium vzoriek rastlinnej biomasy odobratých bezprostredne z územia bývalého ložiska. Nakoľko bioprístupnosť kovov z pôd môže byť ovplyvňovaná aj ďalšími faktormi, ako napríklad špecifické vlastnosti konkrétnych rastlinných druhov, ich vek atď., môže takéto štúdium priniesť nové a jedinečné poznatky. Aplikáciu roztokov kyselín je vhodné realizovať za účelom sledovania vplyvu zmien hodnoty pH prostredia na retenciu, resp. mobilitu kovov. Pokiaľ extrakcia s roztokom slabej kyseliny nemala značný vplyv na správanie sa prvkov, aplikácia roztoku s veľmi nízkym pH znamenala v prípade sledovaných prvkov ich násobnú mobilizáciu do experimentálneho roztoku. V prípade opustených banských lokalít, charakteristických tvorbou kyslých výluhov, môžu takéto výsledky naznačovať existenciu potenciálneho rizika vyžadujúceho dlhodobejší monitoring šírenia znečistenia na území (Kulikova et al., 2019).

8 *Pezinok – Kolársky vrch – lokalita antimónových a pyritových baní so štôlňou s výtokom sulfidických banských vôd s vyzrážanými okrami*

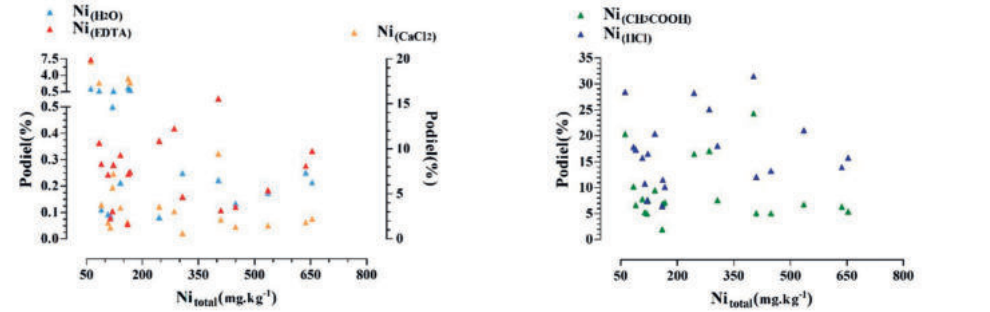
9 *Environmentálna záťaž Predajná I. – skládka nebezpečného odpadu zo spracovania ropy – kyslých gudrónov – z prevádzky Petrochema, a. s., Dubová*

10 *Banská lokalita Lubeník – ťažba a úprava magnezitu na výhradnom ložisku Lubeník v okrese Revúca*

11 *Banská lokalita Poproč-Petrova dolina – opustené ložisko antimónových rúd. Ťažba Sb rudy sa začala v 17. storočí a definitívne bola ukončená v roku 1965. Štôlňa Agnes s výtokom banských vôd s precipitáciou Fe okrov obsahmi As a Sb. V portáli štôlne sa od roku 2013 realizoval pilotný projekt pasívnej geochemickej bariéry na čistenie banských vôd.*



12 *Extrahovateľnosť Hg z pôd EZ Merník v prípade rôznych činidiel*



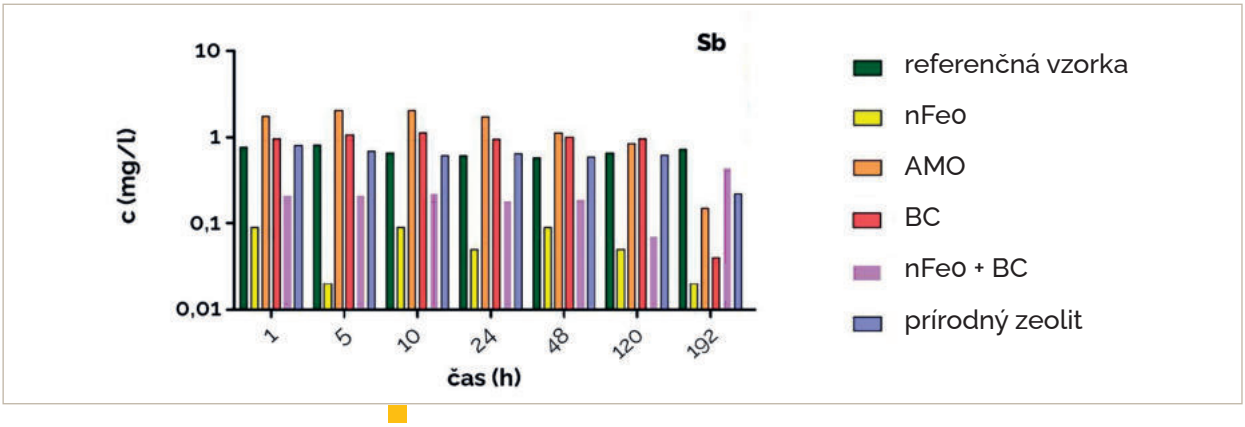
13 *Extrahovateľnosť Ni z pôd EZ Merník v prípade rôznych činidiel*

Dôležitou otázkou do budúcnosti ostáva zadefinovanie a exaktné hodnotenie šírenia znečistenia vo forme mobilných kontaminantov v suspenzii (Fe-okre, hydroxyoxidy Fe). Mnohé vedecké štúdie definujú tento spôsob šírenia rizikových látok ako kvantitatívne významný spôsob prenosu znečistenia povrchovými vodami (napr. Brachtýr et al., 2019). Vzhľadom na povahu znečisťujúcich látok, ktoré nepodliehajú degradácii, môžu byť tieto v rozpustnej forme transportované povrchovou vodou na veľké vzdialenosti. Znečisťujúce látky (najmä As, Sb, Zn, Pb, Ni, Cd) majú tendenciu sa vo vhodných geochemických podmienkach viazať na pevné substráty riečnych a dnových sedimentov (sekundárny zdroj znečistenia).

Uvedená skutočnosť je ďalšou perspektívnou otázkou v problematike EZ viazaných na banské činnosti. Väzba rizikových prvkov na prirodzene sa vyskytujúce geologické substráty alebo na syntetizované fixačné činidlá je dôležitým fenoménom pri vývoji inovatívnych sanačných opatrení zameraných na fixáciu vybraných kontaminantov v pásme prevzdušnenia a v pôdnom profile (Vítková et al., 2018, Faragó et al., 2019), ako aj na vývoj vhodných substrátov do geochemických bariér použiteľných pri čistení banských vôd. Potenciálna aplikácia činidiel *in situ* v prostredí vyžaduje experimentálne overenie stability pridávaných činidiel do reálnych vzoriek pôd.

Stabilizácia kontaminantov v pôdach banských oblastí je jednou z metód, ktoré dokážu eliminovať mobilnú frakciu stopových prvkov, potenciálne kontaminujúcich podzemné vody alebo potenciálne vstupujúcich do pôdnych mikroorganizmov. Použitie vhodných stabilizačných materiálov pri znečistených pôdach v banských oblastiach, vykazujúcich vysokú účinnosť a vyžadujúcich nízke náklady, by mohlo byť v tomto prípade veľmi efektívne. Medzi také materiály patrí biochar (BC) (Chegini et al., 2017), zeolity vyznačujúce sa jedinečnými štrukturálnymi vlastnosťami a bežným výskytom v prostredí (Chmielewská, 2010). Imobilizáciu či stabilizáciu rizikových prvkov je možné dosiahnuť rôznymi činidlami (nulavalentné nanoželezo – nFe^0, oxidy železa, oxidy mangánu či amorfná forma oxidu mangánu – AMO; Della Puppa et al., 2013), ktoré môžu adsorbovať a viazať kontaminanty v pevnej fáze pôd (Trakal et al., 2018; Vítková et al., 2018). Perspektíva takýchto štúdií je zameraná na posúdenie stability aplikovaných činidiel v pôdach z hľadiska ich dlhodobej účinnosti, na štúdium opätovnej mobilizácie kovov a metaloidov v kontaminovaných pôdach či štúdium transformácie použitých stabilizačných činidiel a ich vplyv na minerálne zloženie kontaminovaných vzoriek pôd a zemín. Adsorpčné materiály predstavujú možnosť relatívne jednoduchého a finančne nenáročného odstraňovania toxických

prvkov z prostredia. Výsledky štúdie Liščáková (2019) a Májeková et al. (2019) poukazujú na to, že nFe^0 predstavuje najefektívnejšie stabilizačné činidlo študovaných kontaminantov (As, Sb) v pôdach lokality Poproč (*obr. č. 13*). Relatívne úspešné bolo aj činidlo nFe^0 + BC, ktoré reprezentuje modifikácie biocharu s nula-valentným železom. Výsledné koncentrácie vo výluhoch však poukazujú na potrebu vývoja a ďalšieho testovania stabilizačných činidiel pred ich aplikáciou do prostredia.



14 *Množstvo Sb vo výluhoch z jednotlivých stabilizovaných substrátov (výluh v destilovanej vode), pôdy z lokality EZ Poproč*

Veľkou perspektívou vo výskume oblastí EZ súvisiacich s banskou činnosťou je kombinácia biologického lúhovania kontaminovaných substrátov (pôdy, haldy, kaly) v kombinácii s chemickým lúhovaním. Chemické lúhovanie chelátmi, ako perspektívna metóda odstraňovania kontaminantov z pôdy, je relatívne rýchla a/alebo efektívna oproti ostatným metódam (Wang et al., 2018). Biolúhovanie je ďalším perspektívnym postupom zvyčajne používaným pri priemyselnej úprave nízko kvalitných rúd. Technológie extrakcie kovov založené na mikrobiologických postupoch sa stali atraktívnymi v budúcom rozvoji vďaka ich environmentálnej kompatibilite a možným nízkym nákladom (Wang & Zhao, 2009, Štyriaková et al., 2019).

Za účelom vývoja environmentálnych a ekonomických postupov remediácie anorganického znečistenia pôd v rámci geologickej úlohy *GÚ 0218 Vývoj technológií v procese sanácie znečisteného prostredia* (podporená MŽP SR) boli testované štyri spôsoby kombinácie chemického (CHL) a biologického (BL) lúhovania použitím chelátov (Na_2EDTA, Na_3EDDS, heterotrofných autochtónnych baktérií na vzorkách kontaminovaných pôd, viac v štúdii Štyriaková et al., 2019). Biologické lúhovanie v kombinácii s chemickým lúhovaním viedlo k zvýšeniu extrakcie toxických prvkov a k lúhovaniu jeho mobilných foriem. Pre tento kombinovaný postup boli postačujúce nižšie koncentrácie chelátov, čo umožňuje znížiť budúce náklady na úpravu kontaminovanej pôdy v oblastiach EZ po banskej činnosti.

POĎAKOVANIE

Práca prezentuje výsledky geologickej úlohy MŽP SR *Prieskum environmentálnych záťaží na vybraných lokalitách Slovenskej republiky*. Práca bola čiastočne podporená grantovou úlohou VEGA 1/0597/17 a APVV-17-0317.

15 *Tabuľa povinnej publicity projektu OPŽP | foto: Archív SAŽP, 2015*

Odkalisko Markušovce-Rudňany – odber vzoriek z kopaných sond na odkalisku

3. VZDELÁVACIE AKTIVITY, VÝSKUM, PROJEKTY A PUBLIKÁCIE UNIVERZITY KOMENSKÉHO V BRATISLAVE V OBLASTI ZNEČISTENÝCH ÚZEMÍ

Doc. Mgr. Doc. Ing. **PETER ŠOTTNÍK**, PhD.
Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta
Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava
peter.sottnik@fns.uniba.sk, peter.sottnik@uniba.sk

KĽÚČOVÉ SLOVÁ
environmentálna záťaž | kontaminácia | banská lokalita | haldy, odvaly | odkaliská | ťažobný odpad | projekt | sanačná technológia

NÁZOV PROJEKTU	**PILOTNÁ REALIZÁCIA SANÁCIE BANSKÝCH VÔD NA VYBRANOM OPUSTENOM Sb LOŽISKU**	
ZÁKLADNÉ ÚDAJE O PROJEKTE	Zdroj financovania/ číslo projektu:	**APVV-0344-11**
	Žiadateľ:	**Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave**
	Zodpovedný riešiteľ:	**Mgr. Peter Šottník, PhD.**
	Spoluriešiteľské organizácie:	**Ekologické laboratóriá spol. s r. o. Spišská Nová Ves, v záverečnej etape aj Environcentrum, s. r. o. Košice a HES-COMGEO, s. r. o. Banská Bystrica**
	Termín riešenia projektu:	**2012 – 2015**

Ako modelová lokalita projektu *Pilotná realizácia sanácie banských vôd na vybranom opustenom Sb ložisku* bolo vybrané opustené antimónové ložisko Poproč, ktoré predstavuje významnú environmentálnu záťaž (EZ) v zmysle strategického dokumentu Štátny program sanácie environmentálnych záťaží 2010 – 2015 (ŠPS EZ). Jedným z najvýznamnejších zdrojov kontaminácie lokality Poproč je banská voda vytekajúca zo štôlne Agnes, ktorá obsahuje niekoľkonásobne zvýšené hodnoty antimónu (Sb) a arzénu (As) oproti legislatívnym predpisom (nariadenie vlády SR č. 269/2010), ako aj zvýšené hodnoty olova, zinku, medi, kobaltu (Pb, Zn, Cu, Co). Ďalšími zdrojmi kontaminácie tejto EZ sú početné haldy a odkaliská, ktoré nie sú v teréne sanované alebo izolované.

CIELE PROJEKTU boli nasledovné:

1. definovať mieru redukcie šírenia kontaminácie na vybranej lokalite aplikáciou sedimentačnej nádrže, resp. pasívneho aeróbneho močiara,
2. experimentálne overiť vhodnosť a efektivitu riadenej tvorby stabilných sekundárnych minerálnych fáz viažúcich sledované kontaminanty pre potreby čistenia banských a technologických vôd,

3. v terénnych podmienkach overiť metódu väzby kontaminantov na sekundárne minerálne fázy vznikajúce aplikáciou FeO a v procese riadenej tvorby stabilných sekundárnych fáz,
4. charakterizovať a identifikovať vznikajúce minerálne fázy, klasifikovať ich ako odpad, prípadne alternatívny zdroj kovov,
5. navrhnúť finálne riešenie sanácie predmetnej lokality.

1 *Poproč – štôlňa Agnes s experimentálnymi kontajnermi na pasívne čistenie banských vôd (2015)*

Hlavným výsledkom projektu bolo overenie inovatívnej sanačnej technológie v pilotných prevádzkových podmienkach priamo na lokalite Poproč kontaminovanej potenciálne toxickými prvkami, hlavne Sb a As. Kombinácia sedimentácie oxyhydroxidov železa (Fe) a sorpcie kontaminantov na oxidačné lemy odpadového železa bola úspešne overená s vysokou priemernou účinnosťou systému počas celého obdobia fungovania (cca 18 mesiacov). Technológia bola v rámci nadviazanej spolupráce s externými spoločnosťami vyhodnotená v štúdii uskutočniteľnosti ako najvhodnejšia technológia na realizáciu celkovej sanácie environmentálnej záťaže Poproč. V etape laboratórnych výskumov sa výskumná činnosť členov riešiteľského kolektívu zameriavala aj na výskum koloidov a suspenzií oxyhydroxidov Fe, ktoré predstavujú hlavné transportné médium kontaminácie potenciálne toxickými kovmi. Výsledky výskumu stanovili mineralogické a chemické zloženie týchto minerálnych fáz, ktoré umožňuje lepšie pochopiť procesy prebiehajúce na lokalite. Analytickými metódami boli stanovené minerálne fázy reprezentujúce produkty úpravy kontaminovaných vôd vznikajúcich v sedimentačnej nádrži, ako aj oxidačné lemy vznikajúce na odpadových Fe šponách. Následne boli tieto produkty zhodnotené na základe ich chemického zloženia ako nebezpečný odpad.

V rámci projektu bola významná časť experimentov zameraná na výskum syntetických vzoriek tripuhyitu ako minerálu významne ovplyvňujúceho mobilitu Sb. Experimenty potvrdili, že jeho kontrolovaná kryštalizácia by sa mohla využívať ako ďalšia inovatívna sanačná technológia. Ďalšie laboratórne experimenty zamerané na biologické lúhovanie potvrdili významnú úlohu mikroorganizmov pri uvoľňovaní As a Sb do životného prostredia.

Pri čistení banskej vody zo štôlne Agnes bolo použité nulavalentné železo vo forme železných špôn (odpad pri spracovávaní železa a ocele) ako náplň reakčnej bariéry (nádrž č. 1). Železné špony (cca 150 kg) boli očistené od odpadu a nečistôt a následne boli asi 16 hodín uložené v umelohmotných sudoch v roztoku HCl, aby sa aktivovali. Po procese aktivácie boli špony dôkladne prepláchnuté

vodou. Umelohmotný kontajner o objeme 1 m^3 bol umiestnený do portálu štôlne Agnes (*obr. č. 1 a 2*) a cca do jednej polovice objemu bol naplnený aktivovanými železnými šponami (*obr. č. 3*). Banská voda zo štôlne sa privádzala do kontajnera cez PVC rúru s priemerom 5 cm. Z dôvodu predĺženia kontaktu medzi vodou a sorpčným materiálom cez nádrž neprechádzal celý výtok z bane Agnes (~390 l/min), ale iba jeho časť (cca 5 l/min – podľa podmienok zdroja). Výtok z nádrže bol nastavený na 5 l/min. Druhá umelohmotná nádrž (nádrž č. 2) bola umiestnená taktiež v portáli štôlne Agnes. Bola naplnená vodou, ktorá pritekala priamo zo štôlne Agnes a slúžila na sedimentáciu Fe okrov z banskej vody, ktoré na seba potenciálne viažu Sb a As. Prítok a výtok zo sedimentačnej nádrže bol podobný ako pri nádrži č. 1. V takomto usporiadaní nádrže fungovali do apríla 2014.

Pravidelne raz za 2 – 3 týždne boli odoberané vzorky vôd vytekajúcich zo štôlne, z oboch nádrží ako aj z potoka Olšava nad a pod miestom, kde sa kontaminovaná voda z Agnes vlieva do potoka. Vzorky vôd sa analyzovali v akreditovaných laboratóriách spoločnosti EL spol. s r. o., Spišská Nová Ves. Vo vzorkách vôd boli stanovené základne fyzikálno-chemické parametre ako hodnota pH, Eh, teplota, merná elektrická vodivosť, hodnoty vybraných chemických parametrov (Na, K, Mg, Ca, Al, Fe, Mn, As, Sb, Cd, Cu, Zn, Pb, chloridy, fosforečnany, hydrogénuhličitany, uhličitany, sírany, fluoridy).

Obsahy antimónu aj arzénu vo výtoku zo štôlne Agnes počas roka veľmi významne kolíšu (*Tab. 1.*). Najvyššie hodnoty boli namerané 15. 8. 2013, teda v suchom letnom období, keď vysoké obsahy kontaminujúcich prvkov neboli zriedené zrážkovou vodou, a pri poslednom meraní 23. 10. 2014, keď vplyvom veľkých nárazových zrážok zrejme došlo k vyplaveniu veľkého objemu banských vôd zo štôlne Agnes. Najvyššia nameraná hodnota antimónu bola 406 $\mu g.l^{-1}$ a arzénu až 2053 $\mu g.l^{-1}$ v banskej vode. Limitná hodnota pre antimón v povrchových vodách nie je v nariadení vlády SR 269/2010 Z. z. definovaná, pre arzén je limit 30 $\mu g.l^{-1}$. Po prechode vody reakčnou bariérou naplnenou železnými šponami obsahy kontaminantov rapídne klesli pri každom odbere vzoriek (Šottník et al. 2014).

2 *Pasívny systém čistenia banských vôd umiestnený v portáli štôlne Agnes*

3 *Náplň reakčnej bariéry – odpadové Fe špony – po 4 mesiacoch fungovania pasívneho čistiaceho systému*

Priemerná účinnosť odstraňovania antimónu počas sledovaného obdobia dosiahla 84 %, efektivita odstraňovania arzénu výraznejšie kolísala, ale dosiahla priemerne 78 %. Hodnoty pH, elektrickej mernej vodivosti a obsahy síranov sa výraznejšie nemenili, zatiaľ čo zaujímavé je správanie sa zinku, ktorý sa v druhej polovici sledovaného obdobia začal z vody odstraňovať s priemernou efektivitou 49 %. Limitná hodnota zinku pre povrchové vody je stanovená na 100 $\mu g.l^{-1}$, pričom všetky stanovené hodnoty Zn ju niekoľkonásobne prekračujú.

Sedimentačná nádrž dosiahla lepšie priemerné výsledky v prípade arzénu (87 %) ako v prípade antimónu (66 %), aj keď po problémoch s umiestnením a prevádzkou nádrže z nej neboli odoberané vzorky v takom časovom harmonograme ako z nádrže č. 1 s Fe-šponami (Šottník et al. 2014, Sekula et al. 2015).

Po roku fungovania nádrže so šponami prišlo k výraznej kolmatácii špôn, ich rozkladu vplyvom korózie a celkovému zanášaniu nádrže vysedimentovanými oxyhydroxidmi železa. Tieto fakty spôsobovali výrazné zníženie priepustnosti materiálu v nádrži. Z tohto dôvodu bola v septembri 2014 náplň sedimentačnej nádrže vybraná a do nádrže bola umiestnená nová náplň pozostávajúca zo 180 kg aktivovaných odpadových Fe špôn.

Tabuľka **1.**
Vybrané sledované hodnoty banskej vody na vstupe do sanačnej technológie a výstupe z nej počas sledovaného obdobia.

parameter	As (µg.l^{-1})		Sb (µg.l^{-1})		Zu (µg.l^{-1})		Fe (µg.l^{-1})		SO_4^{2-} (µg.l^{-1})		pH		vodivosť	
dátum	prítok	výtok	prítok	výtok	prítok	výtok	prítok	výtok	prítok	výtok	prítok	výtok	prítok	výtok
17. 5. 2013	13	1	49	11	1341	1348	32300	38810	261,8	261	6,1	6,1	56,4	58,3
4. 6. 2013	132	17	275	16	900	920	—	—	195,1	195,9	5,9	6	47	45,2
21. 6. 2013	15	8	78	11	950	920	—	—	200,4	167,9	6,2	6,1	48,3	47,6
3. 7. 2013	36	32	78	13	928	913	10785	10997	204,2	209,9	5,9	5,9	49,3	49,2
15. 8. 2013	1620	376	406	55	982	606	—	—	244,9	239,6	6,2	6,1	60,2	61,6
20. 9. 2013	170	5	75	14	1263	607	36477	59992	255,6	249,4	5,8	6,2	57,6	60,2
28. 10. 2013	155	5	55	4	1066	638	31309	38751	252,3	249,8	6,1	6,2	64,1	65,3
22. 11. 2013	1497	378	368	29	884	462	—	—	223,1	224,3	6,4	6,1	58,8	61,4
20. 2. 2014	167	1	228	25	486	200	25100	49065	177	179	6,1	6,2	48,5	47,6
31. 3. 2014	57	6	266	80	474	203	19410	33014	154,8	166,7	6,3	6,4	46,4	47,3
25. 9. 2014	140	40	71	28	815	469	29208	28600	197,7	206	6	6,1	51,4	50,4
23. 10. 2014	2053	15	369	9	798	718	31247	21802	199,8	200,9	6,6	6,5	47,2	48,8
18. 11. 2014	1118	29	240	92	714	501	30100	34830	191,6	194,7	6,1	6,1	59,5	57,3
12. 2. 2015	17	1	244	1	472	254	19903	56233	147,8	121	6,4	6,1	44,3	46,8
30. 3. 2015	13	2	48	1	790	589	28415	26805	198,4	174,5	6,5	6,6	49,9	48,5
9. 7. 2015	56	15	69	21	776	474	—	—	204,2	204,2	7,9	8	57,2	56,8
24. 8. 2015	78	18	66	7	812	341	32338	40821	213,1	208,5	5,9	5,8	55,1	53,9
19. 10. 2015	958	14,4	154	35,7	980	720	25870	27461	199	203	6,7	6,8	49,4	43,7
27. 2. 2018	1750	141	475	78	1050	690	30780	32892	231	206	6,4	6,4	51,6	46,2
priemer	529	58	190	28	867	609	27374	35719	208	203	6,3	6,3	53	74,6
I. fáza	386	83	188	26	927	682	25897	38438	217	214	6,1	6,13	53,6	54,4
II. fáza	687	31	193	30	801	528	28483	33681	198	191	6,5	6,48	51,7	50,2

Sedimentačná nádrž a nádrž so šponami boli zoradené do sústavy za sebou. Voda teda pritekala najprv do sedimentačnej nádrže a voda po sedimentácii následne prúdila do nádrže so šponami. V súčasnosti sú kontinuálne monitorované obe nádrže v intervale cca 3 týždne a stanovované sú identické parametre ako v predchádzajúcom období.

Posledné merania vykazovali hodnoty vody, ktorá vytekala z celého systému po prechode oboma nádržami. Dalo sa pozorovať, že účinnosť takéhoto usporiadania pilotného systému bola vysoká, hoci vstupné koncentrácie, hlavne arzénu, boli pri poslednom meraní extrémne vysoké.

Úspešnosť odstraňovania kontaminantov z banskej vody prostredníctvom pasívneho remediačného postupu bola aj po 1 roku dostatočne vysoká. Železné špony ako reakčný materiál v geochemickej bariére sa začali postupne rozpadávať a korodovať, čo by mohlo mať za následok limitovanie použitia technológie, preto bolo potrebné železnú náplň vymeniť a použité špony uložiť na skládku nebezpečných odpadov vzhľadom na sorbované toxické prvky na ich povrchu. V pokračovaní prác na lokalite EZ Poproč boli jednotlivé kontajnery zoradené v pozícii za sebou tak, aby výtok zo štôlne Agnes najskôr prechádzal sedimentačnou nádržou a následne potom tiekol do reakčnej bariéry (kontajner s nulavalentným železom). Prvé výsledky po úprave pilotného systému vykazovali veľmi dobré výsledky, avšak ako potrebné sa ukázalo pokračovanie v monitorovaní a sledovaní najmä vplyvu sezónnych zmien koncentrácií vybraných prvkov vo vode zo štôlne Agnes.

Publikácie súvisiace s projektom

Sekula, P., Hiller, E., Šottník, P., Jurkovič, Ľ., Klimko, T., Vozár, J., 2018. Removal of antimony and arsenic from circum-neutral mine drainage in Popro, Slovakia: A field treatment system using low-cost iron-based material. Environmental Earth Sciences. – Roč. 77, č. 13 (2018), s. 1 – 14, Art. No. 518

Jurkovič, Ľ., Šottník, P., Sekula, P. ml., Peťková, K., Bačík, M., Sekula, P. st., Auxt, A. (2015): Prieskum environmentálnej záťaže Poproč-Petrova dolina a pasívne sanačné opatrenia pre banské vody. Podzemná voda, Roč. 21, č. 1 (2015), s. 47 – 57

Šottník, P., Jurkovič, Ľ., Hiller, E., Kordík, J., Slaninka, I. (2015): Environmentálne záťaže. Vysokoškolská učebnica. Slovenská agentúra životného prostredia, Banská Bystrica, 301 s.

Klimko, T., Heviánková, S., Šottník, P., Jurkovič, Ľ., Lacková, E., Vozár, J. (2014): Experimentálne odstraňovanie antimónu z banských vôd (opustené Sb ložisko Poproč, východné Slovensko). Acta Geologica Slovaca (AGEOS). ISSN 1338-0044, Roč. 6, č. 2 (2014), s. 203 – 213 (SCOPUS)

Vaculík, M., Jurkovič, L., Matejkovič, P., Molnárová, M., Lux, A. (2013): Potential risk of arsenic and antimony accumulation by medicinal plants naturally growing on old mining sites. Water, Air, and Soil Pollution. Vol. 224, Issue 5 (2013), article number 1546

V záverečnej etape realizácie bola nadviazaná spolupráca so spoločnosťami Environcentrum, s. r. o. Košice a HES-COMGEO, spol. s. r. o. Banská Bystrica, ktoré boli riešiteľmi geologickej úlohy: *Prieskum prioritných environmentálnych záťaží na vybraných lokalitách Košického a Prešovského kraja, Poproč-Petrova dolina, Smolník – ťažba pyritových rúd, Merník – ortuťové bane, časť 16 – Prieskum environmentálnej záťaže POPROČ-PETROVA DOLINA (SK/EZ/KS/353),* ktorej objednávateľom bolo Ministerstvo životného prostredia SR. Na základe vzniknutej spolupráce boli výsledky predmetného výskumu realizovaného v rámci projektu APVV zohľadnené a zahrnuté aj do Záverečnej správy tohto projektu.

V tejto etape projektu bol finalizovaný výpočtový model environmentálnych a zdravotných rizík v rámci analýzy rizika (AR) znečisteného územia v zmysle smernice MŽP SR č. 1/2015-7 na vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia. Kvantifikácia rizík prebiehala v prostredí modelu RISC a finalizovaná bola ako samostatná príloha záverečnej správy Auxt et al. (2015) a ako manuskript vo forme diplomovej práce na Katedre geochémie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského (PRIF UK) v Bratislave.

V tejto etape projektu bol taktiež realizovaný model riešenia sanácie znečisteného územia na študovanej lokalite opusteného Sb-ložiska Poproč, ktorý bol realizovaný ako samostatná **š**túdia uskutočniteľnosti sanácie znečisteného územia.

V rámci štúdie uskutočniteľnosti boli vybrané a následne teoreticky spracované sanačné metódy, ktoré by bolo možné použiť ako vhodné remediačné metódy pri odstraňovaní As a Sb z podzemných a povrchových vôd. Za týmto účelom boli v rámci štúdie spracované tieto sanačné technológie – zrážanie, flokulácia a koagulácia, sedimentácia, ionovýmena, umelé mokrade, použitie nanočastíc železa pri sanáciách environmentálnych záťaží, použitie nulavalentného železa pri sanáciách environmentálnych záťaží. Na základe multikriteriálneho hodnotenia bola ako možné riešenie situácie na lokalite Poproč zvolená ako najvhodnejšia kombinácia sedimentačnej nádrže umiestnenej pred štôlňou Agnes a dočistenia vody z nádrže sorpciou na odpadové FeO špony.

Táto štúdia bola zaradená do záverečnej správy projektu obhájeného na MŽP SR a navrhnutý sanačný postup bol vyhodnotený ako najvhodnejší pre aplikáciu na lokalite Poproč a uvažuje sa o jeho realizácii v najbližšom období.

NÁZOV PROJEKTU	**GEOCHEMICKÉ PODMIENKY VÝSKYTU A MOBILITY ORTUTI V ZLOŽKÁCH ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ**	
ZÁKLADNÉ ÚDAJE O PROJEKTE	Zdroj financovania/ číslo projektu:	**VEGA 1/0597/17**
	Žiadateľ:	**Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta**
	Zodpovedný riešiteľ:	**RNDr. Ľubomír Jurkovič, PhD.**
	Termín riešenia projektu:	**01/2017 – 12/2019**

NÁZOV PROJEKTU	**ŠTÚDIUM DISTRIBÚCIE A GEOCHEMICKEJ FRAKCIONÁCIE ORTUTI V PÔDACH OPUSTENÉHO LOŽISKA MERNÍK**	
ZÁKLADNÉ ÚDAJE O PROJEKTE	Zdroj financovania/ číslo projektu:	**Grant UK/247/2018**
	Zodpovedný riešiteľ:	**Mgr. Tatsiana Kulikova**
	Termín riešenia projektu:	**2018 – 2019**

ANOTÁCIA PROJEKTU

Definovanie procesov desorpcie a mobilizácie ortuti (Hg) v pevných substrátoch antrozemí a ťažobných odpadov prostredníctvom terénnych meraní a dynamických ex situ a in situ lyzimetrických experimentov predstavuje základné vedecké poznatky pre návrh vhodných remediačných opatrení pre environmentálne záťaže s vysokým obsahom Hg. Charakterizácia druhovej diverzity mikroorganizmov v prostredí antrozemí kontaminovaných ortuťou a izolácia dominantných autochtónnych druhov mikroskopických húb a baktérií je dôležitým aspektom ich využitia v rôznych procesoch bioremediácie (biolúhovanie, biovolatilizácia, biosorpcia). Kombinácia mineralogického a geochemického štúdia a experimentálnych bioremediačných procesov umožňuje charakterizovať geochemické podmienky výskytu a mobility ortuti v pevných matriciach antrozemí a ťažobných odpadov, a súčasne optimalizovať a rozvíjať inovatívne sanačné metódy remediácie environmentálnych záťaží s vysokým obsahom ortute.

Hlavným cieľom projektu bolo vytvorenie geochemického modelu mobility a bioprístupnosti ortuti v prostredí vybraných environmentálnych záťaží (banské oblasti, priemyselné areály). Cieľom bolo definovať procesy desorpcie a mobilizácie Hg v prostredí antrozemí a kontaminovaných geomateriálov, izotopové zloženie Hg v zložkách životného prostredia, vplyv mikroorganizmov na mobilitu

ortuti v prostredí antrozemí a zhodnotenie ich potenciálu v bioremediácii prostredia s vysokým obsahom ortuti. Predmetný typ environmentálnych záťaží predstavuje unikátne ekosystémy so špecifickou mikrobiotou. Jedným z cieľov projektu bolo mikrobiologické štúdium a charakterizácia rozmanitosti prítomných druhov pôdnych mikroorganizmov (mikroskopické vláknité huby, baktérie) v kontaminovaných antrozemiach a odkaliskových materiáloch. Ďalšia etapa výskumu bola zameraná na využitie poznatkov o identifikovanej druhovej diverzite a mikrobiálneho potenciálu v ex situ a in situ bioremediačných experimentoch prostredníctvom procesov biolúhovania a biovolatilizácie. Dôležitým prínosom výskumu bola taktiež identifikácia a popísanie metabolitov Hg, ktoré vznikajú metabolickou činnosťou mikroorganizmov a uvoľňujú sa tak do ovzdušia. Cieľom projektu bolo rozvíjať inovatívne bioremediačné metódy sanácie environmentálnych záťaží.

4 *Opustené ortuťové ložisko Merník (2007)*

Rozsiahly súbor použitých experimentov priniesol dôležité základné vedecké poznatky o ortuti, o jej mobilite, spôsobe fixácie v matrixe pevných fáz, výskyte izotopov Hg, vplyve mikroorganizmov na cyklus Hg v prostredí antrozemí. Výsledky získané prostredníctvom terénnych odberov pevných vzoriek antrozemí a kontaminovaných geomateriálov, pôdneho vzduchu, pórových roztokov z lyzimetrických systémov, statických a dynamických laboratórnych ex situ experimentov a pilotných in situ metód majú bezprostredný význam pri posúdení miery mobilizácie ortuti z antrozemí s možnosťou definovať tendenciu prieniku ortuti do zložiek životného prostredia, najmä do podzemných a povrchových vôd a potravového reťazca.

Aktuálny stav kontaminácie územia bol doteraz popísaný v prácach Hančuľák et al. (2006), Jurkovič et al. (2016) a Kulikova et al. (2019). Hančuľák et al. (2006), ktoré skúmali riečne sedimenty, zeminy a asimilačné orgány rastlín. Koncentrácie Hg boli v rozsahu 0,05 až 10,1 $mg.kg^{-1}$, pričom najvyššie koncentrácie kovu boli stanovené v zeminách odobratých v priestore doliny Potkania debra – miesta, kde sa nachádzal bývalý závod na spracovanie Hg a hlavné banské dielo ložiska – štôlňa Mária. Štúdie Jurkovič et al. (2016) a Kulikova et al. (2019) hodnotili existujúce environmentálne riziká lokality. Stanovené obsahy Hg v pôdach boli mnohonásobne vyššie (Hg_{max} 951 $mg.kg^{-1}$) a prekračovali stanovené indikačné (ID) a intervenčné (IT) kritérium pre priemysel pre horninové prostredie a pôdy

(2,5 $mg.kg^{-1}$, resp. 20 $mg.kg^{-1}$ v uvedenom poradí, smernica MŽP SR č. 1/2015–7). Zvetrávanie hornín s vyšším podielom minerálnych fáz obsahujúcich stopové prvky ako Ni a Cr predstavuje na území ďalší zdroj kontaminantov spôsobujúci nárast koncentrácií kovov v pôdach.

Výsledky zrealizovaných experimentov poukázali na veľmi nízky podiel ľahko mobilizovateľných frakcií v prípade všetkých sledovaných prvkov. Stanovené veľmi nízke hodnoty vyextrahovaných kovov odrážajú vysokú stabilitu jednotlivých minerálnych fáz prítomných v pôdnych vzorkách bývalej banskej lokality, všeobecné vlastnosti antropogénne narušených substrátov, ako aj silu aplikovaných extrakčných činidiel. Záverom experimentov by mohlo slúžiť tvrdenie, že napriek vysokým koncentráciám sledovaných prvkov v pôdnych substrátoch ich relatívna stabilita v substráte naznačuje absenciu rizika ich prestupu do podzemných alebo povrchových vôd, ako aj nebezpečenstva z akumulácie v rastlinných druhoch prítomných na území. Takéto tvrdenie by však bolo pomerne predčasným, nakoľko je potrebné overenie výsledkov experimentov, napríklad realizáciou série ďalších extrakčných experimentov, odberom reprezentatívnej vzorky vôd a rastlinnej biomasy

NÁZOV PROJEKTU	**ANTIMÓN – KRITICKÝ PRVOK A NEBEZPEČNÝ KONTAMINANT OVPLYVŇUJÚCI BIODIVERZITU NA LOKALITÁCH S ŤAŽOBNÝMI ODPADMI**	
ZÁKLADNÉ ÚDAJE O PROJEKTE	Zdroj financovania/ číslo projektu:	**APVV-17-0317**
	Žiadateľ:	**Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave**
	Zodpovedný riešiteľ:	**prof. RNDr. Edgar Hiller, PhD.**
	Spoluriešiteľské organizácie:	**Slovenské národné múzeum, Bratislava** **EL spol. s r. o., Spišská Nová Ves** **GEOtest, a. s. organizačná zložka, Bratislava**
	Termín riešenia projektu:	**1. 8. 2018 – 31. 7. 2022**

ANOTÁCIA

V roku 2010 bola publikovaná prvá analýza kritických surovín. V tomto zozname bolo identifikovaných 14 kritických surovín, medzi nimi aj antimón (Sb). Kritické suroviny majú vysoký hospodársky význam pre Európsku úniu v kombinácii s vysokým rizikom spojeným s ich ponukou. V súčasnosti neexistuje žiadny primárny zdroj produkcie antimónu v EÚ. Celkovo možno povedať, že EÚ je čistým dovozcom antimónovej rudy a koncentrátov. Antimón však zároveň predstavuje významný toxický kontaminant vyskytujúci sa na Slovensku vo všetkých zložkách životného prostredia. Na Slovensku bolo niekoľko významných nálezísk antimónových rúd. Vyskytovali sa predovšetkým v 3 metalo-genetických oblastiach: jadrové pohoria (Malé Karpaty, Nízke Tatry), Spišsko-gemerské rudohorie, stredoslovenské a východoslovenské neovulkanity. Hlavným cieľom projektu je zhodnotenie potenciálu ťažobných odpadov na opustených ložiskách Slovenska z pohľadu možnej ťažby antimónu ako kritickej suroviny Európskej únie. Ďalším dôležitým cieľom projektu je aj definovanie environmentálnych a zdravotných rizík spojených s využitím ťažobných odpadov ako surovín na získavanie Sb a návrh opatrení, ktoré by mali zamedziť negatívnym dopadom na životné prostredie v prípade využitia ťažobných odpadov. Významným cieľom projektu je aj mikrobiologická štúdia úložísk ťažobných odpadov a zhodnotenie potenciálu mikrobiologických metód (biomining) pri extrakcii Sb. Jedným z cieľov projektu je aj určiť vplyv kontaminácie na biodiverzitu v oblastiach opustených Sb ložísk. V rámci molekulárno-genetického štúdia sa získajú informácie o DNA vyšších organizmov, ako aj mikroorganizmov (metóda NGS). V každej skúmanej nebiologickej, biologickej a referenčnej vzorke bude stanovený obsah PTSP. Projekt definuje transfér PTSP z kontaminovaného prostredia do vybraných skupín organizmov (huby, článkonožce, ryby) ako potenciálnych zdrojov intoxikácie človeka.

CIELE PROJEKTU

1. Zhodnotenie potenciálu ťažobných odpadov na opustených ložiskách z pohľadu možnej ťažby antimónu ako kritickej suroviny Európskej únie.
2. Diverzita mikrobiálnych spoločenstiev (baktérie a mikroskopické huby), rias, húb, ako aj diverzita vybraných skupín živočíchov (článkonožce, ryby a obojživelníky) v oblastiach kontaminovaných antimónom a arzénom.
3. Definovanie transféru PTSP z kontaminovaného prostredia do vybraných skupín organizmov (huby, článkonožce, ryby) ako potenciálnych zdrojov intoxikácie človeka.
4. Zhodnotenie vplyvu vybraných mikroorganizmov (baktérie a mikroskopické huby) na oxidáciu sulfidov a vznik sekundárnych oxidov v odkaliskových kaloch a Fe okroch (biomineralizácia); zhodnotenie potenciálu mikrobiologických metód (biominingu) pri extrakcii Sb; detailná charakteristika a identifikácia biominerálov; definovanie vplyvu zmien v deponovaných ťažobných odpadoch na výťažnosť Sb.
5. Definovanie environmentálnych a zdravotných rizík spojených s využitím ťažobných odpadov ako surovín na získavanie Sb, ako aj ďalších úžitkových zložiek.
6. Návrh opatrení, ktoré by mali zamedziť negatívnym dopadom na životné prostredie v prípade využitia ťažobných odpadov.

Originalita projektu spočíva už v samotnej hlavnej téme projektu, ktorý je zameraný na zhodnotenie surovinového potenciálu ťažobných odpadov ako zdroja Sb a sprievodných úžitkových zložiek. Na Slovensku sa ešte nerealizovala komplexná štúdia, ktorá by sa zaoberala využiteľnosťou ťažobných odpadov ako zdrojov nerastných surovín. Problematika antimónu ako kritickej suroviny EÚ je takisto veľmi aktuálna a originálna, keďže k vytvoreniu zoznamu kritických surovín došlo len v roku 2010 a aktualizácia zoznamu prebehla v roku 2014. Za originálne môžeme považovať aj použitie biominingu ako metódy na získavanie antimónu, nakoľko v odbornej literatúre sa zmienky o biominingu antimónu nenachádzajú. V rámci testovania opatrení a sanačných technológií, ktoré by mali obmedziť

5 *Fe-okre precipitujúce z drenážnej banskej vody. Na mnohých miestach sa v okolí starých baní za vhodných sedimentačných podmienok tvoria Fe okre. Ide o nespevnené oranžové zrazeniny, tvorené zväčša ťažko identifikovateľným ferihydritom, s vysokými obsahmi As a Sb.*

negatívne dopady ťažby ťažobných odpadov, môžeme hovoriť o originálnych pasívnych metódach, ktoré sa budú realizovať v experimentálnej časti projektu. Ide hlavne o využitie rôznych odpadových materiálov ako sorbentov potenciálne toxických prvkov či o využitie kontrolovanej kryštalizácie sekundárnych minerálov. Obsahu As a Sb v hubách v kontaminovaných oblastiach sa na Slovensku venovali iba Borovička a et al. (2006), a hoci viacerí autori sa venovali výskumu makromycétov v kontaminovaných oblastiach, ešte nikdy nebol zrealizovaný mykologický výskum na základe výsledkov predchádzajúceho geologického výskumu a s využitím najnovších molekulárno-genetických metód.

Inovatívne využitie poznatkov mineralogického výskumu ťažobných odpadov (háld, okrov a odkaliskového materiálu) môže viesť k vytvoreniu nových sanačných technológií založených na kontrolovanej tvorbe stabilných sekundárnych fáz. Kontrolovaná tvorba minerálov, ktoré viažu sledované potenciálne toxické prvky priamo do štruktúry, má všetky predpoklady byť vysoko efektívnou v procese imobilizácie kontaminantov. Za inovatívne zároveň považujeme aj využitie metódy biomíningu na extrakciu Sb z ťažobných odpadov. Metodika výpočtu zásob na úložiskách ťažobných odpadov (hlavne na odkaliskách) nie je v súčasnosti jednoznačne definovaná a v kombinácii klasických metodík výpočtu zásob a využitia moderných počítačových spracovaní v prostredí GIS vidíme inovatívny prístup, ktorý by mohol mať výrazné využitie v praxi do budúcnosti.

Na základe výsledkov výskumu bude možné vytvoriť nové formy spolupráce medzi vedecko-výskumnými inštitúciami a organizáciami štátnej ochrany prírody, poľnohospodárstva, lesníctva, ako aj potravinárskymi a zdravotníckymi organizáciami. Nové technológie barcodingu a sekvenovania novej generácie prinesú ponuku nových služieb pre tieto organizácie, využiteľné v oblasti potravinovej bezpečnosti, zdravia, kvality života a ochrany prírody.

NÁZOV PROJEKTU	**GENÉZA PERLITU A INOVATÍVNE PRÍSTUPY PRI JEHO ŤAŽBE A SPRACOVANÍ**
ZÁKLADNÉ ÚDAJE O PROJEKTE	Zdroj financovania/ číslo projektu: **APVV-0339-12**
	Žiadateľ: **Katedra ložiskovej geológie Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava**
	Zodpovedný riešiteľ: **doc. Mgr. Peter Uhlík, PhD.**
	Termín riešenia projektu: **10/2013 – 09/2017**
	Spoluriešiteľské organizácie: **1. Ústav vied o Zemi Slovenskej akadémie vied, Bratislava a Banská Bystrica; 2. Ústav geodézie, kartografie a geografických informačných systémov, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií Technickej univerzity Košice; 3. Ústav anorganickej chémie Slovenskej akadémie vied, Bratislava**
	Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení: **1. Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences, Krakow 2. Research and Development Knauf Group, Knauf Gips KG, Iphofen, Germany 3. Institute for Nuclear Research, Hungarian Academy of Sciences, Debrecen, Hungary**

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy) **zhrňujúce výsledky projektu:**

1. Bizovská, Valéria – Pálková, Helena – Madejová, Jana. Near-infrared study of water adsorption on homo-ionic forms of montmorillonite. In Clays and Clay Minerals, 2016, vol. 64, no. 5, p. 571 – 585.
2. Blišťan, Peter – Kovanič, Ľudovít ml. – Zelizňaková, Vladislava – Palková, Jana: Using UAV photogrammetry to document rock outcrops. In: Acta Montanistica Slovaca. Roč. 21, č. 2 (2016), s. 154 – 161.
3. Varga, Peter, Uhlík, Peter, Lexa, Jaroslav, Bizovská, Valéria, Šurka, Juraj, Marková, Lenka, Pálková, Helena, 2017: Dehydration of Perlite Glass from Slovakia. Goldschmidt Conference 2017 – Paris, 13. – 18. 8. 2017. FR https://goldschmidtabstracts.info/abstracts/abstractView?id=2017006147
4. Osacký, M., Uhlík, P., Vítková , M., Czímerová, A., Pálková, H.: Characterization and potential applications of zeolitic materials synthetized from perlite waste material. In MECC 2016. 8th Mid-European clay conference, July 4 – 8, 2016, Košice, Slovakia : Book of abstracts. Slovakia: Slovak Clay Group, EQUILIBRIA 2016, p. 186.
5. Vlček, V., Pospíšilová, L., Uhlík, P. (2018): Mineralogy and chemical composition of Cryosols and Andosols in Antarctica. Soil & Water Res (in press).

Zeolity sú kryštalické alumosilikáty obsahujúce vo svojej štruktúre alkalické kovy alebo kovy alkalických zemín. Vďaka špecifickej pórovitej štruktúre majú zeolity výnimočné fyzikálno-chemické vlastnosti, ako sú napr. vysoká katiónová výmenná kapacita, vysoký špecifický merný povrch, nízka merná hmotnosť, katiónová selektivita, schopnosť adsorbovať plyny, kvapaliny aj pevné fázy do štruktúry, atď. Kvôli týmto vlastnostiam sa zeolity vo všeobecnosti považujú za výborné sorbenty s vysokou mierou odstraňovania polutantov zo znečistených vôd, pôd a podobne.

V projekte sa na syntézu zeolitov použil vedľajší produkt po spracovaní perlitu z ložiska Lehôtka pod Brehmi. Kvôli príliš malej veľkosti častíc (< 100 μm) nie je perlitový vedľajší produkt (PVP) vhodný na expandáciu. Expandovaný perlit je hlavný výsledný materiál po spracovaní perlitu z Lehôtky pod Brehmi. Vďaka výborným tepelno- a zvukovo-izolačným vlastnostiam sa expandovaný perlit používa najmä v stavebníctve. Na druhej strane, PVP má veľmi obmedzené možnosti využitia – v súčasnosti sa využíva iba ako čiastočná náhrada cementu v betóne.

Cieľom tejto štúdie bolo nájsť potenciálne využitie PVP, a to prostredníctvom jeho premeny na materiál s pridanou hodnotou t. j. zeolity. Možné využitie syntetizovaných zeolitov v environ-mentalistike bolo otestované v sorpčných experimentoch. Jedným z hlavných cieľov bolo nájsť a lepšie pochopiť vzťahy medzi podmienkami syntéz, vlastnosťami syntetizovaných zeolitových materiálov a účinnosťou odstraňovania polutantov z kontaminovanej pôdy prostredníctvom syntetizovaných zeolitov.

Syntéza zeolitov z PVP prebehla v PP fľašiach, zmiešaním 11 g PVP a 80 mL roztoku NaOH s koncentráciou 1, 3 a 5 M. Použila sa rôzna teplota (50 – 80 °C) a rôzny čas (24, 72 a 144 hod.). V sorpčných experimentoch sa otestovali vybrané syntetizované zeolitové materiály. Ako východiskový roztok sa použil výluh z aluviálvnej pôdy (VAP) (Litavka, okolie Příbrami, Česká republika) kontaminovanej kovmi (najmä Zn, menej Pb, Cu, Cd). V sorpčných experimentoch sa použilo 0,02 g zeolitových materiálov a 10 mL VAP, ktoré vzájomne reagovali 10, 30, 60, 120, 360 a 1 440 hod. pri izbovej teplote (24 °C) za stáleho miešania (200 rpm).

Vulkanické sklo bolo hlavným komponentom v PVP, ktorý sa transformoval na zeolity po reakcii s NaOH. S postupujúcou alteráciou vulkanického skla vznikali zeolity s nižším Si/Al pomerom (t. j. phillipsit – zeolit P – zeolit X). Toto pravdepodobne súviselo s vyššou rozpustnosťou Al v porovnaní s rozpustnosťou Si so zvyšujúcou sa koncentráciou reakčného roztoku NaOH. Hlavné reakčné produkty boli phillipsit, zeolit P a zeolit X. Koncentrácia NaOH mala výrazný vplyv na typ syntetizovaného zeolitu, zatiaľ čo reakčná teplota a čas ovplyvnili najmä množstvo syntetizovaných zeolitov. Syntetizovaný materiál s najvyšším obsahom zeolitov obsahoval 77 hm. % zeolitov, 16 hm. % nepremeneného vulkanického skla a 7 hm. % prímesí (najmä sľuda, kremeň a živce). Malé množstvo zeolitov (11 – 29 hm. %) vzniklo pri najnižšej testovanej teplote (50 °C). Po najkratšom testovanom reakčnom čase (24 hod.), syntetizované materiály obsahovali od 6 do 54 hm. % zeolitov. Syntetizované zeolitové materiály

dosiahli maximálnu katiónovú výmennú kapacitu (KVK) 371 meq/100 g a maximálny BET špecifický merný povrch 362 m^2/g. Viac informácií ohľadne mineralógie, chemizmu a povrchových vlastností zeolitových materiálov syntetizovaných z PVP je v štúdii Osacký et al. (2020).

Výsledky sorpčných experimentov ukázali, že miera účinnosti odstraňovania polutantov (najmä Zn) z VAP je u rôznych vzoriek rôzna. Závisela predovšetkým od množstva a typu zeolitu v syntetizovaných materiáloch. Vo všeobecnosti s vyšším obsahom zeolitu sa zvyšovala účinnosť odstraňovania kovov z VAP. U syntetizovaných vzoriek s porovnateľným obsahom zeolitov (phillipsit vs. zeolit P vs. zeolit X) bola najvyššia miera účinnosti pozorovaná u zeolitu X a najnižšia u phillipsitu. Testované zeolitové materiály sorbovali z VAP prednostne Ca, Zn, Mg, Mn, Ba, Sr, Cd a Pb. Po experimentoch sme pozorovali vo VAP aj mierny pokles koncentrácií Cu, Fe, Ti a Al. Výpočty iónových rovnováh medzi množstvom katiónov uvoľnených zo zeolitových materiálov do VAP a množstvom katiónov nasorbovaných na zeolitové materiály z VAP indikujú, že vyššie uvedené katióny boli z VAP nasorbované na zeolitové materiály dominantne procesom iónovej výmeny (zo zeolitových materiálov bol následne do VAP uvoľnený najmä Na). Na základe saturačných indexov vypočítaných pre jednotlivé minerálne fázy vo VAP programom PHREEQC predpokladáme, že počas sorpčných experimentov nedošlo vo VAP k významnej precipitácii pevných fáz. Vyššie uvedené pozorovania naznačujú, že miera účinnosti odstraňovania kontaminantov z VAP by sa mala zvyšovať s narastajúcou KVK testovaných vzoriek. To sa však úplne nepotvrdilo, pretože testované vzorky s najvyššou KVK (obsahujúce zeolit P) nasorbovali z VAP menej kontaminantov ako vzorky s nižšou KVK (obsahujúce zeolit X). Tieto rozdiely pravdepodobne súvisia s rozdielnou štruktúrnou topológiou medzi jednotlivými typmi zeolitov (t. j. rozdielne rozmery, množstvá a priestorová konfigurácia dutín v štruktúre zeolitu P vs. zeolitu X).

Celkovo výsledky preukázali, že z PVP je možné syntetizovať niekoľko rôznych typov zeolitov. Množstvo a typ syntetizovaných zeolitov závisel od experimentálnych podmienok (koncentrácia NaOH, reakčný čas a teplota). V sorpčných experimentoch syntetizované zeolitové materiály preukázali rôzne účinnosti odstraňovania kontaminantov z pôdneho výluhu, a to najmä v závislosti od typu a množstva zeolitu v syntetizovanom materiáli, KVK, a štruktúrnej topológie jednotlivých typov zeolitov. Najvyššie účinnosti mali materiály s vysokým obsahom zeolitu X, naopak najnižšie účinnosti dosiahli materiály s podobným obsahom phillipsitu. Hlavným sorpčným mechanizmom u všetkých testovaných vzoriek bola iónová výmena.

6 *Fe-okre precipitujúce z banskej vody štôlne Agnes v banskej lokalite Poproč*

NÁZOV PROJEKTU	**VPLYV MINERÁLNEHO ZLOŽENIA, CHEMIZMU A POVRCHOVÝCH VLASTNOSTÍ TECHNO-LOGICKÝCH TYPOV PERLITU NA KVALITU EXPANDOVANÝCH PERLITOV A REDUKCIA AKUMULÁCIE JEMNOZRNNÉHO PERLITOVÉHO MATERIÁLU (VEDĽAJŠIEHO PRODUKTU PO SPRACOVANÍ PERLITU) JEHO TRANSFORMÁCIOU NA ZEOLITY A POTENCIONÁLNE ENVIRONMENTÁLNE VYUŽITIE SYNTETI-ZOVANÝCH ZEOLITOV**	
ZÁKLADNÉ ÚDAJE O PROJEKTE	Zdroj financovania/ číslo projektu:	**VEGA 1/0196/19**
	Žiadateľ:	**Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave**
	Zodpovedný riešiteľ:	**Mgr. Osacký Marek, PhD.**
	Termín riešenia projektu:	**01/2019 – 12/2022**

Projekt sa zaoberá najmä štúdiom rôznych technologických typov perlitu a jemnozrnného perlitového materiálu, ktorý vzniká ako vedľajší produkt pri spracovaní perlitu (v súčasnosti s minimálnym využitím). Cieľom je pochopiť vplyv mineralógie, chemizmu a povrchových vlastností technologických typov perlitu na kvalitu finálnych komerčných produktov – expandovaných perlitov a minimalizovať akumuláciu jemnozrnného perlitového materiálu jeho transformáciou na zeolity a zhodnotiť potencionálne environmentálne využitie syntetizovaných zeolitov. Výstupy projektu sú využiteľné v praxi, kde môžu prispieť k lepšej predúprave perlitových technologických typov a optimalizácii expandačného procesu tak, že výsledkom bude kvalitnejší produkt (expandovaný perlit) pri nižších vstupných nákladoch v porovnaní so súčasnou technológiou. Transformácia perlitového materiálu na zeolity prispeje k zníženiu akumulácie jemného perlitového materiálu a environmentálne využitie zeolitov prispeje k zlepšeniu životného prostredia.

Projekt má štyri **hlavné ciele**:

1. Stanoviť minerálne a chemické zloženie a povrchové vlastnosti rôznych technologických typov perlitu za účelom pochopenia vplyvu týchto vlastností na kvalitu finálnych komerčných produktov – expandovaných perlitov.
2. Rôzne technologické typy perlitov pred a po expandácii poskytnú priamo spracovateľské firmy perlitu. Okrem toho sa navrhne a zrealizuje séria experimentov, v ktorých sa pripravia vlastné technologické typy perlitov, tie sa potom budú expandovať v kontrolovaných podmienkach (napr. rôzna expandačná teplota, čas, množstvo perlitu), čo umožní lepšie pochopenie vzťahov medzi parametrami technologických typov perlitov, expandačnými podmienkami a kvalitou expandovaných perlitov. Praktickým výstupom môže byť optimalizácia expandačného procesu, ako aj úprava parametrov vstupnej suroviny tak, aby bola dosiahnutá maximálna kvalita expandovaného perlitu pri čo najnižších nákladoch.
3. Minimalizovať akumuláciu jemnozrnného perlitového materiálu a nájsť jeho potenciálne využitie.
4. Pri mletí surového celohorninového perlitu dochádza k vzniku vedľajšieho produktu – jemnej frakcie (< 70 μm) perlitu, ktorý nie je vhodný na expandáciu a preto má iba minimálne využitie (prímes do cementu). Naším cieľom je minimalizovať akumulovanie tohto materiálu, a to jeho transformáciou na surovinu s pridanou hodnotou – zeolit – a zároveň otestovať účinnosť zeolitov syntetizovaných z perlitového materiálu pri odstraňovaní polutantov (napr. ťažkých kovov) z kontaminovaných vôd, pôd. Jedným z cieľov je nájsť vzťahy medzi podmienkami experimentálnych syntéz, vlastnosťami syntetizovaných zeolitov a účinnosťou odstraňovania polutantov, aby bola premena perlitového materiálu a následné odstraňovanie polutantov čo najefektívnejšie a najekonomickejšie.

Súčasťou aktivity projektu INFOAKTIVITY č. 5.3.4. – exkurzií študentov, doktorandov a pedagógov VŠ – je aj nácvik praktických zručností v odoberaní vzoriek z monitorovacích vrtov a terénne merania

4. VZDELÁVACIE AKTIVITY, VÝSKUM, PROJEKTY A PUBLIKÁCIE SLOVENSKEJ POĽNOHOSPODÁRSKEJ UNIVERZITY V NITRE V OBLASTI ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ

LENKA LACKÓOVÁ
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre,
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva,
Katedra krajinného plánovania a pozemkových úprav
Hospodárska 7, 949 01 Nitra
lenka.lackoova@uniag.sk

KĽÚČOVÉ SLOVÁ
environmentálna záťaž | znečistené územia | pôda | ťažké kovy | vzdelávacia činnosť | vedecká a výskumná činnosť

Environmentálne záťaže ako vážny environmentálny problém sa systematicky začal na Slovensku riešiť od roku 2006, keď projektom Systematická identifikácia environmentálnych záťaží v Slovenskej republike bolo identifikovaných prvých zhruba 1 800 lokalít kontaminovaných v dôsledku dlhodobých ľudských aktivít a priemyselnej činnosti. Touto identifikáciou sa vytvoril základ tvorby Informačného systému environmentálnych záťaží (ISEZ). V nadväznosti na vznikajúci priestor na uplatnenie schopností absolventa Fakulty záhradníctva a krajinného inžinierstva (FZKI) študijného programu (ŠP) Krajinné inžinierstvo, sa pri príprave novo akreditovaného ŠP v akademickom roku 2014/2015 zaradil do inžinierskeho stupňa štúdia predmet s názvom Environmentálne záťaže. Absolvovaním tohto ŠP študent získa teoretické vedomosti týkajúce sa manažmentu environmentálnych záťaží doplnené o praktické ukážky riešenia konkrétnych environmentálnych záťaží priamo v teréne. Vzhľadom na obsahovú heterogenitu tejto témy, sa v rámci Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre (SPU) s pojmom environmentálne záťaže stretneme v širokom priereze niekoľkých ďalších predmetov, ktoré rôznorodými pohľadmi reflektujú širokospektrálnosť jej podstaty. V niektorých prípadoch ide o partikulárne prednášky v rámci jedného predmetu, v iných zase prevládajú detailné analýzy vybraných charakteristík spojených s témou environmentálnych záťaží.

ENVIRONMENTÁLNE ZÁŤAŽE V MODULE ODPADOVÉ HOSPODÁRSTVO NA FZKI

Vyhláška č. 244/2019 Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky z 22. júla 2019 o sústave študijných odborov Slovenskej republiky zadefinovala študijný odbor *Poľnohospodárstvo a krajinárstvo*, v rámci ktorého sa na Slovenskej poľnohospodárskej univerzite, Fakulte záhradníctva a krajinného inžinierstva realizuje študijný program *Krajinné inžinierstvo* na bakalárskom aj inžinierskom stupni. ŠP Krajinné inžinierstvo predstavuje súbor opatrení riešených v poľnohospodárskej a vidieckej krajine. Zahŕňa problematiku zosúladenia výrobných aktivít, ich diverzifikáciu s vytvorením zdravých životných podmienok so zameraním na trvalo udržateľný život a v súlade so záujmami vodného hospodárstva, lesného hospodárstva, dopravnej infraštruktúry, vidieckej zástavby a pod. Táto problematika úzko súvisí s ochranou a zúrodňovaním pôdy, ochranou prírody a krajiny. Súčasťou problematiky sú tiež otázky odpadového hospodárstva, recyklácia, environmentálne záťaže

a zhodnotenie odpadov, hlavne z poľnohospodárskej výroby – ich využitie na zvýšenie obsahu organickej hmoty v pôde. Na inžinierskom stupni štúdia sa ŠP *Krajinné inžinierstvo* delí na tri moduly – Odpadové hospodárstvo, Voda v krajine a Pozemkové úpravy a GIS. V module *Odpadové hospodárstvo* sa študenti v rámci svojho štúdia výberom 6 povinne voliteľných predmetov (Odhad škôd v životnom prostredí, Odvádzanie a čistenie odpadových vôd, Komunálne odpadové hospodárstvo, Environmentálne záťaže, Nakladanie s odpadmi, Regionálna bioenergetika) užšie profilujú.

SYLABY PREDMETU ENVIRONMENTÁLNE ZÁŤAŽE

1. **Základné pojmy a definície EZ**

   Terminológia; informačné zdroje

2. **Charakteristika aktuálneho stavu v riešení EZ**

   Historický prehľad riešenia EZ; legislatívny prehľad v SR; európska legislatíva; projekty OPŽP a OPKŽP; geologický zákon; zákon č. 409/2011 Z. z.; financovanie EZ

3. **Štátny program sanácie EZ**

   ŠPS EZ 2010 – 2015, ŠPS EZ 2016 – 2021

4. **Stav EZ v EÚ a vo svete**

   Prehľad aktivít spôsobujúcich kontamináciu ŽP; príklady z vybraných krajín

5. **Identifikácia EZ**

   Zodpovednosť za EZ; pôvodca EZ a jeho povinnosti; orgány štátnej správy na úseku EZ

6. **Informačný systém EZ**

   Register A – pravdepodobné EZ; register B – potvrdené EZ; register C – sanované a rekultivované EZ; prepojenie s relevantnými IS; práca s IS na PC

7. **Klasifikácia EZ**

   Klasifikácia podľa rizikovosti; doplňujúce hodnotenia k rizikovosti; celkové hodnotenie dopadov na ŽP; analýza rizika – hodnotenie environmentálneho rizika, prípadová štúdia; analýza rizika – hodnotenie zdravotného rizika, prípadová štúdia

8. **Metódy sanácie EZ**

   Atlas sanačných metód; biologické metódy; fyzikálno-chemické metódy

9. **Kalové pole ZSNP Žiar nad Hronom**

   Charakteristika; história výrobného procesu, identifikácia vplyvov na ŽP; proces rekultivácie

10. **Prehľad vybraných EZ a monitoring**

    Charakteristiky a opis EZ podľa vybraných okresov; monitorovanie environmentálnych záťaží po vybraných lokalitách SR

11. – 13. **Terénne cvičenia – odborné exkurzie po vybraných lokalitách EZ**

ODBORNÝ KURZ ENVIRONMENTÁLNE ZÁŤAŽE

Od roku 2016 v spolupráci so Slovenskou agentúrou životného prostredia Banská Bystrica (SAŽP) realizuje Katedra krajinného plánovania a pozemkových úprav FZKI SPU v Nitre pre študentov odborný kurz ako informačnú aktivitu spojenú s exkurziami na vybrané lokality environmentálnych záťaží. Kurz sa realizuje v rámci predmetu Environmentálne záťaže. Jeho program sa skladá z 2 častí. Prvá, terénna časť pozostáva z exkurzií na vybrané znečistené územia v širšom okolí Banskej Bystrice. Študenti v sprievode lektorov navštevujú lokality, ako sú Zemianske Kostoľany – kúpele Chalmová a dočasné odkalisko ENO; Handlová – stabilizačný násyp a sklad popolovín, kalové pole ZSNP v Žiari nad Hronom; Predajná – skládky PO I a II; Ľubietová-Podlipa, flotačná úpravňa Špania Dolina.

ODBORNÁ EXKURZIA PRE ŠTUDENTOV FZKI SPU NITRA

ODBORY ENVIRONMENTÁLNE MANAŽÉRSTVO, ENVIRONMENTÁLNE ZÁŤAŽE

PROGRAM

1. DEŇ **9. APRÍL 2018**

doobeda: **09.00 – 10.15** presun z Banskej Bystrice do Zemianskych Kostolian,
10.15 – 12.00 exkurzia 1 – Zemianske Kostoľany – kúpele Chalmová, Bystričany – ENO dočasné odkalisko,

12.00 – 13.00 ***prestávka na obed v Novákoch (reštaurácia Fullhouse)***

poobede: **13.00 – 13.30** presun do Handlovej,
13.30 – 15.15 exkurzia 2 – Handlová – stabilizačný násyp (skládkovanie vyťaženej banskej hlušiny na stabilizovanie najväčšieho pôdneho zosuvu v bývalom Československu), Handlová – skládka popolovín,
15.15 – 16.00 presun z Handlovej do Banskej Bystrice, ubytovanie (vrátane raňajok a večere zabezpečené v penzióne Medený Hámor v dňoch 9. – 13. 04. 2018 – 4 noci).

2. DEŇ **10. APRÍL 2018**

doobeda: **08.15 – 09.00** presun z Banskej Bystrice do Žiaru nad Hronom,
09.00 – 11.00 exkurzia 3 – kalové pole ZSNP v Žiari nad Hronom,
11.00 – 11.45 presun zo ZSNP v Žiari nad Hronom do Banskej Bystrice,

11.45 – 12.45 ***prestávka na obed v Banskej Bystrici (reštaurácia Beniczky)***

poobede: **13.00 – 13.50** prednáška – Ing. Jaromír Helma, PhD. (SAŽP): EZ – prax a legislatíva, Štátny program sanácie EZ, projekty OP ŽP a OP KŽP...,

13.50 – 14.10 ***prestávka na občerstvenie***

14.10 – 15.00 prednáška – Mgr. Róbert Jelínek, PhD. (ŠGÚDŠ): *Projekt Monitorovanie environmentálnych záťaží na vybraných lokalitách Slovenskej republiky* (hlavné výsledky projektu, výsledky monitorovania lokalít Predajná – skládky PO I a II, Ľubietová-Podlipa, Špania Dolina – bývalá flotačná úpravňa...).

3. DEŇ **11. APRÍL 2018**

doobeda: **09.00 – 09.30** presun z Banskej Bystrice do Predajnej,
09.30 – 11.00 exkurzia 4 – Predajná – skládky PO I a II,
11.00 – 11.20 presun z Predajnej do Ľubietovej,
11.20 – 12.10 exkurzia 5 – Ľubietová-Podlipa (banská lokalita),
12.10 – 12.30 presun z Ľubietovej do Banskej Bystrice,

12.30 – 13.30 ***prestávka na obed v Banskej Bystrici (reštaurácia Beniczky)***

Aktivita sa realizuje v rámci národného projektu
Zlepšovanie informovanosti a poskytovanie poradenstva v oblasti zlepšovania kvality životného prostredia na Slovensku.
Projekt je spolufinancovaný z Kohézneho fondu EÚ v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia.

OPERAČNÝ PROGRAM KVALITA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA
Európska únia Kohézny fond
MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ REPUBLIKY
SLOVENSKÁ AGENTÚRA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

1 *Program odbornej exkurzie študentov Fakulty záhradníctva a krajinného inžinierstva Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v roku 2018*

2

3 *Obr. č. 2 a 3 – odborné exkurzie študentov po vybraných oblastiach environmentálnych záťaží – Špania Dolina*

Druhá, informačná časť pozostáva z blokov venovaných vybraným témam, ktoré sa týkajú problematiky environmentálnych záťaží, ako sú napríklad úspešne *realizované projekty v oblasti prieskumov, sanácií a monitorovania environmentálnych záťaží vo vybraných lokalitách Slovenskej republiky; Informačný systém EZ a jeho prepojenie s IS verejnej správy; environmentálne škody a Informačný systém prevencie a nápravy environmentálnych škôd; problematika environmentálnych záťaží vo svete a na Slovensku; analýza rizika znečisteného územia a hodnotenie zdravotného rizika.*

Študentom sa v rámci kurzu venujú odborníci v oblasti environmentálnych záťaží a EIA/SEA z odboru environmentálnych služieb a z odboru informačných systémov SAŽP, rovnako aj z banskobystrického pracoviska Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra (ŠGÚDŠ), ktorý je sesterskou rezortnou organizáciou SAŽP. Vďaka takémuto praktickému poznávaniu problémov v krajine študenti dokážu lepšie pochopiť súvislosť problematiky ochrany všetkých zložiek životného prostredia, čo má jednoznačne významný prínos k zvyšovaniu kvality vzdelávania. Od roku 2016 do konca roka 2019 tento kurz absolvovalo spolu viac ako 70 študentov, z toho takmer 15 zahraničných (z Českej republiky a Poľskej republiky).

VÝUČBA ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ V RÁMCI SPU V NITRE

Problematika environmentálnych záťaží sa na SPU v Nitre vyučuje aj v rámci niekoľkých iných študijných programov celkovo na 3 fakultách. Informácie boli získané z realizovaného dotazníkového prieskumu.

Tabuľka **1.**
Fakulty a študijné programy v rámci SPU v Nitre spojené s problematikou EZ

Názov fakulty	Názov študijného programu
FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO INŽINIERSTVA (FZKI)	Krajinné inžinierstvo Biotechnika krajinných a parkových úprav Záhradná a krajinná architektúra Záhradníctvo
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH ZDROJOV (FAPZ)	Výživa ľudí Agroekológia
FAKULTA EURÓPSKYCH ŠTÚDIÍ A REGIONÁLNEHO ROZVOJA (FEŠRR)	Rozvoj vidieka a vidieckeho turizmu Regionálny rozvoj a európske politiky Environmentálny manažment

Komplexnosť a širokospektrálnosť témy, akou nepochybne environmentálne záťaže sú, dáva priestor ich výučbe z mnohých hľadísk. Problematike environmentálnych záťaží sa na univerzite venuje mnoho predmetov zameraných na životné prostredie. Jedným z nich je aj predmet Životné prostredie a zdravie (FAPZ), ktorý sa zameriava na problematiku rizikových prvkov a látok v životnom prostredí v kontexte zdravotných rizík (znečisťujúce látky v prostredí človeka v kontexte zdravotných rizík; zdravotné riziká vyvolané komplexným porušením rovnováhy prostredia; environmentálna regionalizácia Slovenska; potenciálne toxické a toxické prvky, bioprístupnosť a zdravie; vplyv priemyslu, ťažby, energetiky, dopravy na zdravie; hodnotenie environmentálnych a zdravotných rizík; vybrané sanačné technológie; dopady v životnom prostredí a zdravie). Na predmetoch *Hodnotenie kvality životného prostredia* (FZKI), na *kurze monitoringu životného prostredia* (FZKI) a na *kurze hydropedológie* (FZKI) sa študenti taktiež oboznamujú s témou environmentálnych záťaží aj z hľadiska praktického hodnotenia a merania jednotlivých parametrov vybraných zložiek životného prostredia a ich vplyvu na

možné znečistenie vodných zdrojov a pôdy pomocou simulácie smeru a rýchlosti pohybu znečistenia v pôde, prípadne po povrchu pôdy v rámci povrchového odtoku. V rámci predmetu *Integrovaný manažment povodia* (IPM, FZKI) sa problematike environmentálnych záťaží študenti venujú jednak pri definovaní samotného pojmu IMP a pri bilancii vody v krajine, ochrane vodných zdrojov (ich kvantity a kvality) a erózie pôdy v kontexte pôsobenia environmentálnych záťaží na prírodné zdroje v povodí a možnosti ich kontaminácie. Dôraz sa kladie na to, aby študenti lepšie pochopili prepojenosť jednotlivých prírodných procesov a dôsledkov ľudských činností na kvantitu a kvalitu vodných zdrojov a pôdy. Súčasťou výučby predmetu je aj exkurzia, na ktorej sa v minulom akademickom roku zúčastnilo okrem našich aj 7 študentov z Rakúska (University of Vienna), v rámci projektu CEEPUS (https://ceepus.saia.sk/sk/). V rámci exkurzie študenti riešili ochranu vodného zdroja VN Kolíňany v kontexte potenciálneho znečistenia sedimentmi, ako aj nedostatočne upravenou vodou z malej čistiarne odpadových vôd nad nádržou.

Predmet *Ekonomika životného prostredia a prírodných zdrojov* (FEŠRR) sa zameriava na znečistenie životného prostredia, emisie, ekonomické škody v dôsledku znečistenia ŽP, spoločensko-ekonomické príčiny zhoršovania stavu životného prostredia, environmentálnu regionalizáciu a popis stavu jednotlivých zložiek životného prostredia v SR. Na predmete *Environmentálne právo EÚ* (FEŠRR) sa študenti oboznamujú s právnymi úpravami týkajúcimi sa územného plánovania aj v súvislosti s environmentálnymi záťažami.

Téme environmentálnych záťaží sa v rámci spomínaných študijných programov venuje niekoľko predmetov zameraných na pôdu (aj) vo vzťahu k človeku. Napríklad na predmete *Antropizácia pôdy* (FAPZ) sa študenti dozvedia o degradačných procesoch a vplyve antropickej činnosti na pôdu. Ide najmä o nasledovné procesy: urýchlená acidifikácia pôdy, urýchlená alkalizácia pôdy a prostredia imisiami z vápeniek a magnezitiek, znečistenie pôdy ťažkými kovmi, znečistenie pôdy pesticídmi a inými organickými kontaminantmi, znečistenie pôdy rádionuklidmi, znečistenie pôdy odpadmi, urbánne pôdy, znehodnotenie pôdy vplyvom zasoľovania a alkalizácie, znehodnotenie pôdy znížením obsahu pôdnej organickej hmoty, biodiverzity a únavou pôdy. Na predmete *Hygiena pôdy* (FAPZ) sa téma environmentálnych záťaží spomína ako jeden zo zdrojov znečistenia pôdneho fondu. Študenti sa oboznamujú s pôvodom a vlastnosťami jednotlivých kontaminantov, škodlivosťou premnoženia a dlhodobého pôsobenia škodlivých organizmov v pôde. Dokážu aplikovať poznatky o eliminácii polutantov a škodlivých organizmov v pôdnom prostredí (globálne znečistenie pôdy; regionálne znečistenie pôdy – kontaminácia pôd ťažkými kovmi a organickými polutantmi, intoxikácia pôdy pesticídmi, znečistenie pôdy ropou; intoxikácia pôdy organickými škodlivinami; znečistenie pôdy odpadom; škodlivosť premnoženia a dlhodobého pôsobenia škodlivej bioty).

Ďalšou oblasťou spojenou s témou environmentálnych záťaží na SPU v Nitre je odpadové hospodárstvo v rôznych súvislostiach. Jedným z príkladov je predmet s názvom *Využitie odpadov v poľnohospodárstve* (FAPZ) z hľadiska agroekológie, ktorý je zameraný na problematiku znečisťujúcich látok v agroekosystémoch a ich vplyv na jednotlivé organizmy; reakcie bioindikátorov v agroekosystémoch na znečistenie spôsobené antropogénnou činnosťou.

Toxikológia potravín a Toxikológia vo výžive (FAPZ) tvoria skupinu predmetov, ktoré sa zaoberajú problematikou kontaminovaného prostredia a zdravia zvierat a človeka aj vo vzťahu k environmentálnym záťažiam. V rámci uvedených predmetov sa poskytujú informácie o vzťahu znečistenia životného prostredia a následne potravinového reťazca so zdravím človeka a zvierat. Uvádzajú sa konkrétne informácie o znečistených oblastiach na Slovensku, ktoré môžu mať vplyv na kvalitu produkovaných surovín rastlinného a živočíšneho pôvodu a vyrábaných potravín. Prezentujú sa aktuálne výsledky analýz jednotlivých oblastí Slovenska a potravín, ktoré sa nachádzajú na našom trhu v jednotlivých rokoch s poukázaním na riziko jednotlivých látok pre človeka, so zameraním sa na toxikologické vlastnosti látok, ktoré sú súčasťou environmentálneho znečistenia (toxické a rizikové prvky v prostredí a v potravinách, kadmium, agrochemikálie – pesticídy, dusičnany, dusitany, nitrózozlúčeniny, rádioaktívne látky, organické toxické látky, polychlórované bifenyly, dioxíny a furány, metódy odhadu toxikologického rizika).

Iný pohľad na témy v rámci výučby environmentálnych záťaží prinášajú krajinárske predmety ako napríklad *Biotechnika krajinnej zelene* (FZKI), kde sa prezentujú možnosti a postupy prevádzky porastov rýchlorastúcich druhov drevín a možnosti ich využitia na kontaminovaných pôdach. Téma

4

5 *Obr. č. 4 a 5 – odborné exkurzie študentov po vybraných oblastiach environmentálnych záťaží – Handlová*

6

7 *Obr. č. 6 a 7 – odborné exkurzie študentov po vybraných oblastiach environmentálnych záťaží – Ľubietová-Podlipa*

environmentálnych záťaží čiastočne súvisí aj s technológiami zakladania a údržby zelene a hodnotenia stavu stromov. V rámci predmetu Metódy hodnotenia a oceňovania drevín sa výučba zameriava aj na charakteristiku podmienok urbanizovaného prostredia; definovanie kritérií výberu drevín v urbanizovanom prostredí; určenie možností optimalizácie podmienok prostredia; kvalifikovaný výber drevín ako súčasť odbornej projektovej prípravy; postup pri kvalifikovanom výbere drevín; kvalita výsadbového materiálu v urbanizovanom prostredí.

Tabuľka **2.**
Vybrané predmety v rámci SPU v Nitre, ktoré súvisia s témou environmentálnych záťaží

Názov predmetu	Počet študentov zapojených do predmetu (2016 – 2019)
Environmentálne záťaže	**43/15** *
Agrohydrológia	**91**
Kurz hydropedológie	**120**
Integrovaný manažment povodia	**100/7** *
Antropizácia pôdy	**16/10** *
Hygiena pôdy	**46**
Ekonomika životného prostredia a prírodných zdrojov	**176**
Environmentálne právo EÚ	**77**
Životné prostredie a zdravie	predmet vyučovaný od roku 2019
Využitie odpadov v poľnohospodárstve	**21**
Toxikológia potravín a Toxikológia vo výžive	**724**
Biotechnika krajinnej zelene	**241**
Metódy hodnotenia a oceňovania drevín	**23**

* *zahraniční študenti*

SPU v Nitre má významný potenciál aj v oblasti výskumu environmentálnych záťaží. Výskumné centrum AgroBioTech SPU v Nitre (VC ABT) je celouniverzitné špecializované pracovisko, ktoré vykonáva koncentrovaný inovatívny výskum v príslušných oblastiach smerujúci k novým metódam a postupom vo výskume, najmä aplikovanom, s možnosťou transferu výsledkov do praxe. VC ABT je vybavené špičkovou výskumnou infraštruktúrou, a tým umožňuje realizáciu výskumu na vysokej úrovni, aplikovateľného v praxi, s previazanosťou na kľúčové potreby prioritných tém v agrobiológii, biotechnológii, agroekológii, biotechnike a modelovaní krajiny, ktoré je možné previazať aj s riešením problematiky environmentálnych záťaží.

ZOZNAM VYBRANÝCH ZÁVEREČNÝCH PRÁC SÚVISIACICH S TÉMOU ENVIRONMENTÁLNE ZÁŤAŽE

Bakalárske práce

1. Deáková, K. (2019) Organochlórované pesticídy v mlieku živočíchov.
2. Červenák, J. (2019) Určenie objemu povrchového odtoku v prostredí GIS.
3. Plutková, K. (2018) Mlieko a riziká jeho kontaminácie toxickými prvkami vo vzťahu k zdraviu človeka.
4. Botková, N. (2016) Identifikácia environmentálnych záťaží v Nitrianskom kraji.
5. Hamar, J. (2016) Vplyv emisií z magnezitových závodov v Lubeníku a Jelšave na vybrané chemické vlastnosti pôdy.
6. Hrmová, M. (2016) Spracovanie nebezpečných odpadov.

Diplomové práce

1. Baranec, A. (2019) Posudzovanie banskej činnosti v súlade s identifikáciou environmentálnych záťaží.
2. Petrovičová, R. (2019) Dokument starostlivosti o dreviny na modelovom území.
3. Čuboň, F. (2019) Rekultivácia skládky Semeteš.
4. Hamar, J. (2018) Vplyv imisiií na hygienu pôdy v okolí magnezitových závodov Lubeník, Jelšava.
5. Botková, N. (2018) Hodnotenie vplyvov environmentálnych záťaží na životné prostredie.
6. Tomášková, A. (2017) Analýza a zhodnotenie nakladania s odpadom vo vybranom podniku.
7. Vanya, E. (2017) Bilancia priesakových kvapalín na zrekultivovanej skládke.
8. Babčanová Barbora. (2016) Charakteristika environmentálnej záťaže – skládka lúženca v Seredi.
9. Borbély, D. (2016) Environmentálne záťaže v obci Veľký Cetín.
10. Hudecová, S. (2016) Riešenie environmentálnych záťaží v oblasti odpadového hospodárstva v okrese Banská Bystrica.
11. Kemlage, T. (2016) Návrh rekultivácie skládky.
12. Kikelová, V. (2016) Využitie diaľkového prieskumu Zeme pri krajinotvorbe.
13. Krejčí M. (2016) Environmentálne dopady a sanácia skládky nebezpečného odpadu v katastri mestskej časti Bratislava-Vrakuňa.
14. Kutný, L. (2016) Reakcie sadeníc Acer campestre L. na nedostatok vody.
15. Mičicová, R. (2016) Výskyt kadmia, olova a ortuti v surovinách a potravinách rastlinného pôvodu.
16. Michalcová, Ľ. (2016) Výskyt kadmia, olova a ortuti v surovinách a potravinách živočíšneho pôvodu.
17. Šimková, D. (2016) Histologická a morfometrická analýza obličiek potkanov po podávaní kadmia a selénu.
18. Kmečová, M. (2015) Rekultivácie skládky odpadov pre nie nebezpečný odpad Skalka, Stará Ľubovňa.

Dizertačné práce

1. Pšenková, M.: Hodnotenie výskytu a distribúcie xenobiotík v živočíšnom organizme a ich transfer v systéme pôda – krmivo – živočíšny produkt. (2018)

8

9 *Obr. č. 8 a 9 – odborné exkurzie študentov po vybraných oblastiach environmentálnych záťaží – Žiar nad Hronom*

10

11 *Obr. č. 10 a 11 – odborné prednášky na rôzne témy environmentálnych záťaží*

ZOZNAM VYBRANÝCH VEDECKÝCH VÝSTUPOV

[1] ADAMKOVIČOVÁ, M., TOMAN, R., MARTINIAKOVÁ, M., OMELKA, R., BABOŠOVÁ, R., KRAJČOVIČOVÁ, V., GROSSKOPF, B., MASSANYI, P. 2016. Sperm motility and morphology changes in rats exposed to cadmium and diazinon. In: Reprod. Biol. Endocrinol., vol. 14, 2016, s. 42 – 42, ISSN 1477-7827

[2] HALÁSZOVÁ, K., LACKÓOVÁ, L., TÓTH, T. 2016. Brownfields in the process of environmental assessment. In: Contaminated sites 2016. Banská Bystrica: Slovak environmental agency. (2016), s. 191 – 195. ISBN 978-80-89503-54-4.

[3] HILLOVÁ, D., LICHTNEROVÁ, H., MITOŠINKOVÁ, V., BRTÁŇOVÁ, M., RAČEK, M., KUKUS, M. 2016. Effects of drought treatment on three matrix planting perennials. In: Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus. 15, 5 (2016), s. 133 – 144. ISSN 1644-0692.

[4] KONDRLOVÁ, E., EBERHARD, G. M., HUMER, L., KALETOVÁ, T., ŠINKA, K., TÁRNÍK, A. PÖPPL, R. 2018. Conwater – applicatopn of the connectivity concept in water erosion research. In: Veda mladých 2018. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita. (2018), s. 137. ISBN 978-80-552-1844-1. URL: https://drive.google.com/file/d/1T-VeFEBv72BfBn9uc7B8F1bsyK-rqoFk/view.

[5] MEZEY, J., PETRIK, M., BAJČAN, D., HARANGOZO, L., MEZEYOVÁ, I. 2019. Monitoring of heavy metals, bioactive substances and nutritional composition of cranberry (Vaccinium vitis-idaea) fruits in Tatra National Park forest ecosystem high-altitude transects. In: 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. vol. 19. pp. 761 – 768. ISBN 978-619-7408-82-9

[6] PAGANOVÁ, V., DANÁKOVÁ, A., FRAŇO, T., HUŤKOVÁ, S., KOLAŘIK, J., KOLLÁR, J., KOLNÍK, M., KRIŠTOF, M., RAČEK, M., ZELEŇÁK, M. 2018. Arboristický štandard. 2. Ochrana drevín pri stavebnej činnosti. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2018. 27 s. ISBN 978-80-552-1897-7.

[7] PARZYCH, A., MOCHNACKÝ, S., SOBISZ, Z., KURHALUK, N., POLLÁKOVÁ, N. 2017. Accumulation of heavy metals in needles and bark of Pinus species. In: Folia Forestalia Polonica, series A – Forestry, 2017, Vol. 59 (1), pp. 34 – 44. DOI: 10.1515/ffp-2017-0004.

[8] PARZYCH, A., SOBISZ, Z., MOCHNACKÝ, S., KURHALUK, N., POLLÁKOVÁ, N., ŠIMANSKÝ, V. 2017. Accumulation of macroelements in needles of different trees of Pinus species. In: Slupskie Prace Biologiczne, 2017, vol. 14, pp. 77 – 90. ISSN 1734-0926.

[9] PARZYCH, A., MOCHNACKÝ, S., SOBISZ, Z., POLLÁKOVÁ, N., ŠIMANSKÝ, V. 2018. Needles and bark of Picea abies (L.) H. Karst and Picea omorika (Pančiç) Purk. as bioindicators of environmental quality. In: Folia Forestalia Polonica, series A – Forestry, 2018, Vol. 60 (4), p. 230 – 240. DOI: 10.2478/ffp-2018--0024.

[10] PŠENKOVÁ, M., TOMAN, R., TANČIN, V., TVAROŽKOVÁ, K. 2018. Content of selected metals in feed and sheep's milk from differnet parts of Slovakia. In: Slovak Journal of Animal Science. 51, 4 (2018), p. 182 – 183. ISSN 1337-998

[11] RAČEK, M., LICHTNEROVÁ, H., OKŠOVÁ, L., HILLOVÁ, D., KUBUS, M., OCHMIAN, I. 2018.

[12] The stomatal response of Ginkgo biloba L. to water stress. In: ROVNÁ, K. – KOLLÁR, J. Plants in urban areas and landscape. Nitra: Slovak University of Agriculture, 2018, s. 59 – 63. ISBN 978-80--552-1812-0 (brož.).

[12] TÁRNÍK, A. 2018. Integrated system of landscape monitoring: Nitra river catchment case study. In: SGEM 2018. Sofia: STEP92 Technology, 2018, s. 455 – 463. ISBN 978-619-7408-42-3.

[13] TOMAN, R., HLUCHÝ, S., CABAJ, M., MASSANYI, P., ROYCHOUDHURY, S., TUNEGOVÁ, M. 2016. Effect of separate and combined exposure of selenium and diazinon on rat sperm motility by computer assisted semen analysis. In: Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, vol. 38, 2016, s. 144 – 149, ISSN 0946-672X

[14] TOMAN, R., TUNEGOVÁ, M. 2017. Selenium, cadmium and diazinon insecticide in tissues of rats after peroral exposure. In: Potravinárstvo, Vol. 11, no. 1 (2017), s. 718 – 724, ISSN 1337-0960

[15] TUNEGOVÁ, M., SAMKOVÁ, E., HASOŇOVÁ, L., KLIMEŠOVÁ, M., MARKOVÁ, A., KALA, R., TOMAN, R. 2018. Occurrence of chemical contaminants in animal products during 1999–2016 in the Czech Republic. In: British Food Journal, Vol. 120, iss. 9 (2018), s. 2142 – 2154, ISSN 0007-070X

[16] TUNEGOVÁ, M., TOMAN, R., TANČIN, V. 2016. Heavy metals – environmental contaminants and their occurrence in different types of milk. Review. In: Slovak Journal of Animal Science, vol. 49, 2016, no. 3, pp. 122 – 131, ISSN 1337-9984

[17] TUNEGOVÁ, M., TOMAN, R., TANČIN, V. 2016. Monitoring of selected essential elements and contaminants at sheep and cow farms in Eastern Slovakia. In: Journal of Central European Agriculture, vol. 17, 2016, no. 4, s. 1221 – 1232, ISSN 1332-9049

[18] TUNEGOVÁ, M., TOMAN, R., TANČIN, V., JANÍČEK, M. 2018. Occurrence of selected metals in feed and sheep's milk from areas with different environmental burden. In: Potravinárstvo, Vol. 12, no. 1 (2018), s. 454 – 460, ISSN 1337-0960

[19] URMINSKÁ, J. 2016. Fractionation of manganese and its potential bioavailability for crops. In: Záhradníctvo 2016. 1. vyd. 1 CD-ROM [258 s.]. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2016. s. 217 – 224, CD-ROM.ISBN 978-80-552-1538-9

[20] URMINSKÁ, J. 2016. A significant correlations dependence of high-risk chemical element in the environment. In: Acta regionalia et environmentalica. Vol. 13, no. 2 (2016), s. 31 – 34. ISSN 1336-5452.

[21] URMINSKÁ, J. 2017. Bioprístupnosť kadmia ovplyvnená vybraným remediačným médiom. In: Agrochémia. Roč. 21, č. 2 (2017), s. 8 – 13. ISSN 1335-2415

[22] URMINSKÁ, J. 2017. Nickel a risk element for plant organisms (bioavailability). In: Záhradníctvo 2017. 1. vyd. 1 CD-ROM (330 s.). Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2017. S. 236 – 243, CD-ROM. ISBN 978-80-552-1725-3

[23] URMINSKÁ, J. 2018. Odpady a životné prostredie. Odborná knižná publikácia. ISBN 978-80-552-1893-9.

[24] URMINSKÁ, J. 2018. The garden soil, correlation of selected chemical parameters. In: Záhradníctvo 2018. 1. vyd. 1 CD-ROM (334 s.). Záhradníctvo. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2018. S. 247 – 254. ISBN 978-80-552-1900-4

[25] URMINSKÁ, J. 2019. Risk elements for crops and health from unconventional accumulative mediums of Slovakia, ISBN 978-80-552-2020

[26] URMINSKÁ, J., ONDRIŠÍK, P. 2019. Frakcionácia a riziko bioprístupnosti vybraných ťažkých kovov z pôdy pre cukrovú repu. In: Listy cukrovarnické a řepařské. Roč. 135, č. 11 (2019), s. 362 – 366. ISSN 1805-9708

[27] URMINSKÁ, J., TÓTH, T., BENDA PROKEINOVÁ, R., ONDRIŠÍK, P. 2019. The effect of the selected remediation medium on the cadmium bioavailability in the selected ecosystem in the Southwestern locality of Slovakia. In: Ekológia. ISSN 1335-342X. Vol. 38, no. 3 (2019), s. 214 – 224. ISSN 1335-342X.

VYBRANÉ RIEŠENÉ VÝSKUMNÉ A VZDELÁVACIE PROJEKTY

- **Urminská, J.: Hodnotenie rizika bioprístupnosti vybraných potenciálne toxických prvkov z kontaminovaných sedimentov v oblasti výrazne zaťaženej antropogénnou činnosťou.**

Začiatok projektu:	**01/2015**
Koniec projektu:	**12/2017**
Stav projektu:	vyradený
Identifikácia projektu:	**VEGA-1/0003/15**
Výška dotácie:	neuvedená

- **Toman, R.: Hodnotenie toxikologických aspektov produkcie mlieka vo vzťahu k životnému a chovateľskému prostrediu a rizika pre človeka.**

Začiatok projektu:	**01/2014**
Koniec projektu:	**12/2016**
Stav projektu:	ukončený

Identifikácia projektu: **VEGA-1/0292/14**

Výška dotácie: neuvedená

- **Toman, R.: Toxické a esenciálne prvky v mlieku a mliečnych výrobkoch: zdroje, koncentrácie a význam pre zdravie človeka.**

  Začiatok projektu: **07/2019**

  Koniec projektu: **06/2023**

  Stav projektu: prebieha

  Identifikácia projektu: **APVV-18-0227**

  Výška dotácie: 215 476 €

- **Paganová, V.: Vývoj a implementácia štandardov pre rozvoj a správu zelene v sídlach.**

  Začiatok projektu: **01/2017**

  Koniec projektu: **12/2019**

  Stav projektu: Ukončený

  Identifikácia projektu: **KEGA 003SPU-4/2017**

  Výška dotácie: 23 988,00 €

- **Paganová, V.: Stratégie využitia vody xerofytnými drevinami a bylinami v urbanizovanom prostredí a krajine.**

  Začiatok projektu: **01/2013**

  Koniec projektu: **12/2015**

  Stav projektu: Ukončený

  Identifikácia projektu: **VEGA 1/0246/13**

  Výška dotácie: 24 314,00 €

- **Jarábková, J.: UNIREG – Univerzity a ekonomický rozvoj.**

  Začiatok projektu: **01/2015**

  Koniec projektu: **12/2018**

  Stav projektu: Ukončený

  Identifikácia projektu: **APVV-14-0512**

  Výška dotácie: 185 372,00 €

- **Polláková, N.: Inovácia a aktualizácia obsahu výučby predmetu Antropizácia pôdy a vytvorenie interaktívnej vysokoškolskej učebnice v slovenskom a v anglickom jazyku.**

  Začiatok projektu: **01/2019**

  Koniec projektu: **12/2021**

  Stav projektu: Prebieha

  Identifikácia projektu: **KEGA 013SPU-4/2019**

  Výška dotácie: 7 640,00 €

- **Palšová, L., Horvat, M.: Optimalizácia právnej úpravy zodpovednosti za kontaminované územia v Slovenskej republike.**

  Stav projektu: predložený na schválenie

  Identifikácia projektu: **VEGA 1/0288/20**

  Výška dotácie: neznáma

Súčasťou aktivity projektu INFOAKTIVITY č. 5.3.4. – exkurzií študentov, doktorandov a pedagógov VŠ – sú aj odborné prednášky na témy súvisiace s manažmentom environmentálnych záťaží predovšetkým na Slovensku, ale i v celoeurópskom kontexte

5. VZDELÁVACIE AKTIVITY, VÝSKUM, PROJEKTY A PUBLIKÁCIE TECHNICKEJ UNIVERZITY V KOŠICIACH V OBLASTI ZNEČISTENÝCH ÚZEMÍ

MARTINA ZELEŇÁKOVÁ
MAGDALÉNA BÁLINTOVÁ
MÁRIA KOZLOVSKÁ
Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta,
Vysokoškolská 4, 042 00 Košice
martina.zelenakova@tuke.sk , magdalena.balintova@tuke.sk.
maria.kozlovska@tuke.sk

KĽÚČOVÉ SLOVÁ
environmentálne inžinierstvo | vzdelávanie | výskum | kontaminácia | životné prostredie | stavebníctvo

Príspevok prezentuje vzdelávacie aktivity, výskum, projekty a publikácie Technickej univerzity v Košiciach (TUKE) v oblasti environmentálnych záťaží (EZ) a znečistených území (ZÚ). Informuje o študijných programoch, záverečných prácach študentov, riešených projektoch v súčasnosti i blízkej minulosti, ako i ďalších aktivitách, na ktorých pracovníci univerzity participovali v predmetnej oblasti. Problematike znečistených území sa na Technickej univerzite v Košiciach venujú najmä pracoviská Stavebnej fakulty a Fakulty baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií.

ŠTUDIJNÉ PROGRAMY

Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií TUKE (BERG) ponúka štúdium prvého (bakalárskeho) stupňa štúdia v študijných programoch ***Geoprieskum*** a ***Ochrana životného prostredia a ekotechnológie***.

Študijný program *Geoprieskum* je zameraný na získanie vedomostí súvisiacich s prieskumom nerastných surovín, environmentálnych záťaží a geohazardov. Študijný program reaguje na zvýšenú potrebu ochrany životného prostredia v rámci realizácie geologicko-prieskumných prác. Hlavným cieľom je osvojenie podstatných faktov, pojmov, princípov a teórií, vzťahujúcich sa ku geologickým prieskumným technológiám, využívaným pri realizácii banského a geologického prieskumu a pri ochrane životného prostredia. Študijný program zabezpečuje získanie manažérskych i praktických schopností a zručností pri navrhovaní a použití konvenčných a moderných metód geoprieskumu a samostatného spracovania výsledkov a organizačného zabezpečenia technického riešenia bansko-geologických a geologicko-prieskumných prác. Študijný program reaguje na požiadavky praxe a vychádza z nej, kde sa očakáva od absolventov študijného programu schopnosť analyzovať a syntetizovať základné problémy geoprieskumu. Majú primerané vedomosti v oblasti podnikania, organizácie a manažmentu bansko-geologických a geologicko-prieskumných prác.

Absolventi študijného programu majú uplatnenie v priemysle, ktorý využíva potenciál nerastných surovín, v oblasti environmentálnej geológie, geologicko-prieskumných prác a v stavebníctve. Študijný program priamo reaguje na prax, kde sa vyžaduje od absolventa bakalárskeho štúdia znalosť, využitie a aplikácia metód geoprieskumu v priemyselných činnostiach.

Štúdium **študijného programu *Ochrana životného prostredia a ekotechnológie*** je zamerané na problematiku ochrany životného prostredia v kontexte úpravy a spracovania primárnych a sekundárnych surovín. Získané vedomosti z prírodovedných a technických disciplín umožnia profilovať študentov v oblasti kvantifikácie, analýzy a hľadania riešení možných negatívnych environmentálnych problémov pri technologickom spracovaní surovín. Poznanie environmentálnych aspektov a vplyvov je možné aplikovať pri riadení environmentálnych procesov zohľadnením všetkých zložiek životného prostredia. Súčasťou odbornej profilácie absolventov je schopnosť riešiť environmentálne dopady ťažby a úpravy surovín, monitorovanie životného prostredia. Značná pozornosť sa venuje legislatívnej oblasti, nakoľko pri projektovaní a vypracovaní zámerov na ťažbu, úpravu a spracovanie surovín sú tieto znalosti nevyhnutne potrebné. S uvedeným súvisí aj otázka ochrany životného prostredia a udržateľného rozvoja. Absolvent získa znalosti z postupov pri skúšaní, certifikácii a používaní systémov kvality v oblasti úpravy a spracovania surovín. Súčasne môže uplatniť svoje vedomosti v oblasti environmentálnych technológií (recyklácia a spracovanie priemyselných a komunálnych odpadov), ktoré využívajú úpravnícke technológie alebo ich časti.

Absolventi študijného programu Ochrana životného prostredia a ekotechnológie surovín nachádzajú uplatnenie v organizáciách, ktoré sa zaoberajú monitorovaním a vyhodnocovaním stavu životného prostredia, odpadovým hospodárstvom a posudzovaním vplyvov na životné prostredie. Možné uplatnenie je v štátnej aj súkromnej sfére – v štátnej správe, miestnej samospráve týkajúcej sa životného prostredia, v priemyselných podnikoch, ktorých činnosť súvisí so spracovaním surovín, a v rôznych environmentálnych organizáciách. Absolventi taktiež nachádzajú uplatnenie v oblastiach spojených s recykláciou zložiek priemyselných a komunálnych odpadov a so separáciou jemnodisperzných častíc zachytených ekotechnológiami na ochranu ovzdušia a ochranu vôd.

Stavebná fakulta TUKE (SvF)
ponúka v danej oblasti štúdium prvého (bakalárskeho) i druhého (inžinierskeho) stupňa denného štúdia v študijnom programe ***Stavby s environmentálnym určením***
a v špecifických problémoch aj v študijných programoch ***Technológia a manažment v stavebníctve*** v dennej aj v externej forme na prvom aj druhom stupni.

Absolvent prvého stupňa štúdia v medziodborovom študijnom programe ***Stavby s environmentálnym určením*** získa základné poznatky z environmentálneho inžinierstva a stavebníctva v oblasti analýzy stavu znečistenia životného prostredia, monitorovania znečisťujúcich látok a základných procesov ich odlučovania, tvorby, ochrany a obnovy krajiny, z prípravy, navrhovania a realizácie rôznych druhov stavieb, z riadenia výroby stavebných procesov a právnych predpisov platných v ochrane životného prostredia vo vzťahu k stavebníctvu. Absolvent je schopný použiť získané znalosti, praktické postupy a nástroje pri riešení jednoduchých inžinierskych projektov z oblasti tvorby a ochrany životného prostredia, navrhovať jednoduché stavby a fragmenty zložitých stavieb, dokáže posudzovať vplyvy činností a stavieb na životné prostredie. Absolvent bakalárskeho medziodborového študijného programu *Stavby s environmentálnym určením* nájde uplatnenie v organizáciách správy, prevádzky a riadenia stavieb s environmentálnym určením, v orgánoch štátnej správy, miestnej samosprávy, na úradoch životného prostredia a na stavebných odboroch štátnej správy a samosprávy, v environmentálnom manažmente výrobných organizácií a v organizáciách ochrany prírody a krajiny. Môže participovať na projekčnej činnosti pri príprave, realizácii, rekonštrukcii a užívaní všetkých druhov jednoduchých stavieb, ako aj pri výrobe stavebných materiálov a výrobkov na nižších úrovniach, ako aj podnikať na základe živnostenského oprávnenia. Absolventi sú pripravení na plynulý prechod do druhého stupňa štúdia.

Absolvent druhého stupňa v medziodborovom študijnom programe ***Stavby s environmentálnym určením*** získa komplexné znalosti o remediačných a recyklačných technológiách pre potreby odstraňovania znečisťujúcich látok zo zložiek ŽP a nakladania s odpadmi, z oblasti teórie technológie stavieb a stavebných materiálov. Osvojí si moderné metódy experimentálneho výskumu, environmentálneho monitorovania kvality zložiek ŽP, posudzovania udržateľnosti budov, počítačového spracovania informačných údajov a ich hodnotenia. Znalosti z prírodovedných a technických disciplín dokáže aplikovať pri riešení konkrétnych environmentálnych problémov v inžinierskej praxi so zreteľom na riziká a na minimalizáciu ich dopadov. Dokáže analyzovať, navrhovať a prevádzkovať stavby s environmentálnym určením, ako aj pripravovať a riadiť výstavbu rôznych druhov stavieb. Je schopný implementovať nové technické riešenia do prevádzkovaných technológií, zavádzať nové legislatívne predpisy a normy do celého cyklu tvorby a ochrany ŽP. Dokáže vykonávať výskum s vysokou mierou tvorivosti a samostatnosti. Absolvent nájde uplatnenie ako inžinier pri navrhovaní a prevádzkovaní stavieb s environmentálnym určením a pri riešení problémov životného prostredia inžinierskych, dopravných a vodných stavieb, v orgánoch štátnej správy a v oblasti environmentálneho auditu. Môže pracovať v projekčných organizáciách, tiež ako posudzovateľ vplyvu stavieb na životné prostredie. Úspešne sa môže uplatniť aj vo výskumných ústavoch a vo vzdelávacích inštitúciách. Je tiež spôsobilý vykonávať všetky funkcie a činnosti pri príprave, realizácii, rekonštrukciách, sanáciách a užívaní všetkých druhov stavieb a súborov stavieb vrátane výkonu povolania stavbyvedúceho a stavebného dozoru, ako aj vo výrobe stavebných materiálov a výrobkov.

Absolventi prvého stupňa študijného programu ***Technológia a manažment v stavebníctve*** majú praktické a metodologické vedomosti v oblasti konštrukčného, materiálového, technického a technologického riešenia pozemných, dopravných a vodných stavieb, v kontexte procesov ich prípravy, realizácie a užívania vrátane právnych a legislatívnych súvislostí, ktoré určujú podmienky ich návrhu, zhotovenia a užívania, ako aj ekonomických a environmentálnych súvislostí. Absolvent vníma postavenie všetkých účastníkov výstavbového procesu v rámci právneho, legislatívneho a ekonomického prostredia a chápe morálne a spoločenské súvislosti. Je kompetentný ako člen tímu navrhovať materiálové, konštrukčné, technické a technologické riešenia stavebných konštrukcií a stavieb, plánovať a zabezpečovať realizáciu jednotlivých procesov výroby stavebných materiálov a samotnej výstavby. Je schopný efektívne pracovať ako člen tímu a riadiť kolektív na primeranom stupni riadenia v rámci štátnej, verejnej aj podnikateľskej sféry. Absolventi študijného programu sú spôsobilí vykonávať všetky funkcie a činnosti pri príprave, realizácii a rekonštrukciách všetkých druhov stavieb a pri spracovaní a príprave stavebných materiálov a výrobkov na nižších úrovniach riadenia.

Absolventi inžinierskeho programu ***Technológia a manažment v stavebníctve*** dokážu plánovať a koordinovať výstavbu zložitých stavieb. Dôraz sa kladie na to, aby absolvent získal hlboké znalosti v oblasti teórie technológie stavieb, vedel riadiť tím pracovníkov v oblasti prípravy a realizácie stavieb, bol spôsobilý samostatne viesť aj veľké projekty a prevziať zodpovednosť za komplexné riešenia. Absolvent má komplexné odborné a metodologické vedomosti v rámci životného cyklu všetkých druhov stavieb (pozemné, inžinierske, dopravné a vodné), vie posúdiť relevantné postupy a metódy plánovania, realizácie, užívania, údržby a obnovy stavebných konštrukcií a stavieb vrátane hodnotenia kvality, bezpečnosti, efektívnosti a udržateľnosti komplexných konštrukčných, technických a technologických riešení v odvetví stavebníctva. Absolvent dokáže formulovať odporúčania pre rozvoj danej oblasti, optimalizovať alternatívne riešenia vo vzťahu k technologickým, environmentálnym a ekonomickým parametrom udržateľnosti stavieb a činnostiam spojeným s riadením stavebných projektov. Absolvent je kompetentný v rámci štátnej, verejnej aj podnikateľskej sféry samostatne a iniciatívne riešiť špecializované úlohy súvisiace s navrhovaním, prípravou, realizáciou, užívaním a obnovou pozemných, inžinierskych, dopravných a vodných stavieb, s výrobou a spracovaním stavebných materiálov a výrobkov. V súlade s princípmi udržateľnosti dokáže zodpovedne riešiť a prezentovať ekonomické, environmentálne a energetické súvislosti stavebných projektov a s nimi súvisiacich činností.

ZÁVEREČNÉ PRÁCE

V tabuľke 1 je uvedený výber záverečných prác – bakalárska práca (BP), diplomová práca (DP), doktorandská práca (PhD) v uvedených študijných programoch na SvF TUKE súvisiacich s problematikou environmentálnych záťaží a znečistených území.

Tabuľka **1.**
Výber záverečných prác na SvF TUKE v rokoch 2014 až 2019

ŠTUDENT	ŠKOLITEĽ	STUPEŇ/ ROKY	NÁZOV PRÁCE
Ing. Štefan Demčák	prof. RNDr. Magdaléna Bálintová, PhD.	PhD 2014 – 2018	Štúdium využitia remediačných postupov pre odstraňovanie starých environmentálnych záťaží
Ing. Petra Pavliková	prof. RNDr. Magdaléna Bálintová, PhD.	PhD 2014 – 2018	Odstraňovanie síranov z vodného prostredia
Bc. Eva Šelingová	doc. Ing. Natália Junáková, PhD.	DP 2018/2019	Štúdium vybraných parametrov sedimentov vodných tokov a nádrží v antropogénne využívanom území
Tatiana Eliášová	RNDr. Eva Terpáková, PhD.	BP 2017/2018	Biokorózia stavebných konštrukcií a technologické možnosti jej eliminácie
Bc. Erika Molčanová	Ing. Marcela Spišáková, PhD.	DP 2017/2018	Metódy kvantifikácie stavebných odpadov
Daniel Kaduk	Ing. Štefan Demčák, PhD.	BP 2016/2017	Využitie netradičných sorbentov pri odstraňovaní kontaminantov z vôd
Jana Agnetinová	Ing. Marcela Spišáková, PhD.	DP 2016/2017	Obnova historických budov po požiari
Anton Palatáš	Ing. Alena Ťažiková, PhD.	DP 2016/2017	Kalkulácie environmentálnych nákladov
Peter Tatraj	doc. Ing. Peter Mesároš, PhD.	DP 2016/2017	Investičné príležitosti pre revitalizáciu brownfieldov na Slovensku
Viliam Regec	Ing. Marcela Spišáková, PhD.	DP 2016/2017	Špecifiká nakladania s odpadmi pri búracích prácach
Gabriela Letková	Ing. Daniela Mačková, PhD.	BC 2015/2016	Nakladanie s odpadmi obsahujúcimi azbest
Erika Molčanová	Ing. Marcela Spišáková, PhD.	DP 2015/2016	Evidencia stavebných a demolačných odpadov
Tomáš Brešković	Ing. Marcela Spišáková, PhD.	DP 2015/2016	Materiály eliminujúce environmentálne zaťaženie stavieb
Bc. Dušan Makas	prof. Ing. Mária Kozlovská, PhD.	DP 2015/2016	Revitalizácia brownfieldov
Bc. Adrián Olejník	doc. Ing. Martina Zeleňáková, PhD.	DP 2015/2016	Posudzovanie vplyvu vybranej stavby na životné prostredie
Bc. Daniela Buganová (rod. Čopková)	Ing. Marcela Spišáková, PhD.	DP 2015/2016	Revitalizácia verejných priestranstiev
Bc. Jaroslava Hvizdošová (rod. Baďurová)	Ing. Miroslav Košičan, PhD.	DP 015/2016	Obnova bytových domov

Bc. Barbora Koňak Abrányiová	Ing. Daniela Mačková, PhD.	**DP 015/2016**	Environmentálne hodnotenie stavieb zhotovených modernými metódami výstavby
Bc. Martina Začková (rod. Vodáková)	RNDr. Eva Terpáková, PhD.	**DP 2015/2016**	Príčiny, diagnostika a odstránenie vlhnutia rodinných domov
Bc. Barbora Pagáčová	prof. RNDr. Magdaléna Bálintová, PhD.	**DP 2015/2016**	Využitie prírodných sorbentov pre čistenie odpadových vôd

Stručná charakteristika ukončených doktorandských prác v predmetnej oblasti na SvF TUKE

Ing. Štefan Demčák, PhD. v roku 2018 úspešne obhájil doktorandskú prácu v odbore Environmentálne inžinierstvo na tému:

Štúdium využitia remediačných postupov pre odstraňovanie starých environmentálnych záťaží.

Priemysel a poľnohospodárstvo sú hlavnými producentmi znečistenia životného prostredia. Problémy vyplývajúce z poklesu kvality životného prostredia viedli k zvýšenému úsiliu o elimináciu negatívnych dôsledkov a o zlepšenie nápravy škôd spôsobených v minulosti. Environmentálne záťaže sú v dnešnej spoločnosti stále aktuálnym problémom. Ťažba rúd a ich spracovanie, staré skládky, odkaliská, opustené priemyselné areály spôsobili vážne zhoršenie životného prostredia, ktoré pretrváva aj v súčasnosti. Teoretická časť tejto práce sa zaoberá rozborom legislatívy v Európskej únii a na Slovensku zameranej na problematiku environmentálnych záťaží. Ďalej sa venuje starým environmentálnym záťažiam, ich charakterizácii, rozdeleniu a remediačným postupom, ktoré sa využívajú na zníženie alebo elimináciu ich negatívnych vplyvov na životné prostredie. V registri environmentálnych záťaží na Slovensku momentálne evidujeme celkovo vo všetkých registroch viac ako 1 800 environmentálnych záťaží, z ktorých na riešenie problematiky v dizertačnej práci bolo vybrané opustené banské dielo, baňa Smolník, z ktorej vytekajú kyslé banské vody kontaminujúce životné prostredie. Experimentálna časť je zameraná na odstraňovanie ťažkých kovov a síranov z vodného prostredia. V práci sa študuje účinnosť sorpcie využitím biosorbentov na báze odpadov (drevných pilín), ako aj možnosti ich modifikácie a regenerácie za účelom zvýšenia ich sorpčej kapacity. Vzhľadom na to, že medzi najúčinnejšie postupy pri odstraňovaní síranov z vôd patrí zrážanie pomocou bárnatých solí, experimenty sú zamerané na termickú regeneráciu síranu bárnatého pomocou aktívneho uhlia pri teplote okolo 1200 °C na sulfid bárnatý, ktorý sa použil v experimentoch na zrážanie síranov z modelových roztokov a kyslých banských vôd. Záver práce sa venuje zosumarizovaniu získaných poznatkov a návrhu schémy, ktorá môže slúžiť na návrh technológie remediácie kyslých banských vôd.

Ing. Petra Pavliková, PhD. v roku 2018 úspešne obhájila doktorandskú prácu v odbore Environmentálne inžinierstvo na tému:

Odstraňovanie síranov z vodného prostredia.

Antropogénne zásahy do prírody sa čoraz vo väčšom množstve odrážajú na kvalite vôd vo svete a znečistenie sa stáva čoraz vážnejším. Povrchové vody akumulujú a transportujú znečisťujúce látky pochádzajúce najmä z antropogénnej činnosti. Jedným zo sledovaných ukazovateľov pri vypúšťaní odpadových vôd do recipientov sú sírany. Prerozdeľovanie a priestorová distribúcia kontaminantov je ovplyvňovaná hydrodynamikou prostredia, biochemickými procesmi a fyzikálno-chemickými podmienkami prostredia, ako sú napr. redox potenciál, pH, salinita, teplota a pod. Metódy odstraňovania síranov z priemyselných odpadových vôd sa v súčasnosti vyvíjajú podstatne rýchlejšie ako počas minulých desaťročí. Práca vo svojej teoretickej časti ponúka prehľad metód vhodných na odstraňovanie síranov z vodného prostredia. V experimentálnej časti sa venuje štúdiu účinnosti iónovej výmeny za statických a dynamických podmienok, ako aj možnosti regenerácie $BaSO_4$ pomocou vybraných iónomeničov. Taktiež skúma využitie zrážacích a sorpčných metód na odstraňovanie síranov z vodného prostredia a podmienok regenerácie $BaSO_4$ využitím síran redukujúcich baktérií. V závere experimentálnej časti bola testovaná kombinovaná metóda využitia iónovej výmeny a biosorbentov na odstraňovanie síranov a vybraných ťažkých kovov z kyslých banských vôd.

Záverečné práce študentov sa riešili v nadväznosti na výskumné projekty fakulty.

VÝSKUMNÉ PROJEKTY

Na Stavebnej fakulte TUKE sa v súvislosti s environmentálnymi záťažami životného prostredia riešil projekt VEGA; zodpovednou riešiteľkou bola prof. RNDr. Magdaléna Bálintová, PhD. Uvedené sú aj publikácie vydané v rámci riešenia tohto projektu.

PROJEKT **VEGA 1/0563/15**

Využitie progresívnych metód pre odstraňovanie anorganických polutantov z vôd bol zameraný na štúdium vplyvu vybraných fyzikálno-chemických faktorov na účinnosť znižovania koncentrácie katiónov kovov (Fe, Cu, Mn, Al, Zn) a síranov z vôd využitím sorpcie a iónovej výmeny.

Výskum bol zameraný aj na odstraňovanie síranov z modelových roztokov a kyslej banskej vody zrážaním bárnatými soľami a na štúdium redukcie síranu bárnatého biologickými a termickými metódami na sulfid bárnatý, ktorý je možné použiť na opätovné zrážanie síranov. Súčasne bola testovaná metóda remediácie kyslej banskej vody pomocou zrážania železa oxidáciou spolu s čiastočným odstránením síranov, odstraňovanie vybraných ťažkých kovov kombináciou metód zrážania, sorpcie alebo iónovej výmeny a nakoniec vyzrážanie zvyšku síranov. Projekt sa orientoval aj na posúdenie možnosti abiotického využitia dnových sedimentov ako čiastočnej náhrady plniva a spojiva pri výrobe betónu.

Projekt sa riešil v súlade so stanovenými čiastkovými cieľmi. V rámci prvého cieľa projektu, zameraného na monitorovanie kvality dnových sedimentov a povrchovej vody vo vodných tokoch ako východiskových ukazovateľov pri štúdiu remediačných postupov, bol uskutočnený monitoring aktuálneho stavu kvalitatívnych ukazovateľov povrchovej vody a sedimentov v povodí potoka Smolník [1, 2, 3], sedimentov vodnej nádrže Ružín [4, 5, 6, 7] a kvalitatívne zhodnotenie koncentrácií ťažkých kovov v sedimentoch vodných tokov východného Slovenska (Torysa, Topľa, Poprad, Laborec, Hornád a Ondava) [8, 9, 10]. Študovali sa fyzikálno-chemické ukazovatele odobratých sedimentov pomocou RTG difrakčnej spektrometrie, infračervenej spektrometrie, RTG fluorescenčnej spektrometrie a pod. [11, 12]. Na hodnotenie environmentálnych rizík, vyplývajúcich z prítomnosti ťažkých kovov, vyskytujúcich sa v kyslej banskej vode (AMD) vytekajúcej zo šachty Pech do potoka Smolník, boli využité metódy matematicko-štatistickej analýzy [13, 14]. Korelácia medzi koncentráciou ťažkých kovov vo vode a v sedimentoch bola hodnotená pomocou komplexnej faktorovej analýzy a clusterovej analýzy [14, 16]. Súčasne bola navrhnutá metodika rizikovej analýzy výskytu zlúčenín kovov v povrchovej vode a dnových sedimentoch vo vybranom povodí, kde na stanovenie vplyvu bodového zdroja na znečistenie povrchovej vody a sedimentu s elimináciou vplyvu pozadia bola vybraná kombinácia troch metód – faktora obohatenia (Enrichment Factor – EF), indexu zaťaženia znečistením (Pollution Load Index – PLI) a geo-akumulačného indexu (Geoaccumulation index – Igeo) [17]. Počas riešenia projektu boli sledované zmeny pH vo vode a v sedimentoch v závislosti od prietoku vody v potoku Smolník pomocou regresnej analýzy [15]. Metodika analýzy výskytu zlúčenín kovov v povrchovej vode a dnových sedimentov bola doplnená o ďalšie matematicko-štatistické analýzy – index potenciálneho ekologického rizika, nerremo index, singel-factor analýza [17]. Porovnanie celkového obsahu kovov sa sledovalo prostredníctvom indexu kovového zaťaženia (MPI – Metal pollution index) na piatich vzorkovacích staniciach. Úroveň rozdelenia kovov medzi povrchovú vodu a sedimenty bola vypočítaná pomocou rozdeľovacích koeficientov a Pearsonovej korelácie na preukázanie vzájomnej interakcie kovových iónov v každom médiu [14, 16].

V rámci druhého cieľa sa študoval vplyv vybraných fyzikálnych (zrnitosť, veľkosť špecifického povrchu) a chemických faktorov (pH, koncentrácia, alkalická modifikácia a pod.) na účinnosť znižovania koncentrácie anorganických polutantov z modelových roztokov a kyslej banskej vody pomocou sorpcie (testované sorbenty napr. zeolit a drevné piliny) [18, 19, 20, 21, 22] a iónovej výmeny (iónomeniče purolite MB 400, Amberlite MB 20) [23]. Experimenty boli zamerané aj na štúdium kinetiky a mechanizmu sorpcie a iónovej výmeny aplikáciou matematicko-štatistických metód [24, 25]. Tiež bolo študované odstraňovanie síranov z modelových roztokov [26, 27] a kyslej banskej vody pomocou zrážania bárnatými soľami a redukcia síranu bárnatého na sulfid bárnatý biologickými [28] a termickými metódami. Bol navrhnutý a v laboratórnych podmienkach otestovaný originálny postup termickej regenerácie $BaSO_4$ na BaS s využitím aktívneho uhlia ako redukčného činidla. Laboratórne pripravený BaS odstránil vyše 99,0 % síranov z modelových roztokov a upravenej vzorky AMD [29, 30].

Získané poznatky boli v rámci tretieho cieľa aplikované na zníženie obsahu vybraných ťažkých kovov (Fe, Cu, Mn, Zn, Al) a síranov z kyslých banských vôd, ktoré kontaminujú povrchové vody a sedimenty. Na ich odstránenie z kvapalnej fázy bola využitá sorpcia pomocou biosorbentov (rašelina, konopné pazderie) alebo sorbentov na báze odpadov. Súčasne sa testovala kombinovaná metóda remediácie kyslej banskej vody pomocou zrážania železa oxidáciou, odstraňovania síranov a vybraných ťažkých kovov iónovou výmenou (iónomeniče purolite MB 400, Amberlite MB 20) a následne sorpciou použitím rašeliny a konopného pazderia [31, 32, 33, 34].

Štvrtý cieľ bol orientovaný na posúdenie možnosti abiotického využitia dnových sedimentov ako druhotnej suroviny v stavebníctve. S dôrazom na udržateľný manažment sedimentov boli experimentálne práce zamerané na využitie sedimentov vyťažených z vodnej nádrže Kľušov a Ružín ako čiastočnej náhrady plniva (20 %) a spojiva (20 a 40 %) pri výrobe betónu.

Sedimenty boli podrobené analýzam základných fyzikálno-chemických parametrov (zrnitostné, mineralogické a chemické zloženie), z výsledkov ktorých vyplynulo nasledovné použitie sedimentov. Jemnozrnné sedimenty odobraté z vodnej nádrže Kľušov v oblasti hrádze boli bez akýchkoľvek úprav použité ako 20 a 40 % náhrada cementu pri výrobe betónu [35]. Sedimenty z vodnej nádrže Ružín boli modifikované pomocou mechanickej (mletie za sucha z dôvodu hrubozrnnej textúry sedimentov, mletie s popolčekom z dôvodu nízkeho obsahu CaO v sedimente), mechano-chemickej (prídavok NaOH do zmesi sedimentu, resp. sedimentu a popolčeka ako chemického aktivátora puzolánových vlastností) [36] a termickej aktivácie (pri t = 700°C za účelom odstránenia organickej hmoty zo sedimentu, eventuálne s cieľom modifikácie kremeňa). Kompozity na báze sedimentu ako spojiva a plniva boli podrobené testovaniu vybraných parametrov – pevnosť v tlaku, v ťahu pri ohybe [37, 38, 39], nasiakavosť a mrazuvzdornosť [40].

Výsledky testovania pevnostných parametrov kompozitov na báze parciálnej náhrady spojiva a plniva aktivovanými druhotnými surovinami ukázali, že aj keď použitie neupraveného jemnozrnného sedimentu ako čiastočnej náhrady spojiva v betóne spôsobuje zníženie pevností v tlaku takto pripravených zmesí, z environmentálneho, ekonomického a vodohospodárskeho hľadiska je vhodné využitie vyšších hmotnostných náhrad cementu sedimentom z vodných nádrží pri výrobe betónu. Výsledky tiež ukázali, že použitie hrubozrnného sedimentu ako 20 % náhrady kameniva frakcie 0 – 4 mm v betóne je z hľadiska vývoja pevnostných a ďalších sledovaných charakteristík pripravených betónových kompozitov vyhovujúce. Dnové sedimenty vodných nádrží možno po ich vyťažení použiť nielen na biotické účely [41, 42, 43, 44], ale aj ako parciálnu náhradu spojiva v betóne [35, 36], avšak ich širšie zužitkovanie si vyžaduje ďalšiu optimalizáciu zloženia testovaných zmesí.

ZOZNAM PUBLIKOVANÝCH PRÁC

[1] SINGOVSKÁ E., BÁLINTOVÁ M., DEMČÁK Š. (2016): Sediment influenced by acid mine drainage in the Smolnik Creek – qualitative and quantitative characterization – Chemical Engineering Transaction. Vol. 52, 937 – 942

[2] SINGOVSKÁ E., BÁLINTOVÁ M. (2017): FTIR spectra analysis of sediment influenced by acid mine drainage – Environmental Engineering. – Vilnius : Vilnius Gediminas Technical University, 1 – 5

[3] BÁLINTOVÁ M., SINGOVSKÁ E., HOLUB M., DEMČÁK Š.: Influence of Acid Mine Drainage on Surface Water Quality – Water Resources in Slovakia : Part 1 : Assessment and Development. – Berlin (Nemecko) : Springer Nature Switzerland, 239 – 258

[4] HOLUB M., BÁLINTOVÁ M., SINGOVSKÁ E. (2015): Quality of the bottom sediments in the area affected by mining activities – Pollack Periodica. Vol. 10, no. 3, 109 – 116

[5] SINGOVSKÁ E., BÁLINTOVÁ M. (2016): Assessment of ecological risk of sediment in rivers of eastern Slovakia – Chemical Engineering Transactions. Vol. 53, 121 – 126

[6] SINGOVSKÁ E., BÁLINTOVÁ M., HOLUB M., DEMČÁK Š. (2015): Assessment of sediment quality in water reservoir Ruzin and its tributaries (Slovakia) – SGEM – Albena : STEF92 Technology. 89 – 95

[7] SINGOVSKÁ E., BÁLINTOVÁ M., HOLUB M. (2015): Kvalita sedimentov vodnej nádrže Ružín a jej prítokov – Životné prostredie – problémy a možnosti riešenia: ovzdušie – voda – pôda. – Košice : Elsewa, 61 – 65

[8] SINGOVSKÁ E., PAVLÍKOVÁ P., BÁLINTOVÁ M. (2017): Monitoring heavy metals in bottom sediments on east of Slovakia and their comparison with current legislation. – Sofia : STEF92 Technology Ltd., 681 – 687

[9] SINGOVSKÁ E., BÁLINTOVÁ M. (2018): Comparison of pollution load index in bottom sediments of six rivers on east of Slovakia /– SGEM 2018 conference proceedings. 5.2. Ecology, economics, education and legislation : Ecology and environmental protection. – Sofia (Bulharsko) : STEF92 Technology, 235 – 242

[10] SINGOVSKÁ E., BÁLINTOVÁ M.: Assessment of heavy metal pollution of water resources in Eastern Slovakia – Water Resources in Slovakia: Part 1: Assessment and Development. – Berlin (Nemecko) : Springer Nature Switzerland, 213 – 238

[11] SINGOVSKÁ E., PAVLÍKOVÁ P., BÁLINTOVÁ M. (2016): Analysis of FTIR spectra of sediments from the catchments of East Slovakia /– SGEM – Sofia : STEF92Technology Ltd. 31 – 36

[12] SINGOVSKÁ E., JUNÁKOVÁ N., JUNÁKOVÁ N., BÁLINTOVÁ M. (2016): The effect of sediment grain size on heavy metal content in different depth in water reservoir Ruzin, Slovakia – Solid State Phenomena : Powdered Substances and Particulate Matter in Industry and Environmental. – Pfaffikon : Trans Tech Publications Ltd, 240 – 245

[13] SINGOVSKÁ E., BÁLINTOVÁ M., HOLUB M. (2016): Heavy metal contamination and its indexing approach for sediment in Smolnik creek (Slovakia) – Clean Technologies and Environmental Policy. Vol. 18, no. 1, 305 – 313

[14] SINGOVSKÁ E., BÁLINTOVÁ M., DEMČÁK Š., PAVLIKOVÁ P. (2017): Metal Pollution Indices of Bottom Sediment and Surface Water Affected by Acid Mine Drainage – Metals. Vol. 7, no. 8 , 1 – 11

[15] BÁLINTOVÁ M., SINGOVSKÁ E., VODIČKA R., PURCZ P. (2016): Statistical Evaluation of Dependence Between pH, Metal Contaminants, and Flow Rate in the AMD-Affected Smolnik Creek – Mine Water and the Environment. Vol. 35, no. 1, 10 – 17

[16] SINGOVSKÁ E., BÁLINTOVÁ M.(2016): Cluster analysis of sediment quality in the Eastern Slovakia – Interdisciplinary in Theory and Practice. No. 11, 179 – 183

[17] SINGOVSKÁ E., BÁLINTOVÁ M. (2015): Statistical assessment of water and sediment quality. vyd. Scholar's Press, 66s.

[18] BÁLINTOVÁ M., DEMČÁK Š., SINGOVSKÁ E., PAGÁČOVÁ B. (2016): Study of inorganic pollution sorption from acidic solutions by natural sorbents – Chemical Engineering Transactions. Vol. 53, 55 – 60

[19] DEMČÁK Š., BÁLINTOVÁ M., HURÁKOVÁ M., FRONTASYEVA M. V., ZINICOVSCAIA I., ZUSHIN N. (2017): Utilization of poplar wood sawdust for heavy metals removal from model solutions – Nova Biotechnologica et Chimica. Roč. 16, č. 1 , 26 – 31

[20] BÁLINTOVÁ M., DEMČÁK Š., PAGÁČOVÁ B. (2016) A study of sorption heavy metals by natural organic sorbents – International Journal of Energy and Environment. Vol. 10, 189 – 194

[21] HOLUB M., BÁLINTOVÁ M., DEMČÁK Š., HURÁKOVÁ M. (2016): Characterization of natural zeolite and determination its adsorption properties – Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture. Vol. 33, no. 63, 113 – 122

[22] JUNÁKOVÁ N., JUNÁK J. (2018): The effect of sediment treatment on strength and water absorption capacity of sediment based concrete – Construmat. IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. – London (Veľká Británia) : IOP Publishing, 1 – 5

[23] HOLUB M., PAVLIKOVÁ P., BÁLINTOVÁ M. SMOLÁKOVÁ M. (2017): Application of ion-exchange resins for removing sulphate ions from acidic solutions – Chemical Technology. Vol. 68, no. 1, 18 – 22

[24] DEMČÁK Š., BÁLINTOVÁ M., HOLUB M. (2016): Study of sorption properties of natural organic materials for removal inorganic polutants from model solutions – Interdisciplinarity in Theory and Practice. No. 11 , 33 – 38

[25] HOLUB M., BÁLINTOVÁ M., PAVLÍKOVÁ P. (2018): Proposal and testing of multi-step process for acid mine drainage treatment – Inżynieria Mineralna. Vol. 42, no. 2 , 201 – 206

[26] DEMČÁK Š., BÁLINTOVÁ M., PAVLÍKOVÁ P. (2016): Study od sorption properties of various wood sawdust for sulphate remomal. – Brno : Univeristy of Technology. 206 – 211

[27] PAVLÍKOVÁ P., BÁLINTOVÁ M., DEMČÁK Š. (2017): Study of ion-exchange process for sulphate removal under dynamic conditions. – Sofia : STEF92 Technology Ltd., 913 – 919

[28] DEMČÁK Š. Sulphate removal by precipitation and sulphate reducing bacteria frommine water – Juniorstav – Brno : VUT. 1 – 7

[29] BÁLINTOVÁ M., DEMČÁK Š., EŠTOKOVÁ A., HOLUB M., PAVLÍKOVÁ P. (2017): Study of thermal reduction of Barium Sulphate for Barium Sulphide preparation – Vilniuis : VGTU Press, 1 – 7

[30] BÁLINTOVÁ M., DEMČÁK Š., HOLUB M. (2015): Sulphate removal from mine water – Precipitation and bacterial sulphate reduction – Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies. – Leiden : CRC Press/Balkema, 239 – 244

[31] PAVLÍKOVÁ P., HOLUB M., BÁLINTOVÁ M. (2016): Aplication of Ion-exchange process for sulphates removal from acid mine drainage – SGEM – Sofia : STEF92 Technology Ltd. 53 – 58

[32] HOLUB M., BÁLINTOVÁ M., KOVÁČOVÁ Z.: Evaluation of Zeolite Adsorption Properties for Cu(II) Removal from Acidic Aqueous Solutions in Fixed-Bed Column System – Environment, Green Technology and Engineering International Conference : proceedings volume 2. – Basel (Švajčiarsko) : MDPI, 1 – 4

[33] DEMČÁK Š. (2016) A review of natural sorbents for wastewater remediation – Young Scientist – Košice : TU, 1 – 7

[34] HOLUB M., PAVLÍKOVÁ P., BÁLINTOVÁ M., SINGOVSKÁ E. (2016): Combination of various methods for acid mine drainage treatment – Biotechnology and Metals. – Košice : Pavol Jozef Šafárik University, 36 – 41

[35] JUNÁKOVÁ N., JUNÁK J., BÁLINTOVÁ M. (2015): Reservoir sediment as a secondary raw material in concrete production – Clean Technologies and Environmental Policy. Vol. 17, no. 5, 1161 – 1169

[36] JUNÁKOVÁ N., JUNÁK J. (2017): Sustainable use of reservoir sediment through partial application in building material – Sustainability. Vol. 9, no. 5 , 1 – 13

[37] JUNÁKOVÁ N., JUNÁK J. (2017): Recycling of reservoir sediment material as a binder in concrete – Procedia Engineering volume 180 : A Sustainable Built Environment Conference. – Amsterdam: Elsevier, 1292 – 1297.

[38] JUNÁKOVÁ N., BÁLINTOVÁ M., JUNÁK J. (2017): A mathematical model of reservoir sediment quality prediction based on land-use and erosion processes in watershed – IOP Conference Series: Earth and Environmental Science volume 92. – Bristol: IOP Publishing, 1 – 5

[39] BÁLINTOVÁ, M., HOLUB, M. (2015) Feasibility of Integrated Insulation in Rammed Earth – IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. Vol. 96 (2015), p. 1 – 7.

[40] JUNÁK J., JUNÁKOVÁ N. (2016): Minimization of reservoir dredged material using its addition in concrete – Protection and Restoration of the Environment. – Thessaloniki : Aristotele University, 400 – 405

[41] JUNÁKOVÁ N., BÁLINTOVÁ M., SMOLÁKOVÁ M. (2017): Influence of granularity of sediment from a water reservoir on phosphorus sorption processes – Environmental processes. Vol. 4, 239 – 249

[42] JUNÁKOVÁ N., BÁLINTOVÁ M., VODIČKA R., JUNÁK J. (2018): Prediction of reservoir sediment quality based on erosion processes in watershed using mathematical modelling – Environments. Vol. 5, no. 1, 1 – 12

[43] JUNÁKOVÁ N., BÁLINTOVÁ M., SMOLÁKOVÁ M. (2016): Phosphorus sorption by fine and coarse-grained sediments in the farm pond – Protection and Restoration of the Environment. – Thessaloniki : Aristotele University. 103 – 108

[44] JUNÁKOVÁ N. (2017): Effect of reservoir sediment grain size on total nitrogen, phosphorus and potassium content. – Sofia : STEF92 Technology Ltd., 223 – 229

1

2 *Obr. 1 až 4 – účastníci vzdelávacieho kurzu z Technickej univerzity Košice a Poľnohospodárskej univerzity v Nitre počas prednášok a exkurzií do lokalít EZ: sanované EZ Ľubietová-Podlipa a odkalisko Žiar nad Hronom a potvrdená EZ skládka gudrónov v Predajnej.*

3

4 *Kurz organizovala SAŽP v Banskej Bystrici a okolí v dňoch 8. až 12. apríla 2019 v rámci národného projektu 3 INFOAKTIVITY*

5 *Účastníci vzdelávacieho kurzu z Technickej univerzity Košice a Poľnohospodárskej univerzity v Nitre počas počas exkurzie v Chalmovej. Kurz organizovala SAŽP v spolupráci s univerzitami v Banskej Bystrici a okolí v dňoch 8. až 12. apríla 2019 ako informačnú aktivitu v rámci národného projektu 3 INFOAKTIVITY.*

https://www.sazp.sk/projekty-eu/infoaktivity/kalendar-udalosti-hap5-environmentalne-zataze/exkurzia-ez-a-studenti-doktorandi-a-pedagogovia-vs.html

PROJEKTY

V súčasnosti sa riešia nasledovné projekty.

PROJEKT **VEGA 1/0419/19**

Štúdium vplyvu vybraných fyzikálnych a chemických faktorov na odstraňovanie kontaminantov z vodného prostredia – zodpovedný riešiteľ prof. RNDr. Magdaléna Bálintová, PhD. Projekt je zameraný na riešenie problémov kontaminovaných povrchových vôd a sedimentov vo vybraných lokalitách východného Slovenska zaťažených antropogénnou činnosťou.

Výskum sa zameria najmä na analýzu vplyvu pH, teploty a koncentrácie polutantov na účinnosť ich odstraňovania z vodného prostredia pomocou zrážania, sorpcie a iónovej výmeny. Zvláštna pozornosť sa bude venovať modifikácii vybraných prírodných sorbentov (napr. zeolit, rašelina, drevné piliny) za účelom zvýšenia ich účinnosti a selektivity pri odstraňovaní ťažkých kovov z vodného prostredia. Výskum sedimentov, ktoré predstavujú environmentálny, ale hlavne vodohospodársky problém, bude zameraný na možnosti ich využitia ako druhotnej suroviny v stavebníctve.

Štúdium vplyvu vybraných fyzikálnych a chemických faktorov na odstraňovanie kontaminantov z vodného prostredia sa bude realizovať v rámci nasledovných cieľov:

1. Monitorovanie a hodnotenie kvality povrchovej vody a dnových sedimentov vo vybraných vodných tokoch a nádržiach na analýzu environmentálnych rizík a návrh remediačných postupov v laboratórnych podmienkach.
2. Analýza vplyvu vybraných fyzikálnych a chemických faktorov na účinnosť odstraňovania anorganických polutantov z vôd pomocou zrážania, sorpcie a iónovej výmeny.
3. Aplikácia získaných poznatkov pri odstraňovaní vybraných katiónov a aniónov z priemyselných odpadových vôd a kyslých banských vôd.
4. Štúdium možností zhodnotenia sedimentov z vodných tokov a nádrží a produktov remediačných postupov ako druhotnej suroviny v stavebníctve.

Ústav environmentálneho inžinierstva SvF TUKE je tiež spoluriešiteľským pracoviskom

PROJEKTu **VEGA 1/0326/18**

Hodnotenie environmentálneho zaťaženia prostredia v bývalom banskom areáli využitím tradičných a alternatívnych bioindikačných metód – zodpovedný riešiteľ RNDr. Lenka Demková, PhD., Fakulta humanitných a prírodných vied Prešovskej univerzity.

Tento projekt je zameraný na výskum obsahu znečisťujúcich látok v jednotlivých zložkách prostredia v rámci bývalého banského areálu v katastrálnom území obcí Zlatá Baňa a Červenica (Východné Slovensko). Na výskumné účely budú okrem tradičných metód využité aj alternatívne bioindikačné výskumné metódy, ktoré predstavujú menej nákladné, ľahko realizovateľné a efektívne metódy hodnotenia obsahu kontaminantov v prírodnom prostredí. Štatistickým vyhodnotením získaných výsledkov sa overí vhodnosť a účinnosť týchto metód a navrhne najvhodnejšia alternatíva tradičných monitorovacích metód. Zároveň sa bude hodnotiť vplyv ťažkých kovov na vybrané biologické, chemické a fyzikálne vlastnosti prostredia.

V rámci medzinárodných vzdelávaco-výskumných aktivít bola fakulta nositeľom

PROJEKTu **Erasmus IP 13203-1078/KOSICE03**

Integrated approaches to the design and management of buildings reconstruction zodpovednej riešiteľky prof. Ing. Márie Kozlovskej, PhD., kde jednou z nosných častí bol tematický blok zameraný na riešenie brownfieldov (Integrated approaches to the brownfields regeneration), ktoré prezentujú významnú formu environmentálnych záťaží.

Cieľom projektu bolo v multinárodnom vzdelávacom prostredí rozvíjať najnovšie trendy v oblasti integrovaného navrhovania a riadenia stavebných projektov, zameraných na vnímanie obnovy a rekonštrukcií existujúcich stavieb nad rámec technického riešenia, ktoré musí zohľadňovať aj ekonomické a environmentálne aspekty, a to pri zachovaní alebo vhodnom rozvíjaní kultúrneho a sociálneho vnímania tejto činnosti. Z tohto pohľadu sa javí ako obrovský prínos pre projekt fakt, že vtiahnuté do tohto projektu bolo aj samotné prostredie miest partnerov projektu (Politechnika Krakow a VUT Brno), ktoré majú svoju dávnu historickú aj spoločenskú hodnotu a ktoré sú plné príkladov významných stavebných počinov v oblasti obnovy a rekonštrukcií existujúcich stavieb. Takto bolo možné v multinárodnej skupine študentov aj učiteľov skĺbiť najnovšie teoretické prístupy k navrhovaniu a riadeniu rekonštrukcií s konkrétnymi prípadovými štúdiami, a v prípade hosťujúceho mesta Krakov, aj s ich tvorcami. Medzi cieľové skupiny patrili študenti druhého stupňa vysokoškolského štúdia ktoréhokoľvek zamerania, keďže projekt mal prispieť k rozvíjaniu znalostí a tímovej práce všetkých účastníkov podieľajúcich sa na architektonickom, konštrukčnom, technologickom aj ekonomickom riešení rekonštruovaných stavieb vrátane riadenia ich realizácie a z toho vyplývajúcich dopadov. Výstupmi projektu boli spoločné učebné texty v anglickom jazyku, popisujúce špecifické prístupy a nástroje pri navrhovaní a riadení stavebných projektov zameraných na obnovu a rekonštrukciu, zohľadňujúce sociálne, technické, ekonomické, ale aj environmentálne aspekty tejto činnosti, a spracované prípadové štúdie z konkrétnych stavieb, ktoré môžu ďalej slúžiť ako študijné podklady v rámci výučby jednotlivých partnerských fakúlt.

LITERATÚRA A POUŽITÉ ZDROJE

1.

[1] Das S. (ed.): Microbial Biodegradation and Bioremediation, Elsevier, s. 616, 2014.

[2] Dercová, K., Lászlová, K., Dudášová, H., Balaščáková, M., Škarba, J.: Hierarchia výberu bioremediačných technológií: možnosti využitia potenciálu bakteriálnych degradérov. Chemické listy 109, 279 – 288, 2015.

[3] Dlugonski, J. (ed.): Microbial Biodegradation, Caister Academic Press, s. 238, 2016.

[4] Frankovská, J., Slaninka, I., Kordík, J., Jurkovič, Ľ., Greif, V., Šottník, P., Dananaj, I., Mikita, S., Dercová, K., Jánová, V.: Atlas sanačných metód environmentálnych záťaží (Frankovská, J., Slaninka, I., Kordík, J., eds.). ŠGÚDŠ, Bratislava, s. 360, 2010.

[5] Kol. autorov: Kompendium sanačních technologií (Matejů, V., ed.), s. 255. Vodní zdroje Ekomonitor, spol. s.r.o., Chrudim, 2006.

[6] Lebeau, T.: v knihe: Bioaugmentation, Biostimulation and Biocontrol (Sigh, A., Parmar, N., Kuhad, R. C., ed.). Soil Biology, zv. 28, Part 1, s. 129 – 186, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 2011.

[7] Murínová, S., Dudášová, H., Lukáčová, L., Lászlová, K., Dercová, K.: Adaptačné odozvy bakteriálnych kmeňov na environmentálny stres spôsobený prítomnosťou toxických organických zlúčenín. Chemické listy 107(5), 356 – 361, 2013.

[8] Singh, A., Parmar, N., Kuhad, R. C. (eds.): Bioaugmentation, Biostimulation and Biocontrol. Springer 2011, s. 364, ISBN 978-3-642-19769-7.

[9] Dudášová, H., Lukáčová, L., Murínová, S., Puškárová, A., Pangallo, D., Dercová, K.: Bacterial strains isolated from PCB-contaminated sediments and their use for bioaugmentation strategy in microcosms. Journal of Basic Microbiology 54, 253 – 260, 2014.

[10] Dudášová, H., Derco, J., Sumegová, L., Dercová, K., Lászlová, K.: Removal of polychlorinated biphenyl congeners in mixture Delor 103 from wastewater by ozonation vs/and biological method. Journal of Hazardous Material 321, 54 – 61, 2017.

[11] Horváthová, H., Lászlová, K., Dercová, K.: Bioremediation of PCB-contaminated river sediments: the efficacy of biodegradation using single bacterial strains and consortia. Chemosphere 193, 270 – 277, 2018.

[12] Lászlová, K., Dudášová, H., Olejníková, P., Horváthová, G., Velická, Z., Horváthová, H., Dercová, K.: The application of biosurfactants in bioremediation of an aged sediment contaminated with polychlorinated biphenyls. Water Air Soil Pollution 229, 219, 2018.

[13] Murínová, S., Dercová, K., Dudášová, H.: Degradation of polychlorinated biphenyls (PCBs) by four bacterial isolates from the PCB-contaminated soil and PCB-contaminated sediment. International Biodeterioration and Biodegradation 91, 52 – 59, 2014.

[14] Dercová K., Murínová S., Dudášová H., Lászlová K., Horváthová, H.: The adaptation mechanisms of bacteria applied in bioremediation of hydrophobic toxic environmental pollutants: how indigenous and introduced bacteria can respond to persistent organic pollutants-induced stress? In: Persistent Organic Pollutants (S.K. Donyinah, Ed.), s. 71 – 97, 2019, ISBN Intech Open DOI: intechopen.74146.

2.

[1] Auxt, A., Jurkovič, Ľ., Šottník, P., Bačik, M., Sekula st., P., Sekula ml., P., Peťková, K., Brčeková, J., Voleková, B., 2015: Prieskum environmentálnej záťaže KS (012)/Poproč-Petrova dolina (SK/EZ/KS/353). Záverečná správa, MŽP SR, Bratislava, 71 s. + prílohy.

[2] Brachtýr, O., Šottník, P., Jurkovič, Ľ., Vozár, J., 2019: Mineralogická, geochemická a kvantitatívna charakteristika pevnej fázy transportovanej v povodiach ovplyvnených banskou činnosťou. In: Těžba a její dopady na životní prostředí VIII, zborník konference. Vodní zdroje Ekomonitor, s. 94 – 96.

[3] Della Puppa, L., Komárek, M., Bordas, F., Bollinger, J.-C., Joussein, E., 2013: Adsorption of copper, cadmium, lead and zinc onto a synthetic manganese oxide. Journal of Colloid and Interface Science, 399, s. 99 – 106.

[4] Demko, R., Šefčík, P., 2018: Rekonštrukcia procesu migrácie na základe EMP štúdia pevných fáz a dôsledky pre geochemické vzťahy kritickej zóny v okolí odkaliska Markušovce. In: Geochémia 2018, ŠGÚDŠ Bratislava, s. 37 – 40.

[5] Faragó, T., Ušiaková, M., Peťková, K., Jurkovič, Ľ., Hiller, E., 2016: Monitoring mobilizácie arzénu v technozemiach pomocou pôdnych lyzimetrov. In: Inovativní sanační technologie ve výzkumu a praxi 9. Vodní zdroje Ekomonitor, s. 118 – 122.

[6] Faragó, T., Vítková, M., Jurkovič, Ľ., Schwarzkopfová, K., Hiller, E., 2019: Využitie nanosorbentov na stabilizáciu arzénu a antimónu pri rôznych pH podmienkach. In: Geochémia 2019, ŠGÚDŠ Bratislava, s. 54 – 55.

[7] Chegini, G., Sanchez Careaga, F., Pjontek, D., Briens, C., 2017: Impact of pyrolysis heating characteristics on leachability of biochar minerals. TC Biomass, Chicago, United States.

[8] Chmielewská, E., 2010: Zeolites – Materials of Sustainable significance (short retrospective and outlook). Environment Protection Engineering, vol. 36, s. 127 – 135.

[9] Jánová, V., 2009: Environmentálne záťaže – stav riešenia v Európe a na Slovensku. Enviromagazín 14, s. 4 – 7.

[10] Jurkovič, Ľ., Šottník, P., 2015: Akademické vzdelávanie a výskum v oblasti environmentálnych záťaží na Slovensku. In: Environmentálne záťaže. SAŽP Banská Bystrica, s. 60 – 68.

[11] Jurkovič, Ľ., Šottník, P., Maťová, V., 2017: Banské lokality na Slovensku – príklady realizovaných prieskumov environmentálnych záťaží a ich sanácií. In: Znečistené územia 2017. SAŽP Banská Bystrica, s. 27 – 30.

[12] Kulikova, T., Jurkovič, Ľ., Faragó, T., 2019: Štúdium správania sa ortuti, chrómu a niklu v pôdach opusteného banského areálu Merník (východné Slovensko) pomocou extrakčných experimentov. Phytopedon (Bratislava) (in press)

[13] Liščáková, P., 2019: Dynamika uvoľňovania kontaminantov zo stabilizovaných pôdnych substrátov. Manuscript, diplomová práca, Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, s. 1 – 104.

[14] Májeková, Z., Liščáková, P., Jurkovič, Ľ., Vítková, M., Faragó, T., Kulikova, T., 2019: Efektivita stabilizačných činidiel v procese dlhodobej sorpcie kontaminantov. In: Geochémia 2019, ŠGÚDŠ Bratislava, s. 120 – 121.

[15] Paluchová, K. et al., 2008: Systematická identifikácia environmentálnych záťaží Slovenskej republiky. SAŽP Banská Bystrica, Manuskript, https://www.sazp.sk/projekty/ukoncene-projekty/projekt-geologickej-ulohy-systematicka-identifikacia-environmentalnych-zatazi-sr/

[16] Schwarz, J., Tupý, P., Masiar, R., Ilkanič, A., Jasovský, Z., Poništ, M., Škarba, R., Čermák, P., Čermáková, Z., 2018: Plán prác na odstránenie environmentálnej záťaže PK (017)/Pezinok – Rudné bane – odkaliská (SK/EZ/PK/656). ENVIGEO, a. s., Banská Bystrica, 92 s.

[17] Schwarzkopfová, K., Farago, T., Jurkovič, Ľ., 2018: Arsenic mobilization from technosols using long-term column study (model environmental burden) Toxicological & Environmental Chemistry, Vol 100, 2, s. 157 – 174.

[18] Sekula, P., Hiller, E., Šottník, P., Jurkovič, Ľ., Klimko, T., Vozár, J., 2018. Removal of antimony and arsenic from circum-neutral mine drainage in Poproč, Slovakia: a field treatment system using low-cost iron-based material. Environmental Earth Sciences. Vol. 77, 13 (Art. No. 518), 1 – 14.

[19] Smernica Ministerstva životného prostredia SR č. 1/2015-7 z 28. januára 2015 na vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia. MŽP SR, Bratislava, s. 1 – 96.

[20] Šefčík, P., Demko, R., 2019: Chemické štúdium sekundárnych ložiskových akumulácií ortuti v Markušovskom potoku. In: Geochémia 2019, ŠGÚDŠ Bratislava, s. 154 – 155.

[21] Štyriaková, I., Danková, Z., Košuth, M., Šuba, J., Nováková, J., Kollárová, V., 2019: Chemicko-biologická metóda odstránenia mobilného anorganického znečistenia z kontaminovaných pôd. In: Geochémia 2019, ŠGÚDŠ Bratislava, s. 156 – 159.

[22] Trakal, L., Michálková, Z., Beesley, L., Vítková, M., Ouředníček, P., Barceló, A. P., Ettler, V., Číhalová, S., Komárek, M., 2018: AMOchar: Amorphous manganese oxide coating of biochar improves its efficiency at removing metal(loid)s from aqueous solutions. Science of the Total Environment, 625, s. 71 – 78.

[23] Vítková, M., Puschenreiter, M., Komárek, M., 2018: Effect of nano zero-valent iron application on As, Cd, Pb, and Zn availability in the rhizosphere of metal(loid)contaminated soils. Chemosphere, 200, s. 217 – 226.

[24] Wang, S. & Zhao, X., 2009: Review On the potential of biological treatment for arsenic contaminated soils and groundwater. Journal of Environmental Management, 90, 2 367 – 2 376.

[25] Wang, G., Zhang, S., Zhong, Q., Xu, X., Li, T., Jia, Y., Zhang, Y., Peijnenburg, W. J. G. M., Vijver, M. G., 2018: Effect of soil washing with biodegradable chelators on the toxicity of residual metals and soil biological properties. Science of the Total Environment, 625, 1021 – 1029.

[26] Zhang, J. E., Ouyang, Y., Ling, D. J., 2007. Impacts of simulated acid rain on cation leaching from the Latosol in south China. Chemosphere, 67, 2 131 – 2 137.

3.

[1] https://www.apvv.sk/databaza-financovanych-projektov.html

http://www.vega.sav.sk/index.php?p=show&id=20

Slovenská agentúra životného prostredia
Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica
Slovenská republika
tel.: + 421 48 4374 287
www.sazp.sk

Informácie a názory nachádzajúce sa v tejto publikácii reprezentujú názory a poznatky autorov jednotlivých príspevkov a nemusia byť nevyhnutne v súlade s oficiálnym názorom Slovenskej agentúry životného prostredia a Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky.

CITÁCIA PUBLIKÁCIE

Slovenská agentúra životného prostredia (2021).
ENVIRONMENTÁLNE ZÁŤAŽE NA SLOVENSKU
PROGRES V RIEŠENÍ ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ/2
Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia, 88 s.

https://www.sazp.sk/zivotne-prostredie/environmentalne-sluzby/environmentalne-zataze-4018.html

ISBN: 978-80-8213-027-3

9 788082 130273