



INTERNATIONAL CONFERENCE  
**CONTAMINATED SITES**  
**ZNEČISTENÉ ÚZEMIA**  
MEDZINÁRODNÁ KONFERENCIA

MEDZINÁRODNÁ KONFERENCIA

# ZNEČISTENÉ ÚZEMIA 2019

PIEŠŤANY | SLOVENSKÁ REPUBLIKA | 19. – 21. 6. 2019



## ZBORNÍK KONFERENCIE



OPERAČNÝ PROGRAM  
KVALITA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA



EURÓPSKA ÚNIA  
Kohézny fond



MINISTERSTVO  
ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA  
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



SLOVENSKÁ  
AGENTURA  
ŽIVOTNÉHO  
PROSTREDIA

Túto publikáciu vydala Slovenská agentúra životného prostredia na podporu medzinárodnej – slovensko-českej – konferencie ZNEČISTENÉ ÚZEMIA 2019, Piešťany, 19. – 21. 06. 2019.

Hlavnými organizátormi konferencie boli Slovenská agentúra životného prostredia v úzkej spolupráci s Ministerstvom životného prostredia Slovenskej republiky v rámci národného projektu 3 INFOAKTIVITY (SAŽP).

Vydavateľ zborníka:

Slovenská agentúra životného prostredia

Tajovského 28

975 90 Banská Bystrica

Slovenská republika

Tel.: + 421 48 4374 164

[www.sazp.sk](http://www.sazp.sk)

[contaminated-sites.sazp.sk](http://contaminated-sites.sazp.sk)

Editori zborníka:

Elena Bradiaková, SAŽP, Banská Bystrica, Slovenská republika

Katarína Paluchová, SAŽP, Banská Bystrica, Slovenská republika

František Siska, SAŽP, Banská Bystrica, Slovenská republika

Recenzenti zborníka:

prof. RNDr. Edgar Hiller, PhD.

doc. Mgr. Peter Šottník, PhD.

doc. RNDr. Ondrej Ďurža, CSc.

doc. RNDr. Ján Milička, CSc.

RNDr. Ľubomír Jurkovič, PhD.

RNDr. Slavomír Mikita, PhD.

RNDr. Igor Slaninka, PhD.

Ing. Katarína Paluchová

Ing. Petr Lacina, PhD.

Mgr. Tomáš Faragó, PhD.

Foto © Archív SAŽP a autori jednotlivých príspevkov zborníka

ISBN: 978-80-8213-003-7



Zborník bol zostavený v máji 2019

1. vydanie

Podakovanie:

Zostavovatelia ďakujú všetkým autorom príspevkov do zborníka a takisto recenzentom za ich prínos k jeho vydaniu.

Informácie a názory nachádzajúce sa v tomto zborníku reprezentujú názory a poznatky ich autorov a nemusia byť nevyhnutne v súlade s oficiálnym názorom Slovenskej agentúry životného prostredia a Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky.

Príspevky publikované v zborníku neprešli jazykovou úpravou.

Citácia zborníka:

**Slovenská agentúra životného prostredia (2019).** Zborník konferencie: Medzinárodná konferencia ZNEČISTENÉ ÚZEMIA 2019, Piešťany, 19. – 21. 06. 2019. Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia.

Dostupné aj na internete: <http://contaminated-sites.sazp.sk/>

*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).*



OPERAČNÝ PROGRAM  
KVALITA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA



EURÓPSKA ÚNIA  
Kohézny fond



MINISTERSTVO  
ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA  
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



SLOVENSKÁ  
AGENTÚRA  
ŽIVOTNÉHO  
PROSTREDIA



INTERNATIONAL CONFERENCE  
**CONTAMINATED SITES**  
**ZNEČISTENÉ ÚZEMIA**  
MEDZINÁRODNÁ KONFERENCIA

MEDZINÁRODNÁ KONFERENCIA

# ZNEČISTENÉ ÚZEMIA 2019

PIEŠŤANY | SLOVENSKÁ REPUBLIKA | 19. – 21. 6. 2019



ZBORNÍK KONFERENCIE



OPERAČNÝ PROGRAM  
KVALITA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA



EURÓPSKA ÚNIA  
Kohézny fond



MINISTERSTVO  
ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA  
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



SLOVENSKÁ  
AGENTÚRA  
ŽIVOTNÉHO  
PROSTREDIA

## OBSAH

## CONTENTS

Vlasta Jánová AKTUÁLNE PROBLÉMY PRI RIEŠENÍ PROJEKTOV SANÁCIE ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ NA SLOVENSKU .....	11
Richard Pribyl STARÉ EKOLÓGICKÉ ZÁŤEŽE V ČR – AKTUÁLNI TRENDY .....	15
Tatiana Horňanová ČO JE NOVÉ V OBLASTI ENVIRONMENTÁLNYCH ŠKÔD NA SLOVENSKU? .....	19
Zdeněk Suchánek VÝSLEDKY ÚLOHY IDENTIFIKACE INDICIÍ KONTAMINOVANÝCH MÍST NA ÚZEMÍ ČR METODAMI DPZ.....	21
Vladimír Malý NÁRODNÉ PROJEKTY IMPLEMENTOVANÉ SAŽP V RÁMCI OP KŽP (2014 – 2020).....	26
Igor Slaninka GEOCHEMICKÉ HODNOTENIE ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ A RÁMCOVÁ SMERNICA O VODE .....	31
Róbert Chriaštel ZHODNOTENIE KVALITY PODZEMNÝCH VÔD V MONITOROVACÍCH MIESTACH ŠTÁTNEJ HYDROLOGICKEJ SIETE SLOVENSKEJ REPUBLIKY .....	35
Marcela Domčeková ZNEČISTENIE ÚZEMÍ SPÔSOBENÉ MIMORIADNYM ZHORŠENÍM VÔD.....	40
Katarína Kapsdorferová SKÚSENOSTI SLOVENSKEJ INŠPEKCIE ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA, INŠPEKTORÁTU ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA ŽILINA, ODBORU INŠPEKCIE OCHRANY VÔD V OBLASTI RIEŠENIA ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ .....	44
Andrej Seman DATABÁZA INTEGROVANÝ MONITORING ZDROJOV ZNEČISTENIA.....	48
Karol Šimkovič MIKROBIÁLNA DEGRADÁCIA ROPNÝCH UHĽOVODÍKOV V PODZEMNEJ VODE PRED A PO OZONIZAČNOM PROCESE .....	52
Martin Baloga RIZIKOVÉ JAVY V ÚZEMNOM PLÁNOVANÍ.....	56
Katarína Andrášiová NEVYUŽÍVANÉ A ZANEDBANÉ ÚZEMIA V INTRAVILÁNOCH MIEST – PRÍLEŽITOSŤ?.....	57
Juraj Silvan BÝVALÉ BAŤOVE ZÁVODY V PARTIZÁNSKOM: ZA ICH ZÁCHRANU PRED BROWNFIELDOM.....	61
Zdenko Čambal ZÁMOCKÉ ZÁHRADY – OD BROWNFIELDU KU KVALITE ŽIVOTA V MESTE .....	64
Anna Dobrucká PREDSTAVUJEME KRAJINÁRSKE VÝSTAVY .....	66
Jaromír Helma ENVIRONMENTÁLNE ZÁŤAŽE V BRATISLAVE – POSTUP V ICH RIEŠENÍ.....	70
Tibor Kovács VPLYV VÝSTAVBY PODZEMNÝCH STIEN NA NÁBREŽÍ DUNAJA V BRATISLAVE NA PRÚDENIE PODZEMNÝCH VÔD A TRANSPORT ZNEČISTENIA V PODZEMNEJ VODE ZO ŠIRŠIEHO PRIESTORU BÝVALEJ RAFINÉRIE APOLLO .....	79
Eva Vodičková PRŮZKUM EKOLÓGICKÉ ZÁŤEŽE VE VYBRANÝCH LOKALITÁCH V HRADCI KRÁLOVÉ.....	83
Petra Reháková SANÁCIA ENVIROMENTÁLNEJ ZÁŤAŽE V ELEKTRÁRNI NOVÁKY – LOKALITA ZEMIANSKY POTOK .....	87

## OBSAH

## CONTENTS

Ondřej Urban SANACE STARÉ EKOLOGICKÉ ZÁTĚŽE – SKLADU PESTICIDŮ V BORŠOV U KYJOVA.....	91
Jaroslav HRABAL ELEKTROGEOCHEMIE A JEJÍ UPLATNĚNÍ JAKO PERSPEKTIVNÍ SANAČNÍ TECHNOLOGIE PŘI REDUKTIVNÍ DECHLORACI CHLOROVANÝCH UHLOVODÍKŮ.....	95
Jaroslav Nosek KOMBINOVANÁ METODA NZVI S ELEKTROCHEMICKOU PODPOROU PRO IN-SITU SANACI CHLOROVANÝCH ETYLENŮ .....	99
Vendula Cencerová VLIV RŮZNÝCH TYPŮ REAKČNÍCH ČINIDEL NA ÚSPĚŠNOST SANACE STEJNOSMĚRNÝM ELEKTRICKÝM POLEM.....	103
Iveta Štyriaková VÝVOJ POSTUPOV BIOREMEDIÁCIE ANORGANICKÉHO ZNEČISTENIA.....	107
Mgr. Zdeněk Vilhelm VYUŽITÍ BIOLOGICKÝCH EXPOZIČNÍCH TESTŮ PRO HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK.....	111
Katarína Dercová INTEGRÁCIA BIOREMEDIÁCIE A NANOREMEDIÁCIE NA DEKONTAMINÁCIU POLYCHLÓROVANÝCH BIFENYLOV (PCB).....	116

## OBSAH

## CONTENTS

## POSTEROVÁ SEKCIA

Elena Bradiaková NÁRODNÝ PROJEKT 3 INFOAKTIVITY A AKADEMICKÁ VEREJNOSŤ .....	122
Martina Laubertová KOVONOSNÝ POTENCIÁL ENVIRONMENTÁLNEJ ZÁŤAŽE PRI OBCI SLOVINKY .....	126
Jarmila Trpševská ENVIRONMENTÁLNE ASPEKTY ŽIAROVÉHO ZINKOVANIA .....	128
Martina Jiroutová OPERAČNÍ PROGRAM ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ PRO OBDOBÍ 2014 – 2020 .....	130
Jan Bartoň HODNOCENÍ RIZIK MOTOLSKÉ SKLÁDKY V PRAZE .....	132
Petr Lacina VYUŽITÍ REDUKTIVNÍ TECHNOLOGIE NA BÁZI HYDROGENAČNÍCH KOVOVÝCH KATALYZÁTORŮ PRO RYCHLOU A EFEKTIVNÍ DEGRADACI HALOGENOVANÝCH ORGANICKÝCH LÁTEK V KONTAMINOVANÝCH VODÁCH .....	134
Ondrej Brachtýr VYUŽITIE OXYHYDROXIDOV Fe PRI ÚPRAVE KONTAMINOVANÝCH BANSKÝCH VÔD Z VYBRANÝCH LOKALÍT SLOVENSKA .....	136
Monika Heřmánková ZLEPŠENÍ PÉČE O PŮDU POMOCÍ BIOAKTIVÁTORU ZALOŽENÉHO NA PŘEPRACOVÁNÍ DRŮBEŽÍ MRVY PROJEKT – EU LIFE POREM .....	138
Karel Waska VYUŽITÍ VYTĚŽENÝCH SEDIMENTŮ K PRODUKCI INOVATIVNÍCH SUBSTRÁTŮ A TECHNOSOLŮ PRO ROSTLINNÉ ŠKOLKY A REKULTIVACE – PROJEKT EU LIFE AGRISED .....	140
Hana Horváthová NANOBIOREMEDIÁCIA POLYCHLÓROVANÝCH BIFENYLOV (PCB): BIODEGRADAČNÝ POTENCIÁL BAKTERIÁLNEJ ZMESNEJ KULTÚRY .....	142
Jana Frankovská NOVÉ TECHNOLOGIE NA ZHOTOVENIE SANAČNÝCH PODZEMNÝCH STIEN .....	144
Vít Baldík ZHODNOCENÍ NEGATIVNÍHO VLIVU STRUSKOVÉ DEPONIE NA JESKYNNÍ SYSTÉM RUDICKÉ PROPADÁNÍ – BÝČÍ SKÁLA .....	146
Bronislava Lalinská-Voleková Fe OXYHYDROXIDY: MINERALÓGIA, MIKROBIOLÓGIA A ICH ÚLOHA V PROCESE MIGRÁCIE POTENCIÁLNE TOXICKÝCH PRVKOV .....	149
Ing. Katarína Paluchová INICIATÍVY EURÓPSKYCH SPOLOČENSTIEV V OBLASTI KONTAMINOVANÝCH LOKALÍT .....	152
Elena Bradiaková PROJEKTY SLOVENSKEJ AGENTÚRY ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA V OBLASTI ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ (OP ŽP, 2007 – 2013) .....	155
Michaela Borošová VYUŽITIE POKROČILÝCH OXIDAČNÝCH PROCESOV PRI PILOTNOM TESTOVANÍ TECHNOLOGIE NA ČISTENIE HETEROGÉNNEJ ZMESI KONTAMINANTOV V PODZEMNÝCH VODÁCH .....	160
Tomáš Faragó EFEKTIVITA VYBRANÝCH STABILIZAČNÝCH ČINIDIEL PRI CHEMICKEJ FIXÁCII ARZÉNU V TECHNOZEMI .....	162
Řeřicha Jaroslav STATISTICKÉ VÝSLEDKY IDENTIFIKACE INDICIÍ KONTAMINOVANÝCH MÍST POMOCÍ METOD DPZ .....	164
Lubica Kovaničová UCELENÁ TECHNOLOGIA BIOREMEDIÁCIE ZÍSKAVANÍM ÚŽITKOVÝCH ZLOŽIEK .....	166


 SLOVENSKO-ČESKÁ KONFERENCIA  
**ZNEČISTENÉ ÚZEMIA 2019**

PIEŠŤANY 19. – 21. 06. 2019

**PROGRAM**

<b>19. 06. 2019</b>	<b>12.30 – 19.00</b>	<b>REGISTRÁCIA, INŠTALÁCIA POSTEROVEJ SEKCIE</b>
	<b>15.00 – 18.30</b>	<b>EXKURZIA DO OKOLIA PIEŠŤAN</b>

<b>20. 06. 2019</b>	<b>7.30 – 9.00</b>	<b>REGISTRÁCIA, INŠTALÁCIA POSTEROVEJ SEKCIE</b>
	<b>9.00 – 10.30</b>	<b>SEKCIA 1</b>
<b>Moderujú: Vlasta Jánová + Richard Pribyl</b>		

P. č.	Čas	Prednášajúci	Názov prednášky
1	9.00 – 9.30	Úvodné prejavy: <b>Mgr. Peter Jančovič</b> , PhD., primátor mesta Piešťany <b>RNDr. Vlasta Jánová</b> , PhD., generálna riaditeľka sekcie geológie a prírodných zdrojov MŽP SR <b>RNDr. Richard Pribyl</b> , vedúci oddelenia sanácie, odbor environmentálnych rizík a ekologických škôd MŽP ČR	
2	9.30 – 10.00	<b>Vlasta Jánová</b>	AKTUÁLNE PROBLÉMY PRI RIEŠENÍ PROJEKTOV SANÁCIE ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ NA SLOVENSKU
3	10.00 – 10.30	<b>Richard Pribyl</b>	STARÉ EKOLOGICKÉ ZÁTĚŽE V ČR – AKTUÁLNÍ TRENDY
<b>10.30 – 11.00</b>		<b>PRESTÁVKA NA KÁVU</b>	
<b>11.00 – 12.20</b>		<b>SEKCIA 2</b>	
<b>Moderujú: Viera Maťová + Zdeněk Suchánek</b>			
4	11.00 – 11.20	<b>Tatiana Horňanová</b>	ČO JE NOVÉ V OBLASTI ENVIRONMENTÁLNYCH ŠKÔD NA SLOVENSKU?
5	11.20 – 11.40	<b>Cyril Burda</b> Daša Šuleková	VÝMENA INFORMÁCIÍ O NAJLEPŠÍCH DOSTUPNÝCH TECHNIKÁCH V PRIEMYSLE MEDZI ČLENSKÝMI ŠTÁTMI EÚ
6	11.40 – 12.00	<b>Zdeněk Suchánek</b> Jaroslav Řeřicha Jan Krhovský	VÝSLEDKY ÚLOHY IDENTIFIKACE INDICIÍ KONTAMINOVANÝCH MÍST NA ÚZEMÍ ČR METODAMI DPZ
7	12.00 – 12.20	<b>Vladimír Malý</b>	NÁRODNÉ PROJEKTY IMPLEMENTOVANÉ SAŽP V RÁMCI OP KŽP (2014 – 2020)
<b>12.20 – 13.40</b>		<b>OBED</b>	

Konferencia sa realizuje v rámci národného projektu

**Zlepšovacie 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.



13.40 – 15.40

SEKCIA 3

Moderujú: Marcela Domčeková + Igor Slaninka

8	13.40 – 14.00	<b>Igor Slaninka</b> Dušan Bodiš	GEOCHEMICKÉ HODNOTENIE ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ A RÁMCOVÁ SMERNICA O VODE
9	14.00 – 14.20	<b>Róbert Chriaštel</b> Ľudovít Molnár Andrea Ľuptáková Jaroslava Urbancová	ZHODNOTENIE KVALITY PODZEMNÝCH VÔD V MONITOROVACÍCH MIESTACH ŠTÁTNEJ HYDROLOGICKEJ SIETE SLOVENSKEJ REPUBLIKY
10	14.20 – 14.40	<b>Marcela Domčeková</b>	ZNEČISTENIE ÚZEMÍ SPÔSOBENÉ MIMORIADNYM ZHORŠENÍM VÔD
11	14.40 – 15.00	<b>Marcela Kováčová</b> <b>Katarína Kapsdorferová</b>	SKÚSENOSTI SLOVENSKEJ INŠPEKCIE ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA, INŠPEKTORÁTU ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA ŽILINA, ODBORU INŠPEKCIE OCHRANY VÔD V OBLASTI PROBLEMATIKY RIEŠENIA ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ
12	15.00 – 15.20	<b>Andrej Seman</b> Katarína Chalupková	DATABÁZA INTEGROVANÝ MONITORING ZDROJOV ZNEČISTENIA
13	15.20 – 15.40	<b>Karol Šimkovič</b> Ján Derco	MIKROPOLUTANTY A ICH TOXICITA V PODZEMNÝCH VODÁCH

15.40 – 16.00

PRESTÁVKA NA KÁVU

16.00 – 18.00

SEKCIA 4

Moderujú: Anna Dobrucká + Martin Baloga

14	16.00 – 16.20	<b>Martin Baloga</b>	KONCEPCIA ROZVOJA MIEST
15	16.20 – 16.40	<b>Katarína Andrášiová</b> Erika Horanská	NEVYUŽÍVANÉ A ZANEDBANÉ ÚZEMIA V INTRAVILÁNOCH MIEST – PRÍLEŽITOSŤ?
16	16.40 – 17.00	<b>Juraj Silvan</b> <b>Ivan Múranica</b>	BÝVALÉ BAŤOVÉ ZÁVODY V PARTIZÁNSKOM: ZA ICH ZÁCHRANU PRED BROWNFIELDOM
17	17.00 – 17.20	<b>Zdenko Čambal</b>	ZÁMOCKÉ ZÁHRADY – OD BROWNFIELDU KU KVALITE ŽIVOTA V MESTE
18	17.20 – 17.40	<b>Marcela Brabačová</b>	KRAJINNÁ VÝSTAVA V CHEBU
19	17.40 – 18.00	<b>Anna Dobrucká</b>	VYHLÁSENIE ÚČASTNÍKOV KONFERENCIE A PODPORA KRAJINNÝCH VÝSTAV

DISKUSIA

19.00 – 22.00

SPOLOČENSKÝ VEČER

Konferencia sa realizuje v rámci národného projektu

**Zlepšovacie 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.




 SLOVENSKO-ČESKÁ KONFERENCIA  
**ZNEČISTENÉ ÚZEMIA 2019**

PIEŠŤANY 19. – 21. 06. 2019

**PROGRAM**

<b>21. 06. 2019</b>		<b>8.00 – 9.00</b>	<b>REGISTRÁCIA</b>
		<b>9.00 – 10.40</b>	<b>SEKCIA 5</b>
<b>Moderujú: Petra Reháková + Jaromír Helma</b>			
<b>P. č.</b>	<b>Čas</b>	<b>Prednášajúci</b>	<b>Názov prednášky</b>
20	9.00 – 9.20	<b>Jaromír Helma</b>	ENVIRONMENTÁLNE ZÁŤAŽE V BRATISLAVE – POSTUP V ICH RIEŠENÍ
21	9.20 – 9.40	<b>Tibor Kovács</b>	VPLYV VÝSTAVBY PODZEMNÝCH STIEN NA NÁBRŽÍ DUNAJA V BRATISLAVE NA PRÚDENIE PODZEMNÝCH VÔD A TRANSPORT ZNEČISTENIA V PODZEMNEJ VODE ZO ŠIRŠIEHO PRIESTORU BÝVALEJ RAFINÉRIE APOLLO
22	9.40 – 10.00	<b>Eva Vodičková</b> Jan Bartoň	PRŮZKUM EKOLOGICKE ZÁTĚŽE VE VYBRANÝCH LOKALITÁCH V HRADCI KRÁLOVÉ
23	10.00 – 10.20	<b>Petra Reháková</b>	SANÁCIA ENVIRONMENTÁLNEJ ZÁTĚŽE V ELEKTRÁRNI NOVÁKY – LOKALITA ZEMIAŇSKÝ POTOK
24	10.20 – 10.40	<b>Ondřej Urban</b> Jiří Kopáč Jan Kukačka Daniel Světlík Jan Vaněk	SANACE STARÉ EKOLOGICKE ZÁTĚŽE – SKLADU PESTICIDŮ V BORŠOVĚ U KYJOVA
		<b>10.40 – 11.00</b>	<b>PRESTÁVKA NA KÁVU</b>
		<b>11.00 – 13.00</b>	<b>SEKCIA 6</b>
<b>Moderujú: Katarína Dercová + Jaroslav Hrabal</b>			
25	11.00 – 11.20	<b>Jaroslav Hrabal</b> Vendula Cencerová Dagmar Bartošová	ELEKTROGEOCHEMIE A JEJÍ UPLATNĚNÍ JAKO PERSPEKTIVNÍ SANAČNÍ TECHNOLOGIE PŘI REDUKTIVNÍ DECHLORACI CHLOROVANÝCH UHLOVODÍKŮ
26	11.20 – 11.40	<b>Jaroslav Nosek</b> Kristýna Pešková Tomáš Pluhař Ondřejka Vološčuková	KOMBINOVANÁ METODA NZVI S ELEKTROCHEMICKOU PODPOROU PRO IN-SITU SANACI CHLOROVANÝCH ETYLENŮ
27	11.40 – 12.00	<b>Vendula Cencerová</b> Jaroslav Hrabal Jaroslav Nosek	VLIV RŮZNÝCH TYPŮ REAKČNÍCH ČINIDEL NA ÚSPĚŠNOST SANACE STEJNOSMĚRNÝM ELEKTRICKÝM POLEM

Konferencia 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.



28	12.00 – 12.20	<b>Iveta Štyriaková</b> Michal Rečlo Katarína Čechovská Ľubica Kovaničová Jaroslav Šuba Ivana Semjanová	VÝVOJ POSTUPOV BIOREMEDIÁCIE ANORGANICKÉHO ZNEČISTENIA
29	12.20 – 12.40	<b>Zdeněk Vilhelm</b> Jiří Kamas Lucie Hertlová Michal Nožička Jiří Vaněk Karel Waska Miroslav Minařík Boris Bodáčz Eva Rychlíková	VYUŽITÍ BIOLOGICKÝCH EXPOZIČNÍCH TESTŮ PRO HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK
30	12.40 – 13.00	<b>Katarína Dercová</b> Hana Horváthová	INTEGRÁCIA BIOREMEDIÁCIE A NANOREMEDIÁCIE PRE DEKONTAMINÁCIU POLYCHLÓROVANÝCH BIFENYLOV (PCB)
		<b>13.00 – 13.15</b>	<b>DISKUSIA A ZÁVER KONFERENCIE</b>
		<b>13.15 – 14.30</b>	<b>OBED</b>

Konferencia 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.

## AKTUÁLNE PROBLÉMY PRI RIEŠENÍ PROJEKTOV SANÁCIE ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ NA SLOVENSKU

RNDr. Vlasta Jánová, PhD.

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Nám. L. Štúra 1, 812 35 Bratislava, Slovenská republika, vlasta.janova@enviro.gov.sk

### KLÚČOVÉ SLOVÁ

Environmentálna záťaž, sanácia, štátna pomoc, Operačný program Kvalita životného prostredia

### ÚVOD

Aktuálnym operačným programom pre čerpanie európskych fondov je Operačný program Kvalita životného prostredia na roky 2014 – 2020. Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky je pre tento operačný program nielen riadiacim orgánom, ale aj oprávneným žiadateľom v rámci niektorých výziev.

V rámci Prioritnej osi: 1. Udržateľné využívanie prírodných zdrojov prostredníctvom rozvoja environmentálnej infraštruktúry je problematike environmentálnych záťaží venovaný Špecifický cieľ: 1.4.2 Zabezpečenie sanácie environmentálnych záťaží v mestskom prostredí, ako aj v opustených priemyselných lokalitách (vrátane oblastí, ktoré prechádzajú zmenou). Pre tento špecifický cieľ boli v roku 2015 vyhlásené tri výzvy na predkladanie žiadostí o nenávratný finančný príspevok [1] :

- výzva č. 3 - zameraná na prieskum environmentálnych záťaží (OPKZP-PO1-SC142-2015-3),
- výzva č. 4 - zameraná na monitorovanie environmentálnych záťaží (OPKZP-PO1-SC142-2015-4) a
- výzva č. 5 - zameraná na sanáciu environmentálnych záťaží (OPKZP-PO1-SC142-2015-5).

V súvislosti s prípravou žiadostí o nenávratný finančný príspevok a s implementáciou projektov čelia ministerstvá mnohým problémom, od zvládnutia ktorých závisí úspešnosť čerpania európskych fondov.

### OPRÁVNENOSŤ LOKALÍT

Jednou z prvých prekážok, ktoré limitujú využívanie európskych zdrojov, je „zúženie“ špecifického cieľa 1.4.2 „Zabezpečenie sanácie environmentálnych záťaží v mestskom prostredí, ako aj v opustených priemyselných lokalitách (vrátane oblastí, ktoré prechádzajú zmenou)“ len také environmentálne záťažové lokality, ktoré sa nachádzajú v mestskom prostredí, alebo ide o opustené priemyselné lokality, alebo o lokality ktoré prechádzajú zmenou, t.j. územia, ktorých využitie sa mení z bývalého vojenského na nevojenské. Mestským prostredím sa rozumie územie spadajúce do katastrálneho územia obce so štatútom mesta a s počtom obyvateľov nad 5 000. V praxi to znamená, že lokality environmentálnych záťaží v obciach, napr. neriadené skládky odpadov, opustené pesticídne sklady, zakopané chemikálie a pod. nie sú oprávnenými lokalitami. Opustenou priemyselnou lokalitou sa rozumie v súčasnosti opustené alebo nedostatočne využívané územie, ktoré bolo využívané na výrobnú činnosť alebo súvisiacu obslužnú činnosť. Za opustené územie je považované územie, ktoré nie je využívané na hospodársku činnosť. Za nedostatočne využívané územie sa považuje areál/územný celok vo vlastníctve alebo užívaní podniku, na ktorom sa na hospodársku činnosť využíva maximálne 25 % jeho plochy, pričom environmentálna záťaž sa na ňom nachádza celá alebo jej časť. V prípade, ak sa environmentálna záťaž nenachádza v areáli podniku, za „nedostatočne využívané územie“ je považované územie, na ktorom je na hospodársku činnosť využívaných maximálne 25 % plochy záťaž, ktorá je predmetom prieskumu. Z uvedeného vyplýva, že ak v nejakom pôvodne opustenom areáli, ktorý je zasiahnutý kontamináciou, začne obnova priemyselných alebo iných aktivít, ktoré už ale neprispievajú k znečisťovaniu (čo je prirodzene veľmi

pozitívna vec, pretože sa využívaním pôvodných priemyselných areálov šetrí poľnohospodárska pôda), lokalita môže byť vzhľadom na súčasné využívanie neoprávnenou z hľadiska využívania európskych fondov.

### **ŽIADOSŤ O NENÁVRATNÝ FINANČNÝ PRÍSPEVOK**

Žiadosť o nenávratný finančný príspevok (ŽoNFP) je dokument, ktorý pozostáva z formulára ŽoNFP a povinných príloh, ktorým žiadateľ žiada o poskytnutie NFP, a na základe ktorého riadiaci orgán prijme rozhodnutie o schválení ŽoNFP alebo rozhodnutie o neschválení ŽoNFP. Medzi povinné prílohy k uvedenej žiadosti patrí napr. preukázanie:

- oprávnenosti z hľadiska súladu s požiadavkami v oblasti dopadu plánov a projektov na územia sústavy NATURA 2000 (projekt, ktorý je predmetom ŽoNFP, nesmie mať pravdepodobne významný nepriaznivý vplyv na územia sústavy NATURA 2000),
- oprávnenosti z hľadiska súladu s požiadavkami v oblasti posudzovania vplyvov navrhovanej činnosti na životné prostredie (projekt, ktorý je predmetom ŽoNFP, musí byť z hľadiska navrhovanej činnosti v súlade s požiadavkami v oblasti posudzovania vplyvov navrhovanej činnosti - v súlade so zákonom o posudzovaní vplyvov na životné prostredie),
- oprávnenosti z hľadiska verejného obstarávania na hlavné aktivity projektu - žiadateľ je povinný (okrem výnimiek uvedených vo výzve) mať najneskôr ku dňu predloženia ŽoNFP vyhlásené verejné obstarávanie na všetky oprávnené výdavky projektu, ktoré budú realizované dodávateľsky (t.j. na uskutočnenie stavebných prác, dodanie tovaru, poskytnutie služieb).

Každá z uvedených povinných príloh môže predstavovať špecifický problém, s ktorým sa žiadateľ pred podaním ŽoNFP musí vysporiadať. Problémom môže byť napr. výskyt chráneného živočicha na lokalite, ktorá je predmetom sanácie.

### **ŠTÁTNA POMOC**

V prípade projektov sanácie environmentálnych záťaží [2] poskytuje riadiaci orgán finančný príspevok výlučne príslušným ministerstvám, ako orgánom štátnej správy zodpovedným za výkon úloh štátu v oblasti sanácie environmentálnych záťaží v prípadoch, kedy zodpovednosť za sanáciu prechádza na štát. Príslušné ministerstvá vo vzťahu k podnikom, ako vlastníkom pozemkov, zabezpečujú realizáciu sanačných prác v súlade s pravidlami štátnej pomoci stanovenými predovšetkým nariadením Komisie (EÚ) č. 651/2014 zo 17. júna 2014 o vyhlásení určitých kategórií pomoci za zlučiteľné s vnútorným trhom podľa článkov 107 a 108 Zmluvy o fungovaní EÚ a zároveň s účinnosťou od 18.12.2017 v súlade so Schémou štátnej pomoci na sanáciu environmentálnych záťaží v prípadoch, kedy zodpovednosť za sanáciu prechádza na štát. Podľa uvedených pravidiel sa za podnik považuje v zmysle čl. 107 Zmluvy o fungovaní EÚ akýkoľvek subjekt, ktorý vykonáva hospodársku (nielen podnikateľskú) činnosť, je účastníkom hospodárskej súťaže (umiestňuje tovary alebo služby na trh) bez ohľadu na jeho právnu formu a spôsob financovania; za podnik sa nepovažujú fyzické osoby, ktoré nie sú oprávnené na podnikanie; za podnik sa nepovažujú orgány štátnej správy; za podnik sa nepovažujú ani subjekty územnej samosprávy alebo subjekty vykonávajúce úlohy podľa osobitného právneho predpisu, ak nimi vlastnené pozemky, na ktorých prebiehajú sanačné práce, sú využívané výlučne na plnenie im prislúchajúcich úloh, a teda nie sú využívané na hospodársku činnosť. Podľa Schémy štátnej pomoci príslušné ministerstvo identifikuje lokality (pozemky) určené na sanáciu, ktoré sú vo vlastníctve podnikov (ako potenciálnych príjemcov pomoci). Príslušné ministerstvo vo vzťahu k pozemkom konkrétnych podnikov zabezpečí vypracovanie znaleckého posudku v súlade s ustanoveniami zákona o verejnom obstarávaní na určenie aktuálnej a budúcej (po realizácii sanačných prác) všeobecnej hodnoty pozemku. V ŽoNFP predstavuje tzv. „zvýšená hodnota nehnuteľnosti“, t.j. rozdiel v cene pozemku pred sanáciou a po sanácii, neoprávnený výdavok, ktorý je nevyhnutné uvádzať v rozpočte projektu. Skutočný problém nastáva v prípade nevysporiadaných pozemkov a takých environmentálnych záťaží, ktoré sa nachádzajú na desiatkach až stovkách parciel s veľkým počtom vlastníkov [3].

### **VEREJNÉ OBSTARÁVANIE**

Verejné obstarávanie nadlimitných zákaziek predstavuje samostatnú kapitolu problémov, s ktorými sa ministerstvo ako verejný obstarávateľ musí vysporiadať. Uchádzači spravidla neskoro začínajú s prípravou ponuky a potom sa snažia „zákonným“ spôsobom predlžovať lehoty na predkladanie ponúk. Často je účelovo využívaný inštitút vysvetľovania súťažných podkladov, príp. žiadostí o nápravu. Vďaka tomu môže byť lehota na predkladanie ponúk predĺžená z 35 dní aj na trojnásobok. Problémom sú niekedy aj zahraniční uchádzači vo verejnom obstarávaní, ktorí nepoznajú slovenské právne predpisy, nedisponujú príslušnými oprávneniami a odborne spôsobilými osobami na výkon geologických prác a pod. Často nemajú na Slovensku zriadenú organizačnú zložku a verejný obstarávateľ má problém s nimi podpísať zmluvu, ak sa stanú úspešným uchádzačom. Zdôrazniť treba, že sanácia environmentálnej záťaže je na Slovensku regulovaná slovenskými právnymi predpismi a nie predpismi zahraničného uchádzača.

### IMPLEMENTÁCIA PROJEKTOV

Samotná implementácia projektov prieskumu, monitorovania a sanácie environmentálnych záťaží tiež so sebou prináša množstvo každodenných problémov, nakoľko ide o administratívne a často aj technicky náročné procesy. Jedným z problémov, s ktorým sa musí zhotoviteľ a tiež objednávateľ vysporiadať, sú vstupy na pozemky. Pri realizácii geologických prác sa spravidla aplikujú ustanovenia § 29 geologického zákona. V súlade s nimi sú zhotoviteľ geologických prác a ním poverené osoby oprávnení na účel vykonávania geologických prác vo verejnom záujme vstupovať na cudzie nehnuteľnosti, zriaďovať na nich pracoviská, prístupovú cestu a prívod vody a energie, vykonávať nevyhnutné úpravy pôdy a odstraňovať porasty. Tieto činnosti možno vykonávať len v nevyhnutnom rozsahu, na nevyhnutne potrebný čas a za primeranú náhradu. Zhotoviteľ geologických prác je povinný dohodnúť s vlastníkom nehnuteľnosti rozsah, spôsob vykonávania a dobu trvania geologických prác a oznámiť vlastníku nehnuteľnosti začatie vykonávania geologických prác písomne najmenej 15 dní vopred. Problém nastáva, ak vlastníkom nehnuteľnosti nesúhlasí s rozsahom, spôsobom a s dobou trvania výkonu geologických prác a nedôjde o tom k dohode. V takom prípade rozhodne na návrh zhotoviteľa geologických prác ministerstvo.

V prípade, že súčasťou projektu sanačných prác sú stavebné objekty podliehajúce povoleniu, musí ministerstvo ako stavebník požiadať o územné rozhodnutie a o stavebné povolenie. Stavebný úrad spravidla vyžaduje okrem iných náležitostí posúdenie stavby podľa zákona č. 24/2006 Z.z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Z uvedeného vyplýva, že získanie stavebného povolenia môže v praxi trvať aj niekoľko rokov, a to hlavne vtedy, ak sa účastníci konaní odvolávajú a konania končia až rozhodnutiami druhostupňových orgánov.

Ak je objednávateľ geologických prác pri sanácii environmentálnej záťaže stavebníkom a tento stavebník v stavebnom konaní alebo v územnom konaní spojenom so stavebným konaním nie je vlastníkom nehnuteľnosti, alebo nemá k tejto nehnuteľnosti iné právo, k žiadosti o vydanie stavebného povolenia stavebník priloží podaný návrh na začatie vyvlastňovacieho konania. Podľa ustanovení § 32 a geologického zákona možno totiž pre sanáciu environmentálnej záťaže vo verejnom záujme:

- a) odňať vlastnícke právo k nehnuteľnosti,
- b) obmedziť vlastnícke právo k nehnuteľnosti,
- c) zriadiť, obmedziť alebo zrušiť právo zodpovedajúce vecnému bremenu k nehnuteľnosti,
- d) obmedziť alebo zrušiť právo tretej osoby k nehnuteľnosti,
- e) vydať rozhodnutie o predbežnej držbe k nehnuteľnosti, ktorá má byť predmetom vyvlastnenia.

Pre sanáciu environmentálnych záťaží je inštitút vyvlastnenia najmä vo forme obmedzenia vlastníckeho práva k nehnuteľnostiam veľmi dôležitý, lebo bez neho by významné projekty sanácie kontaminovaných lokalít mohli stroskotať na nesúhlase jedného alebo niekoľkých vlastníkov so vstupom na ich nehnuteľnosti. Treba však zdôrazniť, že vyvlastnenie je len „krajným“ riešením

a snahou ministerstva je dosiahnuť s vlastníkmi nehnuteľností „dohodu“ v podobe nájomných zmlúv a zmlúv o zriadení vecného bremena. V prípade environmentálnych záťaží, ktoré sa nachádzajú na desiatkach nehnuteľností, ide potom o desiatky zmlúv, ktoré nie sú identické vzhľadom na požiadavky vlastníkov, a ide o právne a administratívne pomerne náročný proces.

### ZÁVER

Napriek vyššie uvedeným problémom sa vďaka fondom Európskej únie štátu darí posúvať problematiku environmentálnych záťaží dopredu. Výsledkom realizovaných projektov sú stovky preskúmaných lokalít s podrobnou analýzou environmentálnych a zdravotných rizík, stovky dlhodobo monitorovaných kontaminovaných lokalít a desiatky lokalít sanovaných (obr.1), ktoré sú významným príspevkom k zlepšeniu stavu životného prostredia na Slovensku.



Obr. 1: Environmentálna záťaž v kameňolome Srdce v Devínskej Novej Vsi pred sanáciou a po sanácii

### LITERATÚRA

- [1] Operačný program Kvalita životného prostredia
- [2] Schéma štátnej pomoci na sanáciu environmentálnych záťaží
- [3] Príručka pre žiadateľa o nenávratný finančný príspevok v rámci 5. výzvy na predkladanie žiadostí o poskytnutie NFP s kódom OPKZP-PO1-SC142-2015-5

## STARÉ EKOLOGICKÉ ZÁTĚŽE V ČR – AKTUÁLNÍ TRENDY

Richard Příbyl

Ministerstvo životního prostředí ČR, odbor environmentálních rizik a ekologických škod, Vršovická 65, 100 10 Praha 10, Česká republika

### SYSTÉM ŘEŠENÍ STARÝCH EKOLOGICKÝCH ZÁTĚŽÍ A ZDROJE FINANCOVÁNÍ

Řešení starých ekologických zátěží (zákonná definice neexistuje, nejkompaktněji je definována pro potřeby Operačního programu Životní prostředí – **závažná kontaminace podzemních či povrchových vod, zemin nebo stavebních konstrukcí, která znamená významné riziko pro lidské zdraví nebo složky životního prostředí a současně původce kontaminace neexistuje nebo není znám**) začalo být v ČR předmětem celospolečenského zájmu v souvislosti s privatizací bývalých státních podniků a odchodem sovětských vojsk. V rámci rozvoje nové české environmentální legislativy existovaly snahy o vytvoření samostatného zákona o starých ekologických zátěžích a v roce 2002 byl dokonce tento zákon navržen v paragrafovaném znění, na základě výsledků vnějšího připomínkového řízení však již dále rozvíjen nebyl.

Na rozdíl od Slovenské republiky, které se podařilo řešení ekologických zátěží zasadit do zákonného rámce (zákon č. 409/2011 Z. z., o niektorých opatreniach na úseku environmentálnych záťaží a o zmene a doplnení niektorých zákonov), neexistuje v České republice (ČR) jednotný systém řešení ekologických zátěží. Jedinou zákonnou normou, která se blíží slovenské, je zákon č. 167/2008 Sb., o předcházení ekologické újme a o její nápravě a o změně některých zákonů. Tento zákon však na rozdíl od slovenské varianty (která je komplexní a zabývá se veškerými ekologickými zátěžemi včetně klasifikace a postupu řešení), řeší spíše zátěže budoucí včetně prevence a finančního zabezpečení. Proto v ČR dochází k řešení starých ekologických zátěží (dále jen SEZ) s použitím různých mechanismů a finančních zdrojů (Ministerstvo financí, Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo průmyslu a obchodu, Ministerstvo obrany, Ministerstvo zemědělství, Ministerstvo dopravy, krajské úřady). Významným zdrojem financování jsou rovněž finanční prostředky z evropských fondů; v současnosti se jedná především o Operační program Životní prostředí (dále OPŽP). Národní program životního prostředí (dále jen NPŽP) doplňuje nabídku dotačních titulů ze zdrojů Státního fondu životního prostředí. Nelze pominout ani soukromé zdroje.

**Odborným dohledem nad procesem odstraňování SEZ je pověřeno Ministerstvo životního prostředí**, které jako odborný garant vydává povinná závazná stanoviska k jednotlivým materiálům zpracovávaným v rámci realizace nápravných opatření, tzn. k analýzám rizik včetně jejich aktualizací, závěrečným zprávám doprůzkumu, prováděcím projektům nápravných opatření včetně jejich dodatků a změn, studiím proveditelnosti, ročními zprávami, stanoviska k uzavření nových ekologických smluv, resp. jejich ukončení, atd. Dále se účastní pravidelných kontrolních dnů na jednotlivých zakázkách, výběrových řízeních a případně dalších pracovních jednáních. Problematikou SEZ je na Ministerstvu životního prostředí pověřeno oddělení sanace odboru environmentálních rizik a ekologických škod. Podrobnější specifikaci činností tohoto oddělení lze nalézt zde: [http://www.mzp.cz/cz/stare\\_ekologicke\\_zateze](http://www.mzp.cz/cz/stare_ekologicke_zateze)

### STARÉ EKOLOGICKÉ ZÁTĚŽE SOUVISEJÍCÍ S PRIVATIZACÍ

Většina nákladů na odstraňování SEZ je hrazena z prostředků Ministerstva financí podle zákona č. 92/1991 Sb., o podmínkách převodu majetku státu na jiné osoby, ve znění pozdějších předpisů a zákona č. 171/1991 Sb., o působnosti orgánů České republiky ve věcech převodů majetku státu na jiné osoby a o Fondu národního majetku České republiky, který taxativně určil účely použití majetku Fondu národního majetku, a to konkrétně § 18, který mj. stanoví, že výnosy z privatizace lze v souladu s rozhodnutím vlády použít k úhradě nákladů spojených s odstraňováním škod na životním

prostředí způsobených dosavadní činností státních podniků – tzv. Fond privatizace. Toto zákonné ustanovení bylo pak prakticky beze změny přeneseno do § 5 odst. 3 zákona č. 178/2005 Sb., který i nadále umožňuje Ministerstvu financí v souladu s rozhodnutím vlády používat výnosy z privatizace majetku státu k úhradě nákladů spojených s odstraňováním škod na životním prostředí způsobených činností původních státních podniků. Hlavními dokumenty pro realizaci procesu odstraňování starých ekologických zátěží jsou **Usnesení vlády ČR č. 51/2001 a Směrnice MF a MŽP č. 4/2017**.

Staré ekologické zátěže vzniklé před privatizací jsou spojeny především s průmyslovými areály, sklady chemikálií a pohonnými hmotami, skládkami odpadů, lagunami odpadních kalů, atd. Na základě uzavřených tzv. ekologických smluv mezi nabyvateli privatizovaného majetku a Ministerstvem financí je stát zavázán financovat odstranění starých ekologických zátěží vzniklých do privatizace až do výše tzv. garance, což je kupní cena privatizovaného majetku. Nápravná opatření zahrnují řadu dílčích kroků jako např. doprůzkum kontaminace, zpracování analýzy rizik, studie proveditelnosti a vlastní sanační práce.

Cíle resp. rozsah nápravných opatření je definován prostřednictvím odborného materiálu „Analýza rizik“, který je rozhodujícím podkladem pro vydání odpovídajícího rozhodnutí příslušného orgánu státní správy (zpravidla České inspekce životního prostředí), které definuje závazné cílové parametry nápravných opatření (cílové limity, termíny plnění, postsanační monitoring, apod.) a některé další podmínky plnění. Jednotlivé podmínky a povinnost pro orgány státní správy účastníci se procesu nápravy starých ekologických zátěží jsou definovány v již zmíněném Usnesení vlády ČR č. 51/2004 a ve Směrnici MF a MŽP č. 4/2017. Přehled uzavřených smluv s výší garance od zahájení sanací v roce 1991 do konce roku 2018 uvádí následující tabulka:

	Ekologické smlouvy	Garance
Celkem od roku 1991	326	175,7 mld. Kč
Ukončeno do roku 2018	185	23,5 mld. Kč (garance 36,7 mld)
Aktuální stav - zbývá	141	139 mld. Kč
Celkem uhrazeno od roku 1991		62,6 mld. Kč

Z celkového závazku zbývající garance ve výši 139 mld. Kč je v uzavřených smlouvách již vázáno 42,1 mld. Kč, z toho již uhrazeno 39 mld. Kč. Dosud neřešené závazky vyplývající z ekologických smluv činí téměř 100 mld. Kč.

Původní proces odstraňování SEZ souvisejících s privatizací a realizovaný postupně samostatnými zakázkami dle jednotlivých ekologických smluv či lokalit byl (kromě již běžících akcí) na několik let od roku 2008 v podstatě zastaven kvůli projektu „Odstranění některých ekologických zátěží vzniklých před privatizací“ (zkráceně Ekotendr). Až do konce roku 2011 Ministerstvo financí zadávalo nové zakázky pouze na odstraňování tzv. krajně naléhavého stavu, nebo dílčí akce typu supervize, doprůzkumů či eventuálně dodatečných nebo udržovacích prací. Tímto krokem byl proces odstraňování SEZ silně zpomalen a řešení SEZ tak bylo v podstatě odsunuto do dalších let. O vývoji procesu odstraňování SEZ souvisejících s privatizací za uplynulé roky vypovídá následující tabulka finančního plnění z Fondu privatizace:

Rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
mld. Kč	6,0	4,6	4,7	3,6	5,4	3,5	3,4	3,4	2,3	1,2	0,8	0,7	0,7	0,97

Od roku 2015 byla po letech stagnace naplno zahájena etapa zadávání nových zakázek na odstraňování starých ekologických zátěží, které zadává Ministerstvo financí na základě vzájemně



odsouhlaseného seznamu priorit pro daný rok. V roce 2015 a 2016 bylo zahájeno, popřípadě i ukončeno, zadání 14 prioritních akcí, od roku 2017 je každoročně schvalováno cca 10 akcí k realizaci včetně dalších cca 20 lokalit v zásobníku priorit pro další roky. Na odstraňování SEZ a rekultivační a revitalizační práce by dle vyjádření Ministerstva financí mělo být opět připraveno na každý rok cca 3,5 mld. Kč.

### DOTAČNÍ PROGRAMY

Od roku 2007 probíhalo čerpání dotací z fondů Evropské unie, konkrétně v rámci **Operačního programu životní prostředí (OPŽP), prioritní osa 4, oblast 4.2 – Odstraňování starých ekologických zátěží**. V tomto programu je možné poskytnout dotaci na provedení průzkumných prací a analýz rizik, na sanaci starých ekologických zátěží a na provedení inventarizace kontaminovaných a potenciálně kontaminovaných míst. Dotace se týkají ovšem kontaminovaných míst, resp. starých ekologických zátěží, na jejichž řešení nejsou určeny žádné jiné finanční prostředky a které splňují definici danou Programovým a Implementačním dokumentem OPŽP, a to: 1) původce kontaminace neexistuje nebo není znám a 2) jedná se o závažnou kontaminaci ohrožující zdraví obyvatelstva a složky životního prostředí. Realizace probíhá v tzv. výzvách k přihlašování projektů. V období 2007 – 2013 byly poskytnuty dotace ve výši 7 mld. Kč. Alokace byla snížena na 5,245 mld. Kč přesunem do jiných os, nicméně všechny prostředky byly úspěšně vyčerpány. V **novém programovacím období 2014 - 2020 pro oblast podpory 3.4 – Dokončit inventarizaci a odstranit ekologické zátěže** máme k dispozici již pouze dotace ve výši 3,16 mld. Kč. V roce 2019 byla také s podporou OPŽP zahájena II. etapa Národní inventarizace kontaminovaných míst (NIKM), která pomůže naplnit stávající databázi Systému evidence kontaminovaných míst (SEKM) aktuálními informacemi a umožní získat ucelenou informaci o počtu a rizikovitosti starých ekologických zátěží na území ČR.

V roce 2015 byl také zahájen nový dotační program hrazený z vlastních zdrojů - **Národní program životní prostředí (NPŽP)**, který je určen např. pro fyzické osoby, popř. na odstranění a rekultivace černých skládek a řešení starých ekologických zátěží tam, kde kraje, města a obce nedosáhly jejich odstranění všemi dostupnými legálními prostředky. V 1. výzvě v roce 2015 bylo např. uvolněno 100 mil Kč na odstranění a rekultivace černých skládek.

### PROJEKTY REVITALIZACE A REKULTIVACE ÚZEMÍ DOTČENÝCH TĚŽBOU NEROSTDNÝCH SUROVIN A TĚŽBOU ROPY

Od roku 2002 probíhá **realizace projektů revitalizací a rekultivací území dotčených těžbou nerostných surovin a těžbou ropy**, na které vláda ČR svými usneseními od roku 2002 postupně vyčlenila 15 mld. Kč pro Ústecký a Karlovarský kraj, 21 mld. Kč pro Moravskoslezský kraj a jižní Moravu a 1,9 mld. Kč pro kladenský region. Žadateli o úhradu a předkladateli projektů jsou:

- těžební a hutní společnosti, které vznikly privatizací bývalých státních podniků,
- státní podniky sanačního charakteru,
- dotčené obce.

V podstatě se sice nejedná přímo o odstraňování ekologických škod, ale o nápravu území po těžbě, nicméně také tyto práce zlepšují kvalitu životního prostředí a pomáhají postiženým regionům revitalizovat tato území a zahrnují práce směřující k obnově a tvorbě:

- lesních porostů a zemědělských pozemků;
- vodních složek krajiny;
- krajinné zeleně a biokoridorů;
- území pro osídlení a využití volného času;
- stavebních pozemků včetně potřebné infrastruktury.

Gestorem projektů je Ministerstvo průmyslu a obchodu, MŽP zde vykonává pouze odborný dozor z hlediska návaznosti projektů na ochranu a nápravu životního prostředí.

**EVIDENCE A PRIORITIZACE EKOLOGICKÝCH ZÁTĚŽÍ**

Pokračování procesu odstraňování SEZ by v budoucím období mělo být zajištěno samostatnými zakázkami dle jednotlivých ekologických smluv či lokalit s tím, že pracovní skupina složená ze zástupců Ministerstva financí, Ministerstva životního prostředí a České inspekce životního prostředí stanoví prioritní akce, kde je nutné zahájit zadání sanačních prací co nejdříve. Výchozím zdrojem při stanovení prioritních akcí je ze strany Ministerstva životního prostředí databáze Systém evidence kontaminovaných míst – SEKM (<http://www.sekm.cz/>), konkrétně lokality s prioritou A stanovenou dle příslušného metodického pokynu Ministerstva životního prostředí:

PRIORITY	výrok o lokalitě	další postup
A3	potvrzeno aktuální neakceptovatelné riziko a šíření kontaminace	nápravné opatření bezodkladně nutné
A2	potvrzena kontaminace nad úroveň legislativou stanovených limitů, šíření kontaminace, nemožnost využívání lokality	nápravné opatření nutné
A1	kontaminace potvrzena, nejsou aktuální rizika, obecný nesoulad se zájmy ochrany životního prostředí	nápravné opatření žádoucí

Dalšími podpůrnými argumenty je připravenost lokality i potřebné dokumentace k zahájení výběrového řízení na dodavatele sanace, neodkladnost pokračování sanací z důvodu možného znehodnocení dosavadních prací, potřeba aktualizace již vyhotovené dokumentace a v neposlední řadě i nutnost navýšení původní garance finančních prostředků na odstranění starých ekologických škod.

Vzhledem k omezeným národním finančním zdrojům je důležitým úkolem také řádná evidence a prioritizace SEZ, což má umožnit dokončení celorepublikového projektu **Národní inventarizace kontaminovaných míst**. Cílem tohoto projektu je podchycení a základní zhodnocení co nejúplnějšího počtu kontaminovaných a potenciálně kontaminovaných lokalit, vytvoření nebo případné aktualizování jejich databázových záznamů a zajištění zpřístupnění a využití záznamů odbornou veřejností, všemi složkami veřejné správy a veřejností. Kompletní celostátní evidence kontaminovaných míst umožní celostátní představu o stavu a rozsahu kontaminovaných míst v České republice a na základě vyhodnocení kategorií priorit u vymapovaných lokalit pak vytvoření plánu pro soustředění finančních prostředků na realizaci nápravných opatření přednostně u prioritních kontaminovaných míst tzn. na odstraňování starých ekologických zátěží podle míry jejich závažnosti z pohledu ohrožení zdraví lidí a životního prostředí.

## ČO JE NOVÉ V OBLASTI ENVIRONMENTÁLNYCH ŠKÔD NA SLOVENSKU?

**Ing. Tatiana Horňanová, Ing. Miroslava Lacková**

Slovenská agentúra životného prostredia, Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica, Slovenská republika, tatiana.hornanova@sazp.sk, miroslava.lackova@sazp.sk

Oblasť environmentálnych škôd je v SR uplatňovaná od roku 2007 prostredníctvom transpozície smernice Európskeho parlamentu a Rady 2004/35/ES o environmentálnej zodpovednosti pri prevencii a odstraňovaní environmentálnych škôd [1] do národnej legislatívy zákonom č. 359/2007 Z. z. o prevencii a náprave environmentálnych škôd a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov [2]. Predpismi sa zavádza nový typ zodpovednosti - objektívna zodpovednosť, založená na zásade „znečisťovateľ platí“ s cieľom predchádzať vzniku ďalších kontaminovaných lokalít a zastaviť stratu biodiverzity.

Európska komisia spolupracuje s expertami ELD (Environmental Liability Directive) z členských štátov a so zainteresovanými skupinami odborníkov na realizácii činností z Viacročného pracovného programu na roky 2017 - 2020 (MAWP) s cieľom zlepšiť informačnú základňu a prispieť k zosúladieniu a progresu vo vykonávaní smernice na úrovni členských štátov. Kľúčovými aktivitami MAWP sú: zlepšenie dôkazovej základne pre ďalšie hodnotenie smernice ELD, podpora budovania kapacít a tvorby dokumentov spoločného porozumenia a vytvorenie systému finančného zabezpečenia pre ELD. Na úrovni EÚ je budovaný informačný nástroj - register ELD prípadov environmentálnych škôd. Cieľom registra je získať porovnateľné údaje na úrovni čl. štátov.

Aktivity realizované na Slovensku na podporu uplatňovania tejto legislatívy smerovali k tvorbe informačno-propagačných materiálov, školiacich aktivít a seminárov, vrátane tvorby metódik, manuálov a v poslednom období aj IT nástrojov online.

SAŽP vydala pre podporu riešenia tejto zložitej témy viacero odborných dokumentov:

- metodickú príručku „*Systém hodnotenia rizík pre posúdenie environmentálnej škody*“ [3] zameranú na odhad rizika, definovanie závažnosti škody a postup krokov, určenú pre zainteresovaných a hodnotiteľov rizík;
- užívateľský manuál „*Hodnotenie environmentálnych škôd v sieti i mimo siete Natura 2000*“ [4] s cieľom zefektívnenia spolupráce medzi relevantnými inštitúciami a na zlepšenie účinnosti zákona v rozhodovacom procese pri hodnotení škôd na druhoch a biotopoch EÚ významu, určený pre štátnu správu a odborné organizácie, vrátane zrealizovaných odborných školení pre štátnu správu, inšpekciu ŽP a odborné organizácie;
- „*Užívateľský manuál pre riešenie environmentálnych škôd vo vodnom prostredí pre zainteresované skupiny*“ s cieľom poskytnúť návod na preskúmanie prípadov.

V súlade so zákonom bol zriadený *Informačný systém prevencie a nápravy environmentálnych škôd* (IS PaNEŠ) pre zaznamenávanie online podnetov a oznámení o incidentoch závažného poškodenia vybraných prírodných zdrojov. SAŽP od roku 2008 prevádzkuje IS a sprístupňuje informácie, najskôr na webovej stránke a od roku 2014 na integrovanom webovom portáli. Vytvorený Integrovaný portál umožňuje na jednom mieste evidenciu údajov o prípadoch environmentálnej škody (EŠ) a prípadoch bezprostrednej hrozby (BHEŠ) v registri EŠ/BHEŠ a od roku 2018 v dvoch samostatných registroch.

V poslednom období s využitím IT nástrojov online boli v nadväznosti na metodiku sprístupnené softvérové kalkulatory pre určenie zóny zasiahnutia umožňujúce špecifikovať pravdepodobnú zónu zasiahnutia znečisťujúcou látkou a kalkulator na odhad rizika vytvorený z výpočtu EAI indexu [5], odrážajúceho mieru nebezpečnosti pre látky šírené vodou alebo vzduchom a pre látky znečisťujúce pôdu, vrátane editácie výsledkov a užívateľského manuálu.

Vytvorená bola služba mapového prehliadača na vizualizáciu miesta a zóny zasiahnutia EŠ a na vyhľadávanie prírodných zdrojov (voda, pôda, Natura) v základnom stave a pre ľubovoľné miesto v SR alebo pre konkrétnu prevádzku v zóne zasiahnutia vypočítanej pomocou kalkulátora. Novým IT nástrojom pre zainteresovanú odbornú verejnosť je „rozhodovací kľúč“, [6] na posúdenie, či sa má konať podľa zákona č. 359/2007 Z. z. o environmentálnych škodách.

Aká je situácia na Slovensku ?

Situácia na Slovensku v niektorých ohľadoch je podobná a do istej miery kopíruje situáciu v EÚ. Napriek tomu, že je vyvíjaná maximálna miera podpory, príslušné orgány nevyužívajú v plnej miere tento legislatívny nástroj. Aktuálne Slovensko pristúpilo k príprave nového zákona s cieľom stanoviť podrobnejšie kritéria pre dôslednejšiu identifikáciu prípadov závažného poškodenia ŽP a pre rýchlejšie a účinnejšie konanie podľa tohto zákona. Pripravované zmeny v zákone predpokladajú aj úpravu kompetencií orgánov na ochranu ŽP. Uplatňovanie tohto predpisu v mnohom závisí od kooperácie a súčinnosti viacerých orgánov na miestnej a regionálnej úrovni. Zainteresovanými sú: prevádzkovatelia, kompetentné úrady, vrátane inšpekcie ŽP, dotknuté orgány (okresné úrady, odbory pozemkové a lesné, hasičský a záchranný zbor, policajný zbor, obce, regionálna samospráva), odborné inštitúcie, asociácie, poisťovne a bankové domy, hodnotitelia environmentálnych rizík, sanačné spoločnosti a MVO.

Na Slovensku boli doposiaľ zaznamenané dva prípady bezprostrednej hrozby environmentálnej škody na vode, ktoré boli nahlásené v roku 2014, oba prípady boli vyriešené uložením preventívnych opatrení, ktoré zrealizovali na vlastné náklady prevádzkovateľa (pôvodcovia) prostredníctvom sanačných spoločností. Prípady boli uzavreté a údaje o nich sú publikované v registri. Zrealizovanými opatreniami sa podarilo zabrániť vzniku environmentálnej škody a vážnejším následkom na ŽP. Oznamované a zaznamenané boli dva prípady environmentálnej škody, ktoré sú v riešení. V roku 2018 bolo preskúmaných viacero potenciálnych prípadov EŠ/BHEŠ, ktoré sa týkali najmä nelegálnych výrubov a zásahov do biotopov, nezákonného nakladania s odpadmi, manipulácie a vzdúvania povrchovej vody a kontaminácie podzemnej vody. Väčšina týchto prípadov bola riešená v zmysle trestnoprávnej zodpovednosti, pričom za tieto činy boli uložené sankcie a pokuty. Týmto riešením sa však nedosahuje obnova a náprava v mieste poškodenia tak, ako to vyžaduje a umožňuje zákon o prevencii a náprave environmentálnych škôd.

Skúsenosti z týchto prípadov poukazujú na potrebu aktualizácie európskej i národnej legislatívy, na príprave ktorej sa v tomto roku na Slovensku začalo.

#### LITERATÚRA

- [1] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0035&from=SK>
- [2] <https://www.enviroportal.sk/uploads/files/pravne%20predpisy/3592007Zzenviskody.pdf>
- [3] <https://www.enviroportal.sk/uploads/files/Dokumenty/Zakon-3592007-Methodicka-pirucka-EnviroSkody.pdf>
- [4] <https://www.enviroportal.sk/uploads/files/EnviSkody.pdf>
- [5] <http://enviskody.enviroportal.sk/Riziko.aspx>
- [6] <http://enviskody.enviroportal.sk/Uvod.aspx>

## VÝSLEDKY ÚLOHY IDENTIFIKACE INDICIÍ KONTAMINOVANÝCH MÍST NA ÚZEMÍ ČR METODAMI DPZ

**Zdeněk Suchánek, Jaroslav Řeřicha, Jan Krhovský**

CENIA, česká informační agentura životního prostředí, Vršovická 1442/65, 100 10 Praha 10, Česká republika, zdenek.suchanek@cenia.cz

Hlavním úkolem první fáze 2. etapy projektu Národní inventarizace kontaminovaných míst (NIKM 2) bylo vytvoření nálezové báze indicií kontaminovaných míst (KM) pomocí metod dálkového průzkumu Země (DPZ). Za prvních 16 měsíců projektu (leden 2018 – duben 2019) byla interpretací fotomap a dalších geografických podkladů vytvořena tematická vrstva 14 typů indicií KM. Práce 9 interpretátorů z CENIA se prováděly v prostředí QGIS. V první fázi bylo detekováno cca 33 tisíc jednotlivých indicií. Primární nálezová báze byla dále revidována. Výsledný počet indicií je cca poloviční. Získaná data jsme statisticky vyhodnotili a pro každý typ analyzovali jejich distribuci a charakteristiku z pohledu faktorů, které je ovlivňují (koncentrace průmyslu nebo zemědělské výroby, účinnost opatření místních úřadů, socio-ekonomické, resp. demografické faktory apod.). Výstupy úlohy slouží jako podklad pro terénní šetření. Výstupy dokládají prostorové a socioekonomické vazby zjištěných indicií KM a slouží pro geografickou podporu pro inventarizačních prací v letech 2019 - 2021 [1].

### METODA A POSTUP PRACÍ

Indicie KM jsou vizuální projevy možného KM na leteckých a satelitních snímcích. Územní jednotkou pro vyhledávání indicií bylo zvoleno území obce s rozšířenou působností (ORP). KM se v závislosti na typu lidské činnosti, kterou vznikly, liší jak typy kontaminantů, tak možným způsobem jejich uvolňování a šíření. Rozdělení KM indikovaných z ortofotomap v úvodní fázi projektu NIKM 2 na 14 typů (tab. 1) tyto rozdíly reflektovalo.

Kód	Typ indicie	Kód	Typ indicie
<b>a</b>	průmyslový areál s vlivem na ŽP	<b>p</b>	podezření na černou skládku
<b>b</b>	brownfield průmyslový	<b>r</b>	objekt indikovaný reliéfem (DMR5)
<b>c</b>	černá skládka	<b>s</b>	objekty SEKM s novou indicí
<b>h</b>	polní hnojiště	<b>t</b>	tovární skládka v areálu podniku
<b>j</b>	silážní jáma	<b>v</b>	vrakoviště
<b>l</b>	opuštěný lom	<b>z</b>	opuštěný zemědělský objekt – zemědělský brownfield
<b>o</b>	opuštěný objekt	<b>n</b>	neurčeno, jiný typ

**Tab. 1: Souhrnné údaje identifikovaných indicií podle jejich typů**

Jednotlivé typy byly vymezeny podle více kritérií, především podle vazby na lidské aktivity většinou v kombinaci s typem materiálu, který KM místo tvoří. Takto byly vymezeny skupiny typů vázaných na průmyslovou (*a*, *b*, *t*, *v*) a zemědělskou (*h*, *j*, *z*) činnost. Další skupinou typů souvisejícím s širokým spektrem činností jsou nelegální (černé) a pravděpodobné nelegální skládky (*c*, *p*, *l*). Lokality se změnou rozsahu nebo lokalizace již dříve evidovaných KM v SEKM jsme označili jako typ *s*. Na lidská sídla jsou vázány potenciálně kontaminanty v destruovaných objektech (*o*). Další typy byly vymezeny jako reliéfně definované potenciální atraktory pro ukládání odpadu, které je třeba v terénu ověřit (*l*, *r*). Pro potenciálně kontaminovaná místa, u kterých nebylo možno z vizuální podoby stanovit typ, byla zavedena kategorie *n*.

V prvosledovém vyhodnocení byly pouze vyhledávány indicie, vyznačeny jejich polohy a přiřazen atribut typu. V revizním hodnocení byly nalezené indicie podrobeny nezávislé kontrole závažnosti, relevance a typového zařazení. Revidující vyhodnocovatel každý záznam posoudil a rozhodl, zda je konkrétní indicie vyhodnocena správně. Pokud ne, revizor danou indicii přetypoval na jiný vhodnější atribut. Pokud nebyla indicie shledána jako relevantní, byla označena atributem *d* a tím vyloučena

z platných indicií. Revizi prováděl vždy jiný pracovník než prvosledové vyhodnocovatel. Tím byly z valné části odstraněny individuální systematické chyby („tíhnutí“ k určitému typu, přehlížení jiného typu apod.). Doplnující informace pro terénní šetření byla začleněna do komentáře v rozsahu 50 znaků.

### PRVOSLEDOVÉ A REVIZNÍ VYHODNOCENÍ

Práce byly vedeny řídicí dokumentací ve formě excelové tabulky, v níž byly sledovány výkony pracovníků (úplný seznam) na zadaných územích ORP (rovněž úplný seznam). Kdykoliv tak v případě potřeby byly k dispozici základní provozní údaje a souhrny, a to od počátku prací až do úplného dokončení interpretačních prací. Absolutní počty indicií zjištěných v jednotlivých ORP nejsou ukazatelem míry „znečištění“, neboť jednotlivá území ORP mají různou velikost od 44 km<sup>2</sup> až po 1242 km<sup>2</sup>. Osvědčilo se relativní vyjádření počtu indicií na 100 km<sup>2</sup>. Pro různé typy indicií vychází tyto hustoty velmi odlišně. Již z prvního souhrnu (tab. 2) vyplývá, že největší hustotu mají podezření na černé skládky (p).

Typ indicie	a	b	c	h	j	l	n	o	p	r	s	t	v	z	Celkem
Počet	971	494	844	4775	708	1443	327	1363	15407	1322	619	2109	1881	1173	33 436
Hustota na 100 km <sup>2</sup>	1,23	0,63	1,07	6,05	0,90	1,83	0,41	1,73	19,54	1,68	0,78	2,67	2,39	1,49	42,40

Tab. 2: Počty indicií a jejich hustota po prvosledovém vyhodnocení

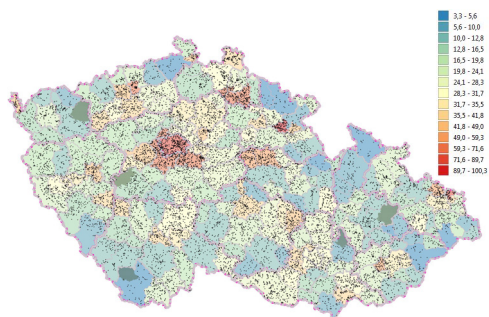
Revizí byly počty indicií redukovány zhruba na polovinu (viz tab. 3). Vyloučeným indiciím byl přidělen atribut d.

Typ indicie	a	b	c	h	j	l	n	o	p	r	s	t	v	z	d	Celkem a-z
Počet	797	389	360	1895	463	641	133	500	7555	748	323	1032	1153	1043	17686	17032
Hustota na 100 km <sup>2</sup>	1,01	0,49	0,46	2,40	0,59	0,81	0,17	0,63	9,58	0,95	0,41	1,31	1,46	1,32	22,43	21,60

Tab. 3: Počty indicií a jejich hustota po revizním vyhodnocení

### PŘEHLED DISTRIBUCE INDICIÍ

Východiska pro analýzu distribuce indicií KM jsme popsali v [6 a 7] s odvoláním na předchozí publikace k metodice vyhledávání a interpretace indicií KM [2, 3, 4, 5]. Východiskem analýzy distribuce indicií bylo vícestupňové vyhodnocení ortofotomapy a standardizující revize výstupu z prvosledového hodnocení. Při hodnocení distribuce jednotlivých typů indicií jsme se zaměřili přednostně na hledání vazeb na socioekonomické prostorové charakteristiky jednotlivých ORP (jako je hustota osídlení, celková produkce odpadů nebo strukturální postiženost oblasti) a na korelaci jejich hustoty s třemi typy krajiny (převážně přírodního, průmyslového a zemědělského) vymezených



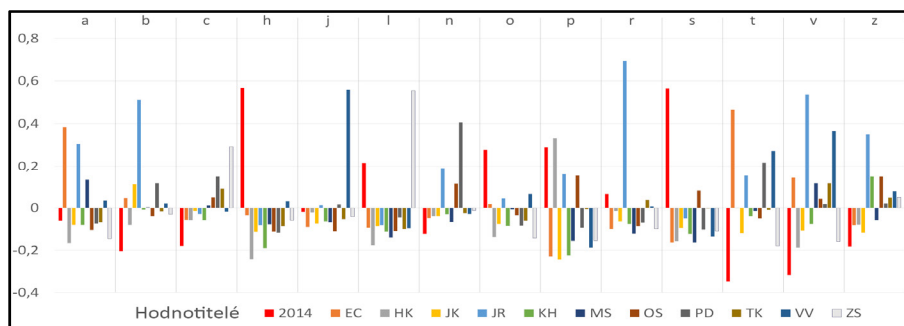
již v 1. etapě NIKM na základě analýzy datových sad CORINE (klasifikace krajinného pokryvu).

Obr. 1: Lokalizace a hustoty indicií kontaminovaných míst na území ČR

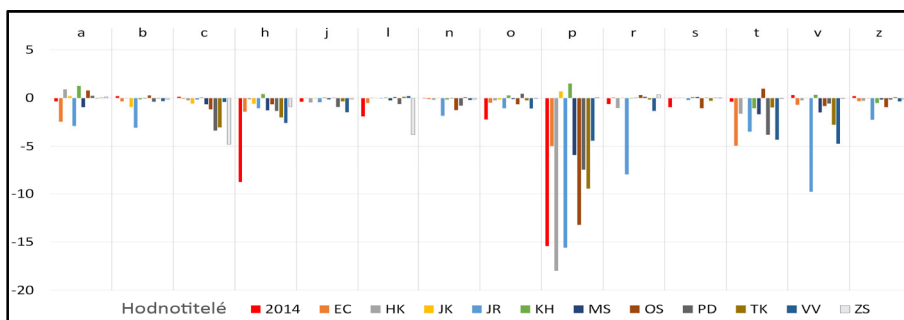
Indicie všech typů jsou soustředěny do několika ohnisek – např. Praha a její okolí, severovýchodní Čechy (vyjma příhraničních oblastí), střední část Podkrušnohoří, Ostravsko. S výjimkou území přírodního charakteru (lesy, chráněná příroda, nízká hustota obyvatelstva) je zbývající plocha pokryta indiciemi poměrně rovnoměrně. Příčiny a vazby zvýšených hustot na územní a socioekonomické charakteristiky je nutno analyzovat odděleně pro jednotlivé specifické typy indicií.

### VARIABILITA PREFERENCÍ HODNOTITELŮ A JEJÍ REDUKCE REVIZNÍM VYHODNOCENÍM

Srovnání průměrných hustot typů indicií klastrů ORP zpracovávaných v prvním sledu různými hodnotiteli vykazuje rozdíly. Souvisejí v první řadě s reálnou distribucí KM v hodnocených ORP. Část této variability přičítáme přístupům hodnotitelů. Na individuální preference lze usuzovat z korelací mezi průměrnými hustotami a osobou hodnotitele – viz obr. 2. Rozdíly mezi hodnotiteli mohou souviset s jejich odborností (rozpoznávání lomů geologem – nadprůměrná hustota indicií *l*, používání DMR kartografem – *r*), z odchylek v pojetí typů indicií (*v*) a vnímání jejich závažnosti (*p*), případně s úpravou metodiky po roce 2014 (*h*). K potlačení zkreslení z rozdílných přístupů prvosledových hodnotitelů přispělo revizní vyhodnocení, které posílilo stejné pojetí typů v případech, kdy jejich příbuznost vedla k jejich možné záměně (*c - p*; *a - t - p*; *z - o*; *r - l*). To bylo opraveno přetypováním revizorem. Dalším výsledkem revize bylo potlačení indicií s menším rizikem kontaminace nebo odstranění omylných identifikací. Vyrovnávající dopad přetypování při revizi ukazuje obr. 3 (viz např. potlačení extrémů u typů *l* nebo *r*).



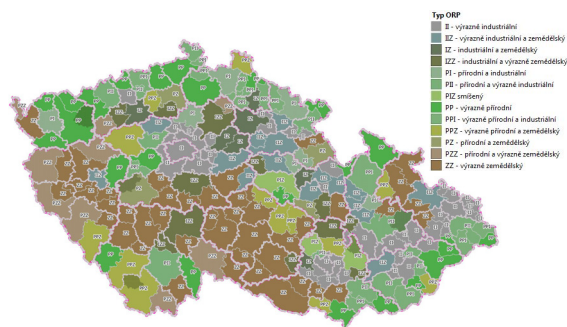
Obr. 2: Korelace prvosledových hodnotitelů s průměrnými hustotami indicií na 100 km<sup>2</sup> (korelační koeficienty pro jednotlivé hodnotitele jsou vyneseny sloupci stejné barvy)



Obr. 3: Procentuální změna průměrných hustot indicií na 100 km<sup>2</sup> v klastru ORP zpracovávaných v prvosledu stejným hodnotitelem po revizi

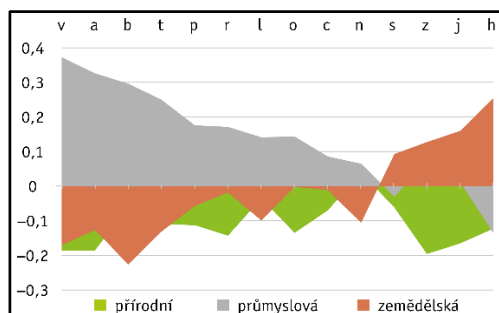
### DISTRIBUCE JEDNOTLIVÝCH TYPŮ INDICIÍ

Následnou analýzou byl sledován vliv vybraných socioekonomických faktorů (typu krajiny, hustoty osídlení a produkce odpadu) na hustota jednotlivých typů indicií v ORP.

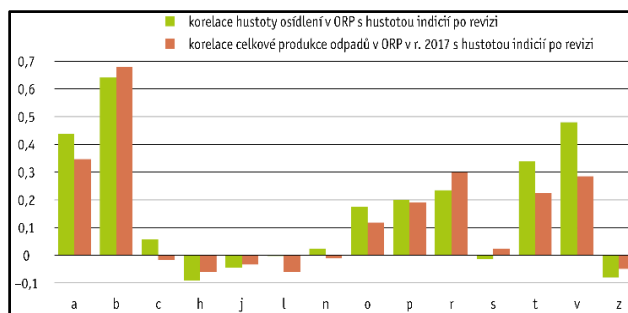


Obr. 4: Typologie území v členění na přírodní, průmyslový a zemědělský typ krajiny

Obr. 5 ukazuje, že indicie související s průmyslovými aktivitami (*a, b, t, v*) mají nejvýraznější pozitivní korelaci s vyšším podílem průmyslového typu krajiny a indicie související se zemědělskou činností pozitivně korelují s převládajícím zemědělským typem krajiny. Obě tyto skupiny indicií jsou negativně korelovány s přírodním typem krajiny. Soulad změn hustoty jednotlivých typů indicií s nezávisle vymezenými typy krajiny potvrzuje relevantnost dosažených výsledků. Kromě dvou uvedených skupin lze vymežit i třetí skupinu (asociaci indicií spojených s ukládáním odpadu v terénu (*c, p, r, l*), která málo významnou pozitivní korelaci s průmyslovým typem krajiny.



Obr. 5: Korelace hustoty indicií s podílem typů krajiny v ORP



Obr. 6: Korelace hustoty osídlení a celkové produkce odpadů v ORP s hustotou indicií

Dalšími faktory, které mohou ovlivňovat hustotu jednotlivých typů indicií je hustota osídlení a celková produkce odpadů v jednotlivých ORP. Korelace hustot s těmito faktory je vynesena v obr.6. Korelační koeficienty hustoty jednotlivých typů indicií s hustotou osídlení mají obdobnou hodnotu jako míra korelace s celkovou produkcí odpadů. Odpovídá to velmi vysoké míře korelace počtu obyvatel s celkovou produkcí odpadů ( $r=0,96$ ).

## ZÁVĚR

Výsledkem projektové úlohy sběru vizuálních indicií KM pomocí metod DPZ je souhrn polohových záznamů míst předepsaných k místnímu šetření a předaný v podobě datové vrstvy (.shp) dodavateli úlohy plošné inventarizace a dále představa toho, kde a jaké podezřelé objekty, areály a lokality lze na území ČR očekávat. Vstupní předpoklady a očekávání co do distribuce indicií byly v zásadě potvrzeny. Některé typy indicií se i přes své zdánlivé difúzní rozložení na území ČR přednostně vážou k územím s určitým převládajícím typem lidské činnosti.

## PODĚKOVÁNÍ

Projekt NIKM 2 je spolufinancován z fondů Evropské unie – z Fondu soudržnosti v rámci Operačního programu Životní prostředí (oblast podpory 4.2. - Odstraňování starých ekologických zátěží).

## LITERATURA

- [1] Suchánek, Z., 2016: Projekt inventarizace kontaminovaných míst k realizaci v rámci OPŽP 2014-2020. Sborník konference Sanační technologie XIX, Třeboň. Vodní zdroje Ekomonitor. ISBN 978-80-86832-92-0, Chrudim, s. 98-100.



- [2] Doubrava, P., Jirásková, L., Petruchová, J., Roušarová, Š., Řeřicha, J., Suchánek, Z., 2011: Metody dálkového průzkumu v projektu Národní inventarizace kontaminovaných míst. CENIA, česká informační agentura životního prostředí, Praha, ISBN: 978-80-85087-91-8, s. 1-94.
- [3] Suchánek, Z., Řeřicha, J., 2016: Update of the methodology for raster data interpretation (remote sensing) for detecting clues of contamination within the contaminated sites inventory project. Proceedings of International Conference Contaminated Sites 2016, Bratislava, s. 69-74.
- [4] Suchánek, Z., Řeřicha, J., Krhovský, J., 2018. Specification of the methodology for the review of clues of contaminated sites obtained with the use of remote sensing“. Slovak Environment Agency. International Conference Contaminated sites 2018, Banská Bystrica 8 – 10 October 2018, Conference Proceedings. Banská Bystrica, September 2018. ISBN: 978-80-89503-90-2. s. 67-71.
- [5] Suchánek, Z., Řeřicha, J., 2018: Průběžný stav sběru indicií kontaminovaných míst metodami DPZ v zahájeném projektu NIKM 2. etapa. Sborník konference Sanační technologie XXI, 23. – 25. května 2018, Tábor, ISBN 978-80-88238-07-2, Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, s. 109-104.
- [6] Suchánek, Z., Řeřicha, J., Krhovský, J., 2019: Distribuce identifikovaných indicií kontaminovaných míst na území ČR. Sborník konference Sanační technologie XXII, 23. – 24. května 2019, Uherské Hradiště, ISBN 978-80-88238-14-0, Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, s. 70-76.
- [7] Řeřicha, J., Krhovský, J., Suchánek, Z., 2019: Statistické výsledky identifikace indicií kontaminovaných míst pomocí metod DPZ na území ČR. Plakátové sdělení. Sborník konference Sanační technologie XXII, 23. – 24. května 2019, Uherské Hradiště, ISBN 978-80-88238-14-0, Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, s. 169-171.



Ilustračné foto

## NÁRODNÉ PROJEKTY IMPLEMENTOVANÉ SAŽP V RÁMCI OP KŽP (2014 – 2020)

### RNDr. Vladimír Malý

Slovenská agentúra životného prostredia, Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica, Slovenská republika, vladimir.maly@sazp.sk

Odbor riadenia projektov pôsobiaci na Slovenskej agentúre životného prostredia má vo svojej pôsobnosti okrem iných aj národné projekty financované v rámci OPKŽP. Aktuálne sú v realizácii tri národné projekty, ktorých dopad ako vyplýva z ich štatútu má národný dopad a mal by zasiahnuť a pokryť svojimi aktivitami značnú časť Slovenskej republiky.

### **NP3: NÁRODNÝ PROJEKT ZLEPŠOVANIE INFORMOVANOSTI A POSKYTOVANIE PORADENSTVA V OBLASTI ZLEPŠOVANIA KVALITY ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA NA SLOVENSKU:**

- Termín realizácie: 06/2016 – 12/2022
- Schválenie projektu: 10/2018
- Celkové oprávnené výdavky projektu: 23 990 501,67 €
- Miesto realizácie projektu: celé Slovensko

#### **Cieľ:**

Realizácia národného projektu zabezpečuje a zlepšuje ochranu životného prostredia prostredníctvom osvetu a lepšej informovanosti verejnosti a dotknutých subjektov v oblastiach jednotlivých zložiek životného prostredia. Cieľ projektu bude dosiahnutý prostredníctvom realizovania rôznych typov informačných aktivít, osvetových programov a poradenstva, čím podporí vyššiu účasť verejnosti na rozhodovacích procesoch a zvýši environmentálne povedomie verejnosti a dotknutých subjektov na v oblasti životného prostredia. Národný projekt významnou mierou prispeje k naplneniu cieľov Operačného programu Kvalita životného prostredia (OP KŽP) v oblasti informovanosti a poradenstva. Okrem hlavných aktivít projektu sú realizované aj aktivity prierezového charakteru, ktoré sú orientované na zlepšenie informovanosti o kvalite životného prostredia.

#### **Projekt je rozdelený na 6 hlavných aktivít:**

- HAP1 - Informačné aktivity v oblasti odpadov
- HAP 2 - Informačné aktivity v oblasti vôd a vodného hospodárstva
- HAP3 - Informačné aktivity v oblasti ochrany prírody a krajiny
- HAP4 - Informačné aktivity v oblasti ochrany ovzdušia a IPKZ
- **HAP5 - Informačné aktivity v oblasti environmentálnych záťaží**
- HAP6 - Informačné aktivity v oblasti zmeny klímy

#### **Výstupy:**

- Plánovaný počet osôb zapojených do informačných aktivít 5 955 513.
- Plánovaný počet subjektov zapojených do informačných aktivít 11 430.
- Plánovaný počet zrealizovaných informačných aktivít 1 035.

Realizáciou aktivít národného projektu sa zabezpečí efektívnejší prístup cieľových skupín – občanov SR k informáciám v oblasti životného prostredia na základe čoho, sa sekundárne očakáva udržateľné a efektívne využívanie prírodných zdrojov a zabezpečenie prirodzenej ochrany životného prostredia zo strany cieľových skupín ako nositeľov získaných vedomostí. Následne sa zabezpečí vyššia účasť verejnosti na rozhodovacích procesoch a zvýši sa environmentálne povedomie verejnosti a dotknutých subjektov pri jeho riadení, zabezpečí sa informovanosť v problematike nepriaznivých

dôsledkoch zmeny klímy a možnostiach proaktívnej adaptácie a zároveň sa zlepší komunikácia pri objasňovaní problémov jednotlivých skupín a zosúladovania ich záujmov.

V rámci webového sídla SAŽP je na podstránke „EÚ projekty“ zriadená webová aplikácia „kalendár podujatí“ (<http://www.sazp.sk/projekty-eu/infoactivity/>), kde je možné sa bližšie zorientovať v rámci jednotlivých pod-aktivít v rámci hlavných aktivít projektu (obr. 1).

The screenshot shows the SAŽP website interface. At the top, there is a navigation menu with the SAŽP logo, search, and language options. Below the menu, there are six colored boxes representing different activity categories: HAP1 (odpady), HAP2 (voda a vodné hospodárstvo), HAP3 (ochrana prírody a krajiny), HAP4 (ochrana ovzdušia a IPKZ), HAP5 (environmentálne záťaž), and HAP6 (zmena klímy). The main content is a calendar for April 2019. The calendar shows several events: seminars on EIA and SEA on April 3 and 4, an excursion on April 8, and information days on April 16 and 26. The events are color-coded according to the HAP categories.

Obr. 1: Webová aplikácia „kalendár podujatí.“

### HAP5 - Informačné aktivity v oblasti environmentálnych záťaží

nadväzujú na aktivity prieskumu, sanácie a monitorovania EZ v mestskom prostredí a v opustených priemyselných lokalitách vrátane oblastí, ktoré prechádzajú zmenou. Cieľom aktivít je zvýšenie povedomia rozličných skupín širokej verejnosti o problematike EZ počas ich životného cyklu. Aktivity sa realizujú rôznymi formami a obsah je šitý na mieru jednotlivým cieľovým skupinám. V rámci uvedenej hlavnej aktivity projektu prebieha aj konferencia Znečistené územia 2019. Príklady aktivít sú nasledovné:

- konzultácie a priame poradenstvo v rámci národnej environmentálnej služby,
- konferencie, semináre, webináre, terénne kurzy či exkurzie a workshopy,
- školské programy (ENVIRÓZA, [www.enviroza.sk](http://www.enviroza.sk)) vrátane metodických dní, exkurzií a festivalu ŠIŠKA pre pedagógov a pracovníkov environmentálnej výchovy,
- periodické a neperiodické odborné a náučné publikácie a tlačoviny,
- webové aplikácie – mobilná aplikácia školského programu, terminologický slovník v oblasti znečistených území, ....

**NP6: NÁRODNÝ PROJEKT Informačný program o nepriaznivých dôsledkoch zmeny klímy a možnostiach proaktívnej adaptácie - Akčný plán na riešenie dôsledkov sucha a nedostatku vody H2ODNOTA JE VODA**

- Termín realizácie: 06/2018 – 05/2021
- Schválenie projektu: 16/11/2018
- Celkové oprávnené výdavky projektu: 2 498 017,14 €
- Miesto realizácie projektu: celé Slovensko

**Cieľ:**

Národný projekt predostiera problematiku sucha a nedostatku vody, ktorá je obsiahnutá v Akčnom pláne H2O ako riešenie dôsledkov sucha a nedostatku vody H2ODNOTA JE VODA. Hlavným cieľom národného projektu je prostredníctvom kombinácie mediálnych aktivít/nástrojov (napr. TV spoty, rádio spoty, online články, kampaní na sociálnych sieťach a iných netradičných foriem komunikácie) poskytnúť širokej verejnosti informácie o nepriaznivých dôsledkoch sucha a nedostatku vody a možnostiach proaktívnej adaptácie na zmenu klímy prostredníctvom realizácie rôznych opatrení uvedených v Akčnom pláne na riešenie dôsledkov sucha a nedostatku vody H2ODNOTA JE VODA. Cieľ národného projektu má byť teda dvojaký - v prvom rade upozorniť na nepriaznivé dôsledky sucha a nedostatku vody, ktoré sa týkajú každého z nás bez rozdielov a následne predstaviť efektívne spôsoby ako tieto nepriaznivé dôsledky zmierniť alebo úplne odstrániť.

Hlavné aktivity projektu budú realizované tak, aby bol zabezpečený, čo najefektívnejší zásah cieľovej skupiny, tak na celonárodnej úrovni ako aj regionálnej úrovni. Medzi hlavné komunikačné aktivity patria najmä mediálne kampane v „mainstreamových“ médiách a interaktívne spôsoby komunikácie, hlavne na sociálnych sieťach a v digitálnom prostredí.

**Hlavné aktivity projektu:**

„Informačné programy o nepriaznivých dôsledkoch zmeny klímy a možnostiach proaktívnej adaptácie“

**Výstupy:**

Počet zrealizovaných informačných aktivít : 29

**Výsledkom realizácie projektu bude:**

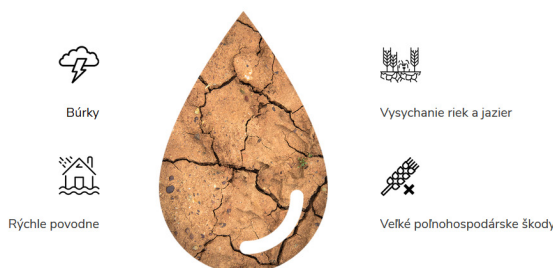
Ako je uvedené v Akčnom pláne H2O, v dôsledku zvýšeného výskytu extrémnych javov súvisiacich so zmenou klímy je potrebné reagovať na tieto zmeny prípravou a realizáciou konkrétnych preventívnych opatrení na riešenie dôsledkov sucha a nedostatku vody. NP H2O si kladie za cieľ predostrieť problematiku dôsledkov sucha a nedostatku vody, obsiahnutú v Akčnom pláne H2O, mediálnou informačnou kampaňou všetkým občanom SR, subjektom verejnej správy a subjektom súkromného sektora a zároveň upriamiť ich pozornosť na tento fenomén odkazmi na informačné zdroje, kde budú jednoducho formulované preventívne opatrenia vychádzajúce z Akčného plánu H2O a dostupné možnosti pre ich riešenie. Realizáciou komplexu informačných aktivít vo forme národného projektu sa prispeje k systémovému riešeniu problematiky efektívnej informovanosti o kvalite životného prostredia, zlepšovaniu povedomia, ako aj tvorby nástrojov informovania, poradenstva a podpory výmeny informácií medzi zainteresovanými skupinami, s cieľom zjednotenia a zefektívnenia komunikácie v oblasti životného prostredia. Aktivity národného projektu, ktorých výstupom je informovanosť verejnosti o zvýšení výskytu extrémnych javov súvisiacich so zmenou klímy, majú zabezpečenú udržateľnosť formou informovanosti a distribúcie smerom k cieľovým skupinám aj po ukončení NP. Aktivity charakteru informovanosti (napr. TV spoty, rádio spoty, online

články, kampaní na sociálnych sieťach a iných netradičných foriem komunikácie) zabezpečia publikovanie informácií na tému SUCHO aj v období po ukončení NP.

protisuchu.sk

ÚVOD DÔSLEDKY OPATRENIA PRE STAROSTU

Sucho ohrozuje celú planétu  
jeho dôsledky zažívame už dnes



Príklady vodozádržných opatrení

Obr. 2: Webové sídlo: [www.protisuchu.sk](http://www.protisuchu.sk)

#### NP4: NÁRODNÝ PROJEKT PODPORA BIODIVERZITY PRVKAMI ZELENEJ INFRAŠTRUKTÚRY V OBCIACH SLOVENSKA

##### Cieľ:

Národný projekt Zelené obce je zameraný na zachovanie a obnovu biodiverzity a ekosystémov mimo chránených území. Národný projekt sa zameriava najmä na realizačné opatrenia na úrovni obnovy, budovania a zachovania prírodných a poloprírodných oblastí, ako prvku zelenej infraštruktúry, a to prostredníctvom realizácie vegetačných prvkov. Národným projektom sa prispeje k zlepšeniu stavu kvality životného prostredia, a to prostredníctvom drevinovej revitalizácie existujúcich ekosystémov. Cieľom národného projektu je realizácia prvkov zelenej infraštruktúry na miestnej úrovni prostredníctvom vegetačných prvkov a s nimi súvisiacimi činnosťami. Takto cieľovou realizáciou vegetačných prvkov sa prispieva k vytvoreniu poloprírodných až prírodných krajinných štruktúr pre konkrétne územie, kde sú zohľadnené prirodzené špecifiká a ekosystémové funkcie. Okrem zachovania a obnovy biodiverzity a ekosystémov sa národným projektom na miestnej úrovni posilní klimatická funkcia, pôdoochranná funkcia, vodochranná funkcia, krajnotvorná funkcia ekosystémov a environmentálna funkcia urbanizovaného prostredia.

##### Aktivity:

Prvky zelenej infraštruktúry sa realizujú prostredníctvom dodania drevín a súvisiacich úkonov v rozsahu výsadby drevín, aplikácie pôdneho substrátu určeného pre jednotlivé druhy drevín, ochrany pôdneho substrátu, nevyhnutných terénnych a zemných úprav, fixačno-stabilizačných prvkov/opatrení, ktoré majú ochranný charakter na podporu rastu jednotlivých vegetačných prvkov a následného monitoringu vitality jednotlivých drevín po dobu realizácie národného projektu Zelené obce.

Podaktivitou národného projektu je zhotovenie odbornej metodické príručky k podpore biodiverzity prvkami zelenej infraštruktúry. Príručka bude východiskom, odborným a metodickým materiálom pre účely vyhotovenia realizačného projektu výsadby, čím žiadateľ zabezpečí dosiahnutie vysokej kvalitatívnej úrovne výstupov.

##### Výstupy:

Realizácia národného projektu prispeje k rozšíreniu druhov a rastu biologickej diverzity aj mimo

chránených území. Realizácia národného projektu je opatrením smerujúcim k zachovaniu a obnove biotopov na území Slovenskej republiky, ktoré nie je priamo chránené prostredníctvom sústavy Natura 2000, čo bude viesť k zlepšeniu spojitosti medzi existujúcimi chránenými prírodnými oblasťami s cieľom zabrániť fragmentácií a zvýšiť ekologickú súdržnosť.

#### Výsledkom realizácie projektu bude:

- Odborne realizované vegetačné prvky na minimálne 390 oprávnených miestach národného projektu Zelené obce.
- Revitalizácia prírodných a poloprírodných oblastí a zelených miest v urbanizovaných systémoch. Rozmiestnenie prvkov zelenej infraštruktúry bude mať zároveň významnú krajínovú funkciu a environmentálnu funkciu urbanizovaného prostredia.
- Zlepšenie klimatických, pôdoochranných, vodochranných podmienok v priestore, ktorý nie je v súčasnosti chránený sústavou Natura 2000. Realizáciou prvkov zelenej infraštruktúry sa prispeje k udržateľnému územnému rozvoju na miestnej úrovni, zabezpečí sa plnenie záväzkov v oblasti ochrany a zachovania biodiverzity a implementácie zelenej infraštruktúry.

Zelené obce Slovenska

Úvod Stav implementácie Realizačný projekt výsadby Dokumenty Kontakty

Všeobecné podmienky poskytnutia podpory: Dokument upravuje súhrn všeobecných podmienok vzťahujúcich sa k poskytnutiu podpory v rámci národného projektu s názvom „Podpora biodiverzity prvkami zelenej infraštruktúry v obciach Slovenska – Zelené obce Slovenska“.

STIAHNŮT DOKUMENT

SLOVENSKÁ AGENTÚRA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

OPERAČNÝ PROGRAM KVALITA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

### Žiadosť o poskytnutie podpory

Slovenská agentúra životného prostredia dňa 12.9.2018 spúšťa elektronický formulár pre podávanie žiadosti o poskytnutie podpory

VSTÚPIŤ

Národný projekt s názvom Podpora biodiverzity prvkami zelenej infraštruktúry v obciach Slovenska – Zelené obce Slovenska je zameraný na zachovanie a obnovu biodiverzity a ekosystémov mimo chránených území. Národný projekt sa zameriava najmä na realizačné opatrenia na úrovni obnovy, budovania a zachovania prírodných a poloprírodných oblastí, ako prvku zelenej infraštruktúry, a to prostredníctvom realizácie vegetačných prvkov. Národným projektom sa prispeje k zlepšeniu stavu kvality životného prostredia, a to prostredníctvom drevinovej revitalizácie existujúcich ekosystémov.

Cieľom národného projektu je realizácia prvkov zelenej infraštruktúry na miestnej úrovni prostredníctvom vegetačných prvkov a iných ekodiverzifikačných opatrení. Takto získanou revitalizáciou vegetačných prvkov sa prispieva k

Offline

Obr. 3: Webové sídlo: [www.zeleneobce.sk](http://www.zeleneobce.sk)

Uvedené národné projekty sú realizované v rámci OP KŽP.

# GEOCHEMICKÉ HODNOTENIE ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ A RÁMCOVÁ SMERNICA O VODE

**Igor Slaninka, Dušan Bodiš**

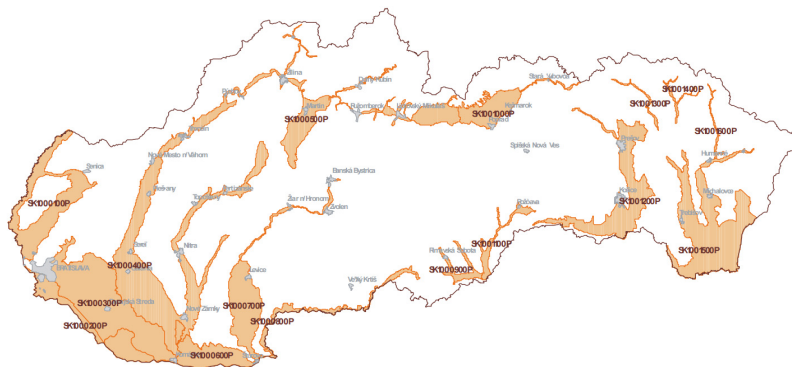
Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava, Slovenská republika, igor.slaninka@geology.sk, dusan.bodis@geology.sk

## KLÚČOVÉ SLOVÁ

environmentálne záťaž, geochemické hodnotenie, chemický stav útvarov podzemnej vody

## ÚVOD

Ku hodnoteniu podzemnej vody možno pristupovať z rôznych hľadísk. V tomto príspevku sa zaoberáme najmä hodnotením kvalitatívnych aspektov podzemnej vody (ďalej aj ako „PzV“) v spojitosti s hodnotením znečistených území (ďalej aj ako „ZÚ“) a implementáciou Rámcovej smernice o vodách (ďalej aj „RSV“). Vo všeobecnosti patrí medzi základné postupy hodnotenia kvality PzV najmä využitie relevantných legislatívnych predpisov a odborné geochemické posúdenie, prípadne ich kombinácia. Veľmi dôležitým východiskovým bodom hodnotenia je definovanie účelu a cieľa hodnotenia, to znamená zadefinovať čo chceme hodnotením dosiahnuť. Implementácia RSV, ako aj riešenie problematiky ZÚ, majú jeden spoločný významný cieľ, ktorým je zlepšenie kvality podzemnej vody. Rozdielny je však metodický prístup, ako aj mierka hodnotenia. Hodnotenie v rámci RSV sa zaoberá regionálnou mierkou, kde plocha útvarov podzemnej vody dosahuje rádovo desiatky až tisícky km<sup>2</sup> (obr. 1). V rámci riešenia ZÚ sa hodnotia oveľa menšie plochy – relevantné najmä ku kontaminačným mrakom. Podobne sú hodnotenia kvality podzemnej vody rozdielne aj metodicky a legislatívne, avšak za využitia podobných odborných geochemických prístupov.



**Obr. 1: Príklad vymedzenia a rozlohy kvartérnych útvarov podzemných vôd**

## RÁMCOVÁ SMERNICA O VODE A HODNOTENIE PODZEMNÝCH VÔD

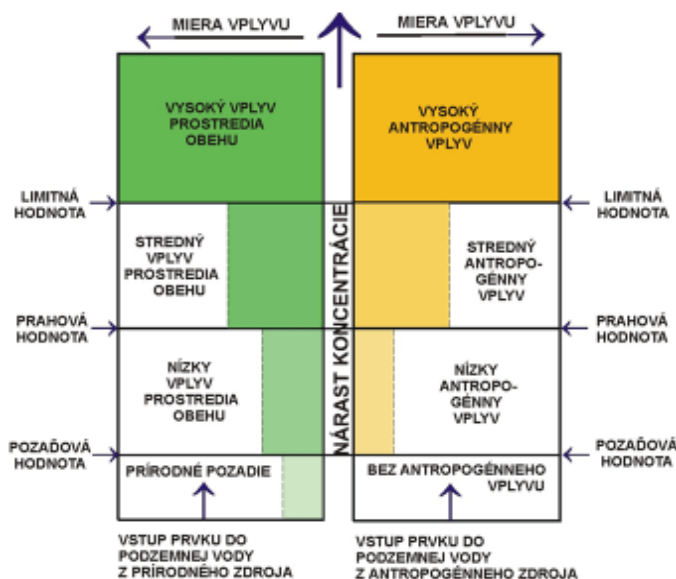
Rámcová smernica o vodách (RSV) 2000/60/ES [1] predstavuje kľúčový dokument zjednocujúci platnú legislatívu vo vodnom hospodárstve v EÚ. V zmysle požiadaviek RSV (Článok 17.2a) majú byť stanovené kritériá pre hodnotenie dobrého chemického stavu podzemnej vody v súlade s prílohou II.2.2 a prílohou V 2.3.2 a 2.4.5, ktoré majú slúžiť zároveň na určenie počiatkových bodov zvrátenia trendov (Článok 17.2b), ktoré sa použijú v súlade s prílohou V 2.4.4. Podrobnejšie o uvedených kritériách hovorí Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2006/118/ES o ochrane podzemných vôd pred znečistením.

V podmienkach SR sa hodnotí chemický stav útvarov podzemnej vody (ÚPzV) na základe výsledkov niekoľkých testov environmentálnych kritérií (ochrana previazaných útvarov povrchovej vody, terestrických ekosystémov, ktoré závisia od podzemnej vody a ochrany podzemnej vody pred intrúziou mineralizovaných vôd, resp. znečistenia) a kritérií pre využívanie podzemnej vody (ochrana

pitných vôd v chránených vodohospodárskych územiach a ochrane vôd využívaných na zavlažovanie, priemyselné účely apod.). Výsledkom je stanovenie dobrého alebo zlého chemického stavu ÚPzV. Postupy hodnotenia sú založené na overení, či monitorovacie objekty v ÚPzV ako hodnotenom celku ne/prekračujú kvalitatívne štandardy a/alebo prahové hodnoty. Hodnotenie zodpovedá mierke a vplyvy skúma v celej ploche/priestore útvaru. Ak je daný limit prekročený, skúmajú sa príčiny a pripravujú sa nápravné opatrenia na zmiernenie zlého chemického stavu ÚPzV.

Stanovenie prahovej hodnoty vychádza z požadovej hodnoty a limitnej hodnoty pre zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou. Prahová hodnota je tak korigovaná vzhľadom na geochemické pozadie (chemické zloženie podzemnej vody nie je ovplyvnené antropogénnou činnosťou človeka). Dôvodom je neprimeraná náročnosť opatrení pre prostredie kolektorov, ktoré obsahuje prirodzene anomálne zvýšený obsah zložiek (napr. mineralizované zóny a zrudnené polohy apod.). Na stanovenie požadovej hodnoty sa uplatňujú rôzne geochemické postupy. Na Slovensku bolo pre stanovenie požadovej hodnoty použité robustné štatistické kritérium - medián zväčšený o dvojnásobok mediánu absolútnych odchýlok (MAD) s využitím dostupného súboru geochemických údajov o zložení PzV (napr. [2]; monitoring SHMÚ).

Koncepčný model pre stanovenie požadových a prahových hodnôt (obr. 2) je zostavený na základe prírodného (ľavá časť) a antropogénneho (pravá časť) vstupu prvkov/zložiek do systému tvorby ich konečného zastúpenia v podzemnej vode. Pod konečným zastúpením sa rozumie obsah prvkov v prirodzenom (prameň), alebo umelom (vrt, studňa, štôľňa, drenáž apod.) výstupe podzemnej vody na zemský povrch. Vstup prvku/zložky do podzemnej vody je všeobecne determinovaný vstupom prostredníctvom infiltrácie zrážkovej vody a/alebo prestupom vody z povrchového toku. Miera vplyvu prirodzených a antropogénnych zdrojov je v praxi ťažko kvantifikovateľná a preto je v koncepčnom modeli vyjadrená iba slovné: nízka, stredná a vysoká. V prípade strednej miery vplyvu, pokiaľ nie je možné priamo identifikovať charakter zdroja je rozlíšenie geogénneho, resp. antropogénneho podielu obtiažne. Kvantifikovateľné kritériá v koncepčnom modeli predstavujú: požadová hodnota, prahová hodnota a referenčná (limitná) hodnota, ktoré sú v súlade s rastúcou koncentráciou sledovaného prvku/zložky.



Obr. 2: Koncepčný model pre stanovenie požadových a prahových hodnôt

Ako referenčné hodnoty boli v RSV použité koncentrácie ukazovateľov z Vyhlášky č. 247/2017. Z nich bola pomocou požadovej hodnoty vypočítaná prahová hodnota podľa vzorca:

$$\text{Prahová hodnota} = (\text{Referenčná hodnota} + \text{Požadová hodnota}) / 2$$



V prípade, že požadovaná hodnota je vyššia ako referenčná hodnota, tak sa prahová hodnota rovná požadovanej hodnote (môže nastať pri významnom prírodnom pôvode zložky). Hodnotenie chemického stavu ÚPzV vychádza z porovnania údajov z monitoringu kvality podzemnej vody za určité obdobie a prahových hodnôt. Vstupnou informáciou pre združenie údajov na úrovni ÚPzV je ročná priemerná koncentrácia sledovaných zložiek. Pod pojmom združovanie údajov sa rozumie premietnutie bodových informácií priemerných ročných koncentrácií z monitorovacích objektov do plošných v rámci ÚPzV. V zmysle uvedeného, pri hodnotení chemického stavu ÚPzV sa odhadujú nasledovné parametre:

- Rozsah a percentuálny rozsah (plochu) ÚPzV, v ktorom nie sú prekročené hodnoty štandardov kvality, alebo prahové hodnoty.
- Skutočnú priemernú koncentráciu zložky v celom ÚPzV.
- Interval spoľahlivosti priemeru pre celý ÚPzV.

Na odhad uvedených parametrov bola použitá metóda krigingu, z ktorej výsledkov boli tieto parametre vypočítané. Z modelovo vypočítaného radu hodnôt pomocou krigingu bol urobený priemer a interval spoľahlivosti pri 95% hladine významnosti. Pre kvartérne ÚPzV je väčšia pravdepodobnosť vzájomnej plošnej/priestorovej súvislosti medzi monitorovacími bodmi, preto bol aplikovaný postup výpočtu hodnoty zložky metódou krigingu, ktorej priemerná ročná koncentrácia prekračuje prahovú hodnotu. V prípade predkvartérnych ÚPzV, ktoré sú charakterizované najmä puklinovou, krasovo-puklinovou, alebo krasovou priepustnosťou a vo väčšine prípadov je v nich počet monitorovacích bodov nižší ako päť, bol spracovaný priemer ročných hodnôt a tento bol zvýšený o 20%. Dobrý chemický stav bol definovaný ako neprekročenie modelovej priemernej a prahovej hodnoty vybraných parametrov hodnotou horného intervalu spoľahlivosti priemeru jednotlivých parametrov pri 95% hladine významnosti. Priemer a interval spoľahlivosti boli vypočítané z výsledkov metódy krigingu v prostredí GIS. V prípade ak aj došlo k prekročeniu danej podmienky, výsledok bol podrobený hydrogeochemickej analýze, ktorou sa rozhodlo o konečnom chemickom stave ÚPzV. ÚPzV, ktoré neobsahujú ani jednu zložku prekračujúcu dané kritérium sa môžu označiť ako v dobrom chemickom stave. V dobrom chemickom stave sú ÚPzV aj v prípadoch, ak sú prekračované kritériá pre Fe a Mn, pretože tieto ióny majú v prevažnej väčšine kvartérnych aj predkvartérnych ÚPzV prírodný pôvod charakterizujúci redukčné prostredie obehu podzemných vôd.

### **GEOCHEMICKÉ HODNOTENIE KVALITY VÔD V PROBLEMATIKE ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ**

Znečistené územia (v rámci nich aj environmentálne záťaž) predstavujú vo vzťahu k ochrane ÚPzV, resp. podzemnej vody všeobecne „bodový“ zdroj znečistenia, resp. znečisťovania. Hodnotenie kvality podzemných vôd pri ZÚ legislatívne a metodicky usmerňuje najmä Smernica MŽP SR č.1/2015-7 [3] (ďalej ako „Smernica“). V Smernici sú uvádzané viaceré odvolávky a prepojenia na RSV (či následne súvisiacu legislatívu), napr. pri definovaní obsahu ekologických charakteristík skúmaného územia, kde sa vyžaduje uvádzanie chemického stavu príslušného ÚPzV, príp. pri určovaní referenčných miest a kritérií kvality podzemných vôd, rešpektujúc zachovanie dobrého chemického stavu ÚPzV, atď. To znamená, že pri hodnotení stavu PzV v rámci ZÚ je potrebné brať do úvahy aj širšie súvislosti riešené RSV. Základným postupom hodnotenia kvality podzemných vôd tu je porovnanie zistených nameraných, či stanovených hodnôt ukazovateľov ku limitným indikačným (ID) a intervenčným (IT) kritériám. Tieto hodnoty sú uvedené priamo v prílohe č. 12b [3]. Splnenie, či nespĺnenie uvedených kritérií podmieňuje ďalší postup riešenia znečisteného územia.

Okrem uvedeného základného, možno povediac legislatívneho hodnotenia je však možné pri hodnotení kvality PzV v rámci ZÚ aplikovať aj ďalšie, najmä geochemické hodnotenia a to s využitím princípu porovnania nameraných, resp. stanovených hodnôt ku prírodne podmieneným požadovým hodnotám. Využiť možno stanovené regionálne požadové hodnoty (napr. hodnoty platné pre príslušný ÚPzV), prípadne je možné účelovo stanoviť lokálne požadové hodnoty v bezprostrednom okolí hodnoteného znečisteného územia. Podrobnejšie sa problematikou stanovenia požadových hodnôt zaoberajú viaceré geochemické práce, napr. [4,5,6]. Pri hodnotení zmien kvality PzV je možné

využiť aj princíp referenčných a indikačných objektov, tu je však nutné starostlivé posúdenie hydrogeochemickej a hydrogeologickej situácie na lokalite. Okrem relatívne jednoduchého princípu porovnávania hodnôt, je možné využiť aj postupy geochemického modelovania a riešenia geochemických procesov, prípadne štatistickej analýzy (najmä časových radov údajov z monitorovania). Väčšie využívanie doplnkového geochemického hodnotenia kvality PzV môže napomôcť k zvýšeniu kvality informácie o prírodnom prostredí a zvýšeniu efektivity pri návrhu a realizácii nápravných opatrení, či už v rámci RSV alebo EZ.

## ZÁVER

Spoločný cieľ implementácie RSV a riešenia problematiky ZÚ (EZ) je vylepšiť stav podzemných vôd na Slovensku. RSV však hodnotí podzemné vody formou hodnotenia ÚPzV, ktorých rozloha je 70 – 3 600 km<sup>2</sup>, čo na rozdiel od EZ, ktoré v podstate reprezentujú bodové zdroje znečistenia je nepomerne iná mierka. Dalo by sa to porovnať pomerom mapových vyjadrení 1 : 500 000 a 1 : 10 000. Výsledky hodnotenia EZ môžu byť však významným prínosom na vypracovanie nápravných opatrení v plánoch manažmentu povodí. V prípade, ak dosah mraku znečistenia viacerých EZ v jednom ÚPzV prekročí 20% plochy ÚPzV, zapríčiňuje zlý chemický stav daného ÚPzV. Táto skutočnosť by mala byť podložená aj monitorovacou sieťou kvality podzemnej vody. V prípade, ak nie je, bolo by potrebné sa týmto aspektom zaoberať v ďalšom monitorovacom období napr. formou zvýšeného počtu monitorovacích objektov v hot spot území, ktoré bolo vyčlenené modelovo z EZ.

Okrem toho, že úspešné riešenie problematiky ZÚ priamo napomáha k zlepšovaniu stavu ÚPzV prostredníctvom redukovania negatívneho vplyvu bodových zdrojov znečistenia, pomáha aj pri dopĺňaní podporných pomocných údajov pre hodnotenie stavu ÚPzV. To platí najmä pri ÚPzV v zlom chemickom stave, kde je nutné prijímať opatrenia na zlepšenie stavu.

## POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol aj s využitím výsledkov a odborných skúseností získaných rámci riešenia projektu Operačného programu kvalita životného prostredia „Zabezpečenie monitorovania environmentálnych záťaží Slovenska – 1. časť“, ktorý je spolufinancovaný Európskou úniou / Kohéznym fondom (ITMS kód: 310011B426).

## LITERATÚRA

- [1] Anonym, 2000: Smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady z 23. októbra 2000 ustanovujúca rámec pôsobnosti spoločenstva v oblasti vodnej politiky. Úradný vestník Európskych spoločenstiev, Brusel, 67 s.
- [2] Rapant, S., Vrana, K., Bodiš, D., 1996: Geochemický atlas SR, časť. I. – Podzemné vody. Monografia. Geologická služba Slovenskej republiky. 127 s.
- [3] Smernica Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 28. januára 2015 č. 1/2015 – 7 na vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia.
- [4] Bodiš, D., Repčoková, Z., Slaninka, I., Krčmová, K., 2008: Stanovenie požadovaných a prahových hodnôt ÚPzV a hodnotenie chemického stavu podzemných vôd na Slovensku. Manuskript, ŠGÚDŠ Bratislava.
- [5] Reimann, C., Filzmoser, P., Garrett, R.G., 2005: Background and threshold: critical comparison of methods of determination. *Science of the Total Environment*, 346, 1-16.
- [6] Reimann, C., Garrett, R.G., 2005: Geochemical background – concept and reality. *Science of the Total Environment*, 350, 12-17.

## ZHODNOTENIE KVALITY PODZEMNÝCH VÔD V MONITOROVACÍCH MIESTACH ŠTÁTNEJ HYDROLOGICKEJ SIETE SLOVENSKEJ REPUBLIKY

**Mgr. Róbert Chriateľ, Mgr. Ľudovít Molnár, Mgr. Andrea Ľuptáková, Jaroslava Urbancová**

Slovenský hydrometeorologický ústav, Zelená 5, 974 04, Banská Bystrica, Slovenská republika, robert.chriatelj@shmu.sk, ludovit.molnar@shmu.sk, andrea.luptakova@shmu.sk, jaroslava.urbancova@shmu.sk

### KLÍČOVÉ SLOVÁ

Monitorovanie podzemných vôd, kvalita podzemných vôd, trendy vývoja kvality podzemných vôd

Systematické sledovanie kvality podzemných vôd v rámci národného monitorovacieho programu prebieha od roku 1982. Monitorovacie programy v roku 2006 prešli zmenami, ktoré vyplynuli z požiadaviek príslušnej legislatívy EÚ, najmä smernice 2000/60/EC tzv. Rámcovej smernice o vodách (RSV). Zmeny sa týkali tak vyhodnocovaných územných jednotiek, kde pôvodne koncipované monitorovanie vodohospodársky významných oblastí bolo transformované na monitorovanie útvarov podzemných vôd, ako aj základnej filozofie monitorovacieho programu, kde došlo k jeho rozčleneniu na tri vzájomne sa dopĺňujúce časti: základné monitorovanie, prevádzkové monitorovanie a monitorovanie chránených území.

Na Slovensku bolo vymedzených 75 vodných útvarov (16 kvartérnych a 59 predkvartérnych), ktoré boli v roku 2017 s výnimkou 1 predkvartérneho útvaru pokryté monitorovacími miestami. V rámci 591 lokalít v 74 útvaroch podzemných vôd na území SR v roku 2017 bolo pre základné monitorovanie vybraných 175 reprezentatívnych lokalít pre vodné útvary za účelom popisu prírodného charakteru podzemných vôd. Prevádzkové monitorovanie sa vykonávalo v 415 objektoch ovplyvnených plošnými a potencionálnymi bodovými zdrojmi znečistenia.

Odbery vzoriek sú realizované z 1 až 3 úrovňových vrto. V prípade predkvartérnych útvarov podzemných vôd je monitorovacia sieť doplnená o pramene. V roku 2017 bolo odobratých 1080 vzoriek podzemných vôd z 592 samostatných úrovní zodpovedajúcim 427 monitorovacím miestam. Frekvencia odberov vzoriek závisí od geologickej stavby monitorovaného útvaru podzemných vôd. Predkvartérne útvary podzemných vôd s výnimkou krasových oblastí sú monitorované 1 krát ročne, kvartérne 2 krát a útvary s krasovo-puklinovou priepustnosťou 4 krát ročne. V roku 2017 bolo sledovaných 183 ukazovateľov (terénne ukazovatele, základné fyzikálno-chemické ukazovatele, stopové prvky, pesticídy a ďalšie špecifické organické látky), ktoré boli rozdelené do základného a doplnkového súboru. Základný súbor ukazovateľov a stopové prvky boli stanovované vo všetkých odberových miestach. Rozsah doplnkového súboru bol stanovovaný v závislosti od druhu znečistenia ovplyvňujúceho danú lokalitu.

Hodnotenie kvality podzemných vôd je vykonávané v zmysle požiadaviek na kvalitu pitných vôd stanovených Vyhláškou Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky 247/2017 Z.z. V prípade, že uvedená vyhláška nezahŕňala limitnú hodnotu (najvyššia medzná hodnota, medzná hodnota, odporúčaná hodnota) bola táto prevzatá z Nariadenia Vlády 496/2010 Z.z. Ukazovatele nenachádzajúce sa vo Vyhláške Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky 247/2017 Z.z. a v Nariadení vlády SR č. 496/2010 Z.z. sú hodnotené podľa STN 75 7111, platnej od júla 1998 [1].

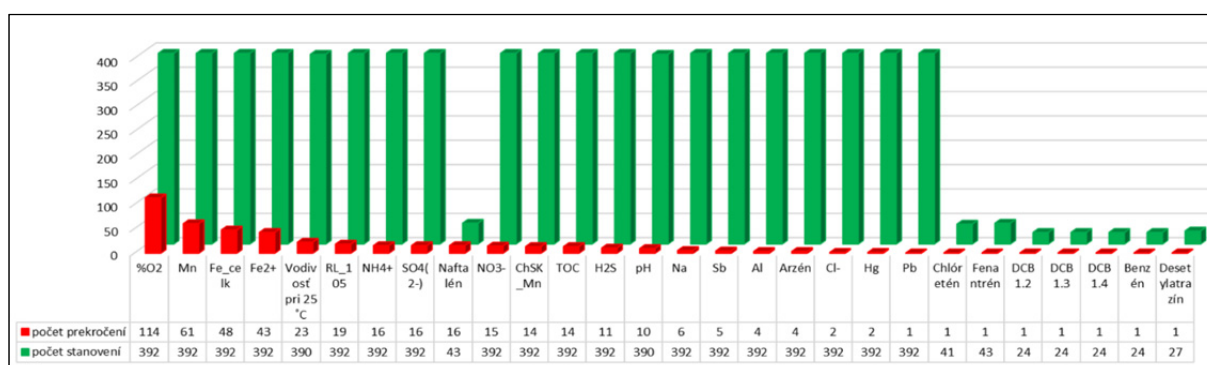
Z požiadaviek RSV vyplýva pre členské štáty povinnosť hodnotiť trendy vývoja kvality podzemných vôd [2]. Prvé hodnotenie trendov kvality podzemných vôd realizoval Slovenský hydrometeorologický

v spolupráci s externými inštitúciami v roku 2014. Hodnotiace obdobie reprezentovalo úsek rokov 2004 - 2013 [3]. Aktualizované hodnotenie trendov bolo spracované v roku 2018, v rámci ktorého boli hodnotené časové rady za roky 2007 - 2016 [4]. V obidvoch prípadoch boli pre testovanie prítomnosti štatisticky významných trendov použité dva testy - ANOVA (analýza rozptylu) a Mann-Kendallov test, pričom Mann-Kendallov test bol použitý pri všetkých časových radoch spĺňajúce kritériá pre hodnotenie trendov a ANOVA len v prípadoch že takéto časové rady vykazovali normálne rozdelenie údajov. Na testovanie rozdelenia údajov boli použité Shapiro-Wilk test a Lillieforsova varianta Kolmogorov-Smirnovovho testu. Všetky testy boli vykonávané na hladine významnosti  $\alpha = 0,05$ .

### Vyhodnotenie kvality podzemných vôd

Prekročenie limitov pre pitnú vodu bolo v roku 2017 zaznamenané aspoň pri jednom ukazovateli v 282 z celkového počtu 427 monitorovacích miest čo predstavuje 66 %. Je nutné uviesť, že tieto čísla vyjadrujú vyhodnotenie kvality vôd z pohľadu ich užívania na pitné účely a nezohľadňujú, či zvýšená koncentrácia daného ukazovateľa je spôsobená antropogénnym znečistením, alebo prírodnými procesmi.

Početnosť prekročení limitných hodnôt v roku 2017 v objektoch *základného monitorovania* je znázornená v grafe č. 1. Z výsledkov vyplýva, že v podzemných vodách objektov základného monitorovania vystupuje do popredia problematika nepriaznivých oxidačno-redukčných podmienok,

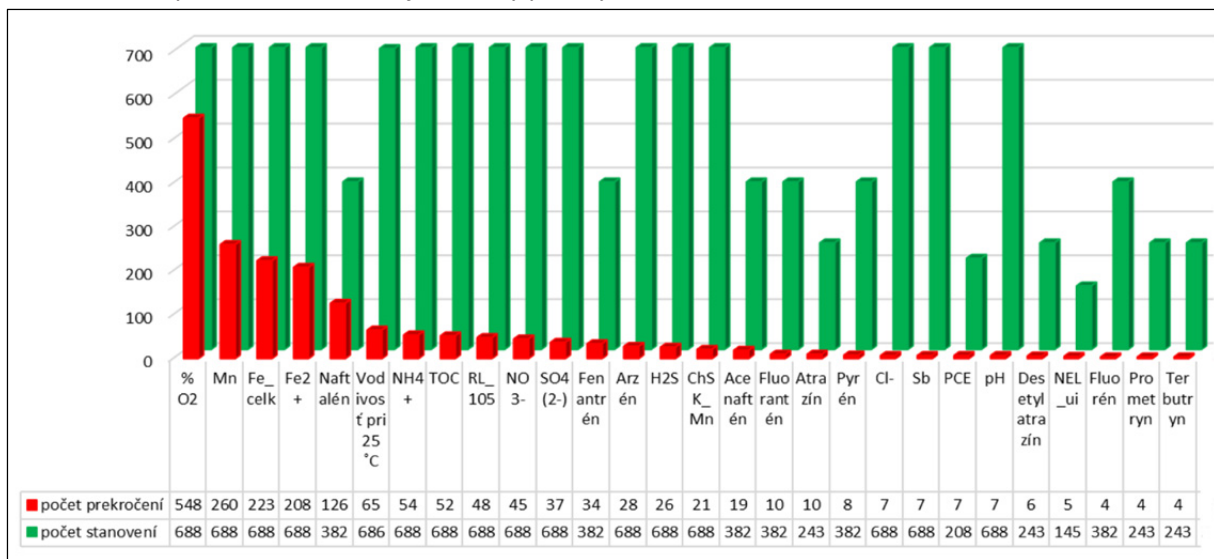


Graf č. 1: Početnosť prekročení ukazovateľov v objektoch základného monitorovania podľa Vyhlášky MZ SR 247/2017 Z. z. v roku 2017

na čo poukazuje prekračovanie prípustných koncentrácií Mn (61-krát), celkového Fe (48-krát) a dvojmocného Fe (43-krát). Okrem týchto ukazovateľov došlo k prekročeniu v rámci ukazovateľov základného fyzikálno-chemického rozboru (ZFCHR) v prípade rozpustných látok pri 105°C (19-krát)  $\text{SO}_4^{2-}$  a  $\text{NH}_4^+$  (16-krát),  $\text{NO}_3^-$  (15-krát),  $\text{CHSK-Mn}$  a  $\text{TOC}$  (14-krát),  $\text{H}_2\text{S}$  (11-krát),  $\text{Na}$  (6-krát) a  $\text{Cl}^-$  (2-krát). Zo stopových prvkov boli zaznamenané zvýšené koncentrácie Sb (5-krát), Al a As (4-krát), Hg (2-krát) a Pb (1-krát). Zo skupiny špecifických organických látok boli v roku 2017 zaznamenané koncentrácie prekračujúce stanovený limit v skupine polyaromatických uhľovodíkov pri naftaléne (16-krát) a fenantréne (1-krát), ďalej v skupine prchavých aromatických uhľovodíkov došlo 1-krát k prekročeniu pri ukazovateľoch benzén, dichlórbenzény (1.2, 1.3 a 1.4) a v skupine alifatických uhľovodíkov (chlóretén 1-krát). Z pesticídov boli v roku 2017 namerané nadlimitné koncentrácie pri ukazovateli desetylatrazín (1-krát).

Početnosť prekročení limitných hodnôt v roku 2017 v objektoch *prevádzkového monitorovania* je znázornená v grafe č. 2. Odporúčaná hodnota percenta nasýtenia vody kyslíkom bola dosiahnutá len v 20,35% vzoriek. Zo skupiny ukazovateľov ZFCHR boli ďalej nadlimitné hodnoty najčastejšie

prekračované pri ukazovateľoch Mn (260-krát), celkové Fe (223-krát),  $\text{Fe}^{2+}$  (208-krát), vodivosť (65-krát),  $\text{HH}_4^+$  (54-krát), rozpustné látky pri 105°C (48-krát),  $\text{NO}_3^-$  (45-krát),  $\text{SO}_4^{2-}$  (37-krát),  $\text{H}_2\text{S}$  (26-krát) a  $\text{Cl}^-$  (7-krát). V skupine všeobecných organických látok boli nadlimitné koncentrácie zaznamenané v 52 prípadoch pri stanovení TOC a 21 prípadoch pri stanovení CHSK-Mn. V skupine stopových prvkov boli nadlimitné koncentrácie prekračované ukazovateľmi As (28-krát), Sb (7-krát), Hg (2-krát) a Se (1-krát). Prítomnosť špecifických organických látok v podzemných vodách je indikátorom ovplyvnenia ľudskou činnosťou. V roku 2017 boli najčastejšie prekročenia limitných hodnôt zistené v ukazovateľoch zo skupiny polyaromatických uhľovodíkov (naftalén - 126 krát, fenantrén - 34 krát, acenaftén - 19 krát a fluorantén - 10 krát). V skupine prchavých alifatických uhľovodíkov boli prekročené limitné hodnoty ukazovateľmi tetrachlórétén (7-krát) a trichlórétén (TCE), 1,2-dichlórétán (1,2 EDC) a chlórétén (2-krát). Zo skupiny pesticídov boli zistené nadlimitné koncentrácie v ukazovateľoch atrazín (10-krát), desetylatrazín (6-krát), terbutryn a prometryn (4-krát), dicamba (2-krát) a chlortoluron (1-krát). V skupine prchavých aromatických uhľovodíkov bolo 1-krát zaznamenané prekročenie limitnej hodnoty pre styrén.



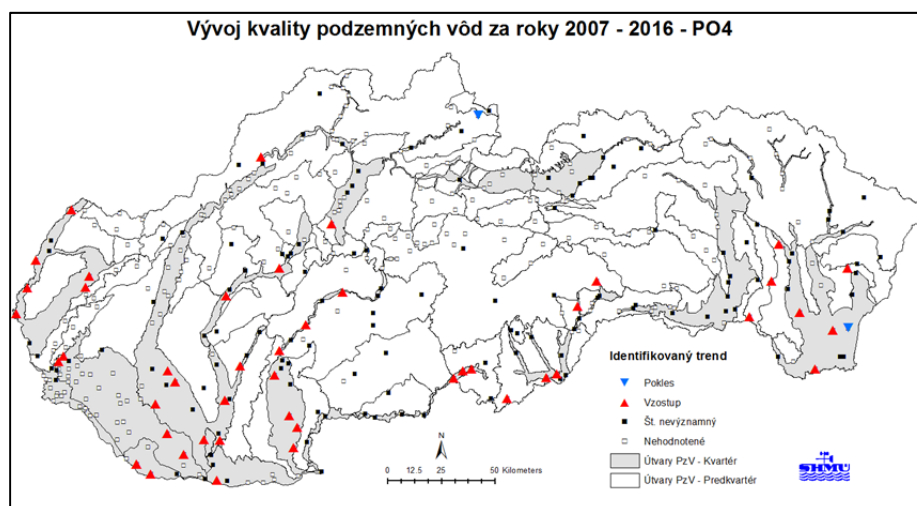
Graf č. 2: Početnosť prekročených ukazovateľov v objektoch prevádzkového monitorovania podľa Vyhlášky MZ SR 247/2017 Z. z. v roku 2017

Z hľadiska vývoja kvality podzemných vôd za roky 2007 až 2016 možno konštatovať, že klesajúce trendy prevažujú nad vzostupnými pri väčšine ukazovateľov, pri ktorých časové rady spĺňali kritériá pre hodnotenie trendov (dostatočná dĺžka, homogénnosť, % stanovení nad LOQ). Výnimku tvoria nasledovné ukazovatele: vodivosť, fosforečnany, amónne ióny a CHSK Mn (Tabuľka 1). Najvýraznejšia prevaha štatisticky významných vzostupných trendov bola zaznamenaná pri fosforečnanoch (Mapa 1), kde nárasty koncentrácií boli identifikované najmä v kvartérnych útvaroch podzemných vôd západného, južného a východného Slovenska. Najvýraznejšia prevaha zostupných trendov bola zaznamenaná pri síranoch (Mapa 2). Tu však existuje významná disproporcija v územnom výskyte

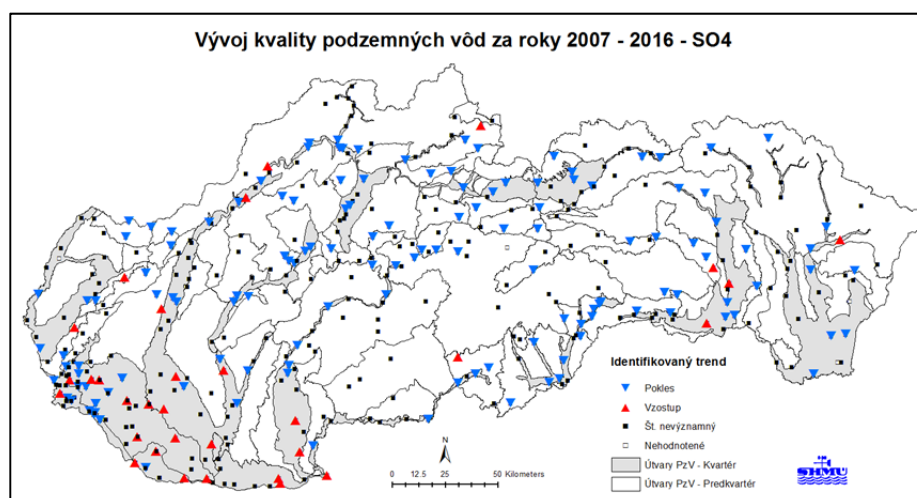
Tabuľka č. 1: Počty monitorovacích miest s vyhodnotením trendov vo vybraných ukazovateľoch

Ukazovateľ	Št. nevýznamný (Počet MM)	Št. významný spolu (Počet MM)	Št. významný Pokles (Počet MM)	Št. významný Vzostup (Počet MM)	Počet MM s vyhodnotením trendov	Prevažujúci počet MM so vzostupom
Sírany	265	180	143	37	445	NIE
Celkové Fe	259	175	174	1	434	NIE
Vodivosť	285	122	23	99	407	ÁNO
Chloridy	298	121	67	54	419	NIE
Dusičnany	243	95	57	38	338	NIE
Mangán	157	58	39	19	215	NIE
Fe dvojmocné	80	54	54	0	134	NIE

Fosforečnany	128	51	2	49	179	ÁNO
Amónne ióny	146	38	17	21	184	ÁNO
TOC	147	25	13	12	172	NIE
Zinok	195	19	16	3	214	NIE
CHSK Mn	152	14	2	12	166	ÁNO
PCE	9	10	7	3	19	NIE

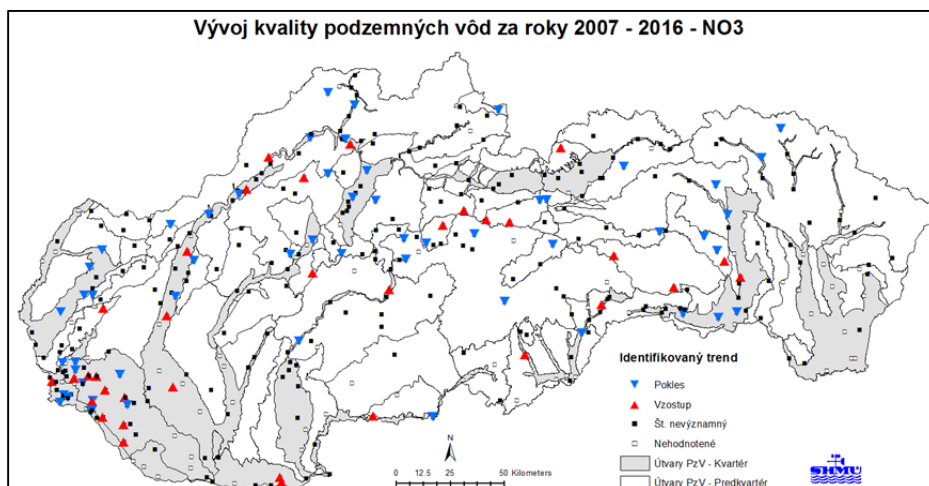


Mapa č. 1

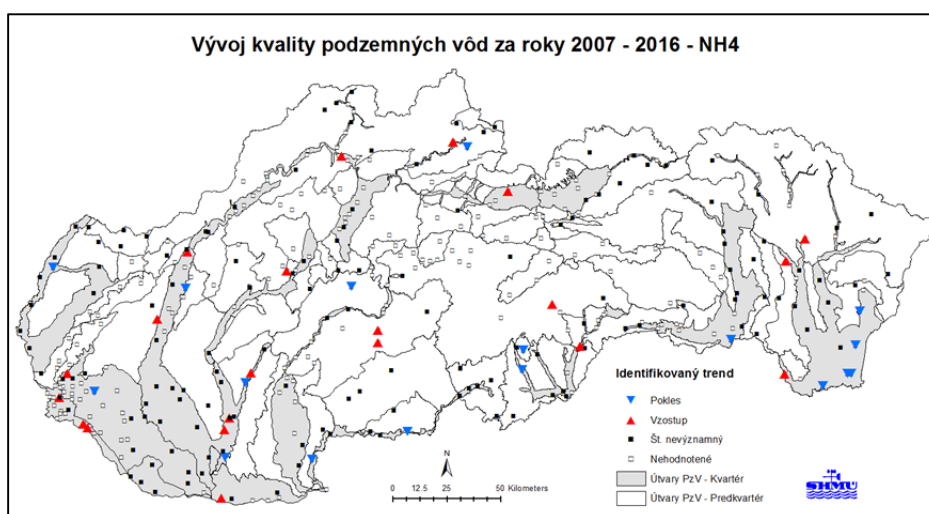


Mapa č. 2

stúpajúcich trendov, keďže tieto významne prevažujú v kvartérnych útvaroch podzemných vôd juhozápadného Slovenska. Z pohľadu možného poľnohospodárskeho ovplyvnenia je zaujímavá situácia pri dvoch jeho indikátoroch. Kým pri dusičnanoch prevládajú poklesy ich koncentrácií, v prípade amónnych iónov je situácia opačná. Štatisticky významné vzostupné trendy však boli v oboch prípadoch identifikované viac menej na celom území Slovenska a to tak v kvartérnych, ako aj v predkvartérnych útvaroch podzemných vôd (Mapa 3, Mapa 4).



Mapa č. 3



Mapa č. 4

## LITERATÚRA

- [1] Andrea Ľuptáková, Jaroslava Urbančová, Martina Dadová, Ľudovít Molnár. KVALITA PODZEMNÝCH VÔD NA SLOVENSKU 2017, Slovenský hydrometeorologický ústav, 2018, 618 s.
- [2] Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment, Guidance document No. 18, Technical Report 2009 – 026, ISSN 1725-1087, 2012, 84 p
- [3] Agregácia bodových výsledkov meraní na úroveň útvarov podzemných vôd a ich analýza za účelom priestorového zhodnotenia trendov kvantity a kvality podzemných vôd, DEKONTA s.r.o., Bratislava, 2014
- [4] Aktualizované vyhodnotenie trendov kvantity a kvality podzemných vôd v útvaroch podzemných vôd Slovenska obdobia 2007 - 2016, BURSA s.r.o., Banská Bystrica, 2018

## ZNEČISTENIE ÚZEMÍ SPÔSOBENÉ MIMORIADNYM ZHORŠENÍM VÔD

**Ing. Marcela Domčeková**

Slovenská inšpekcia životného prostredia, IŽP Bratislava, OIOV SP Nitra, Mariánska dolina 7, 949 01 Nitra, Slovenská republika, marcela.domcekova@sizp.sk  
UKF v Nitre, Fakulta prírodných vied, katedra ekológie a environmentalistiky (doktorandské štúdium)

### KLÚČOVÉ SLOVÁ

Mimoriadne zhoršenie vôd, inšpekcia, kontaminácia, pôvodca mimoriadneho zhoršenia vôd, odstránenie znečistenia

Voda podmieňuje existenciu života na Zemi, patrí k základným zložkám životného prostredia a z hľadiska významu pre človeka a celú biosféru je nenahraditeľná.

Inšpekcia podľa § 62 zákona o vodách je : „odborný kontrolný orgán prostredníctvom, ktorého Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky vykonáva hlavný vodoochranný dozor vo veciach ochrany vôd“. Inšpekcia v zmysle zákona o vodách vykonáva predovšetkým dozor nad ochranou povrchových a podzemných vôd pri vypúšťaní odpadových vôd do povrchových alebo podzemných vôd a pred ich znečisťovaním znečisťujúcimi látkami. Okrem uvedeného inšpekcia v zmysle vodného zákona preberá hlásenie o mimoriadnom zhoršení vôd (ďalej aj MZV) od pôvodcov a od toho, kto zistí príznaky MZV a riadi práce pri jeho riešení, je oprávnená vyžadovať spoluprácu a vydávať pôvodcovi príkazy na vykonanie opatrení na zneškodnenie MZV a odstránenie jeho škodlivých následkov.

Odstraňovanie následkov MZV, ktoré bolo spôsobené nedovoleným vypúšťaním odpadových vôd alebo spôsobené neovládateľným únikom znečisťujúcich látok do životného prostredia je často veľmi zložitý proces, ktorý je náročný predovšetkým po technickej a finančnej stránke.

### 1. Mimoriadne zhoršenie kvality vôd (MZV)

V zmysle § 41 vodného zákona je : „Mimoriadne zhoršenie kvality vôd alebo mimoriadne ohrozenie kvality vôd je náhle, nepredvídané a závažné zhoršenie alebo závažné ohrozenie kvality vôd spôsobené vypúšťaním odpadových vôd alebo osobitných vôd bez povolenia alebo spôsobené neovládateľným únikom znečisťujúcich látok, ktoré sa prejavujú najmä:

- zafarbením alebo zápachom vody
- tukovým povlakom
- vytváraním peny na hladine
- výskytom uhynutých rýb
- výskytom znečisťujúcich látok v prostredí súvisiacom s povrchovou vodou alebo podzemnou vodou“.

Podľa § 41 zákona o vodách ten, kto zistí príznaky mimoriadneho zhoršenia vôd, je povinný bez zbytočného odkladu spôsobom podľa miestnych pomerov ohlásiť túto skutočnosť Slovenskej inšpekcii životného prostredia alebo okresnému úradu, alebo na jednotné európske číslo tiesňového volania 112, alebo obci, alebo správcovi vodného toku. Okresný úrad, obec, správca vodného toku a koordinačné stredisko integrovaného záchranného systému odovzdajú prijaté hlásenie neodkladne inšpekcii. Pri pochybnostiach, či ide o mimoriadne zhoršenie vôd, rozhodne inšpekcia.

Za pôvodcu mimoriadneho zhoršenia vôd sa považuje ten, kto prevádzkoval zariadenie v čase, keď mimoriadne zhoršenie vôd vzniklo a keď sa preukázala príčinná súvislosť s jeho prevádzkovaním.



Inšpekcia pri riadení prác na riešení mimoriadneho zhoršenia vôd vydáva pôvodcovi mimoriadneho zhoršenia vôd príkazy na vykonanie opatrení na zneškodnenie znečistenia vôd a odstránenie jeho škodlivých následkov.

Pôvodca mimoriadneho zhoršenia vôd je povinný vykonať bezprostredné opatrenia na zneškodnenie mimoriadneho zhoršenia vôd, ako aj opatrenia na odstránenie jeho škodlivých následkov.

Bezprostrednými opatreniami na zneškodnenie mimoriadneho zhoršenia vôd sú:

- a) neodkladné hlásenie mimoriadneho zhoršenia vôd inšpekcii a správcovi vodného toku alebo okresnému úradu,
- b) čo najrýchlejšie odstránenie príčin mimoriadneho zhoršenia vôd,
- c) neodkladné vykonanie opatrení na zamedzenie ďalšieho znečisťovania a šírenia znečistenia a opatrenia na zabránenie vzniku škodlivých následkov alebo ich zmiernenie, aby škodlivé následky boli čo najmenšie.

Opatrenia na odstránenie škodlivých následkov mimoriadneho zhoršenia vôd sú:

- a) likvidácia uniknutých znečisťujúcich látok,
- b) sledovanie kvality ohrozenej podzemnej vody, ak je nebezpečenstvo prieniku znečisťujúcich látok do zeme,
- c) uvedenie zasiahnutého miesta, ak je to možné, do pôvodného stavu,

Pri vykonávaní opatrení podľa odsekov 5 až 7 sa pôvodca mimoriadneho zhoršenia vôd riadi havarijným plánom a príkazmi inšpekcie.

## 2. Mimoriadne zhoršenie kvality vôd (MZV) na vodnom toku Trnávka

Mimoriadne zhoršenie vôd na inšpekciu telefonicky oznámilo KR HaZZ Trnava, ktorému ohlásil starosta obce Majcichov, že vo vodnom toku Trnávka tečie znečistená voda a bol spozorovaný veľký úhyn rýb. Inšpekcia vykonala v súčinnosti s pracovníkom povodia ohliadku vodného toku, ktorou bolo zistené, že z výustného objektu ČOV Zeleneč vyteká značne znečistená odpadová voda. Znečistený bol úsek vodného toku Trnávka v dĺžke cca 6,5 km od vyústenia ČOV po ústie s Dudváhom. Počas riešenia MZV boli pracovníkom povodia odobraté 3 bodové vzorky (z výustného objektu ČOV Zeleneč, 10 m nad výustným objektom a 10 m pod výustným objektom). Pôvodca MZV bol počas riešenia MZV identifikovaný. Inšpekcia vydala pôvodcovi MZV príkaz na neodkladné vykonanie bezprostredných opatrení, na zamedzenie ďalšieho znečisťovania vodného toku Trnávka.



Obr. 1 – Foto vodného toku Trnávka, znečistenie čistiarenským kalom

V priebehu riešenia MZV, boli inšpekcií doručené protokoly rozborov odobratých vzoriek vody z toku Trnávka, s nasledovnými výsledkami:

ukazovateľ (mg/l)	koncentrácia ( mg/l)			
	zistená			Povolené rozhodnutím OŠVS z výustu ČOV
	10 nad výustom ČOV	z výustu ČOV	10 m pod výustom ČOV	
CHSK <sub>cr</sub>	13,5	<b>4224,0</b>	4272,0	<b>90,0</b>
BSK <sub>5</sub>	-	-	-	<b>15,0</b>
NL	7,7	<b>3168,0</b>	3572,0	<b>20,0</b>
Amoniakálny dusík	0,02	<b>23,00</b>	23,50	<b>5,0</b>
Celkový dusík	6,98	<b>268,20</b>	63,20	<b>10,0</b>
Celkový fosfor	0,080	<b>97,600</b>	95,900	<b>1,0</b>

Inšpekcia na základe uvedených informácií skonštatovala, že v dôsledku náhleho, nepredvídaného úniku čistiarenských kalov z ČOV Zeleneč do povrchového toku Trnávka, v r.km 4,842 došlo k mimoriadne zhoršeniu kvality vody, ktoré sa prejavilo sfarbením vody v toku /znečistená odpadová voda čistiarenským kalom/ a typickým čistiarenským zápachom.

V rámci riešenia MZV inšpekcia ustanovila pracovnú skupinu a vydala pôvodcovi MZV príkazy na vykonanie opatrení na zneškodnenie mimoriadneho zhoršenia vôd, ako aj opatrenia na odstránenie jeho škodlivých následkov:

- Zamedziť ďalšiemu úniku nevyčistených odpadových vôd.
- Vypracovať popis udalostí a priebeh vykonávaných prác a úkonov na ČOV Zeleneč.
- Uhradiť správcovi toku SVP, š.p., OZ Piešťany, náklady na odber, dopravu vzoriek povrchových vôd odobratých v súvislosti s riešením MZV do laboratória a na vykonanie ich analýz.

### 1. Mimoriadne zhoršenie kvality vôd (MZV), dopravná nehoda

MZV nahlásili SP Nitra OIOV inšpektori OIOV Bratislava. V hlásení uviedli, že na ceste medzi obcami Dolné Saliby a Kráľov Brod, došlo k dopravnej nehode kamióna. Pri nehode sa poškodila cisterna a do okolia unikla motorová nafta. Inšpekcia riešením MZV zistila, že na terén uniklo 14 135 litrov motorovej nafty. Odstraňovanie kontaminovanej zeminy bolo vykonávané v súlade so zákonom o odpadoch v dňoch 12.3.2014, 13.3.2014, 14.3.2014 a v dopoludňajších hodinách dňa 15.3.2014. Výkopové práce boli riadené pokynmi hydrogeológov. Spolu bolo odvezených na skládku NO Košúty na dekontamináciu 990,88 t zeminy. Kontaminovaná zemina bola odstránená v dĺžke cca 60 x 8 m do hĺbky cca 2 m.

Obsah ropných látok vo vode výkopu klesol z pôvodných cez 1 000 mg/l na 2,3 mg/l. Kontrolu vyťažnosti kontaminovanej zeminy vykonali hydrogeológovia odbermi vzoriek zemín z dna a stien

výkopu. Analýzy potvrdili, že sa odstránila takmer všetka kontaminovaná zemina. Kontrola sanácie podzemnej vody bola vykonaná vybudovaním monitorovacích vrtov okolo výkopu. Obsah ropných látok v podzemnej vode odobratej z nich bol pod 1 mg/l, teda pod intervenčné kritérium. Obsah nad 1 mg/l bol v podzemnej vode sondy DS-4, pod JZ okrajom výkopu a v zemine strednej časti výkopu – len NELUV – 1,12 mg/l. Záverom je teda možné konštatovať, že podstatná časť znečistenia zemín a podzemnej vody bola odstránená. Zostatkové znečistenie zemín a podzemnej vody sa bude riešiť fytoremediáciou v priebehu cca 2 rokov. Na kontaminovanom území – plocha cca 50 x 10 m bola vysiatá ďatelina, ktorej koreňový systém je schopný rozkladať ropné látky (typ alfa alfa). Kontrola úspešnosti sanácie bola overovaná odbermi vzoriek podzemnej vody z existujúcich sond a z dvoch sond, ktoré sa vybuďovali vo vzdialenosti cca 50 m od výkopu v smere prúdenia podzemnej vody. Vplyv zostatkového znečistenia na životné prostredie bol posúdený analýzou rizika, ktorá bola súčasťou správy z geologického prieskumu životného prostredia.

V rámci riešenia MZV inšpekcia ustanovila pracovnú skupinu a vydala pôvodcovi MZV príkazy na príkazy na vykonanie opatrení na zneškodnenie znečistenia vôd a odstránenie jeho škodlivých následkov:

- Zabezpečiť zneškodnenie kontaminovanej zeminy a zaolejovanej vody oprávnenou organizáciou v zmysle zákona o odpadoch.
- Vykonať posúdenie vplyvu úniku znečisťujúcich látok na zložky ŽP – hydrogeologický prieskum, odbornou organizáciou
- Uviesť zasiahnuté miesto MZV do pôvodného stavu
- Po ukončení odstraňovania následkov MZV doručiť SIŽP, OIOV, SP Nitra správu o riešení MZV aj s vyhodnotením škôd a nákladov potrebných na odstránenie následkov MZV.



Obr. 1 – Foto znečistenie podzemných vôd ropnými látkami, pri dopravnej nehode

V obidvoch uvedených prípadoch MZV bola príslušnými okresnými úradmi posudzovaná aj environmentálna škoda podľa zákona č. 359/2007 Z. z. o prevencii a náprave environmentálnych škôd a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

## LITERATÚRA

- [1] Zákon NR SR č. 364/2004 o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov
- [2] Interné dokumenty Slovenskej inšpekcie životného prostredia

## SKÚSENOSTI SLOVENSKEJ INŠPEKCIE ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA, INŠPEKTORÁTU ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA ŽILINA, ODBORU INŠPEKCIE OCHRANY VÔD V OBLASTI RIEŠENIA ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ

**Gabriela Ganse, Katarína Kapsdorferová**

Slovenská inšpekcia životného prostredia, Inšpektorát životného prostredia Žilina, odbor inšpekcie ochrany vôd, Legionárska 5, 012 05 Žilina, gabriela.ganse@sizp.sk, katarina.kapsdorferova@sizp.sk

### KLÚČOVÉ SLOVÁ

Inšpekcia, vodný zákon, zákon č. 409/2011 Z.z., vodný zdroj, obec, kataster nehnuteľností

### ÚVOD

Slovenská inšpekcia životného prostredia (ďalej len Inšpekcia) je nielen odborným kontrolným orgánom na úseku štátnej vodnej správy ale vykonáva štátny dozor i na úseku environmentálnych záťaží. Riešenie problematiky environmentálnych záťaží (ďalej len EZ) resp. odstraňovanie znečistenia prostredia súvisiaceho s vodami tvorí integrálnu súčasť odbornej činnosti odboru inšpekcie ochrany vôd, pričom kontrolná činnosť je zameraná nie len na dodržiavanie ustanovení zákona č. 409/2011 Z.z. (environmentálne záťaž), ale prioritne i na kontrolu dodržiavania ustanovení vodného zákona - zákon č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona SNR č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon).

Inšpekcia v rámci svojej odbornej činnosti získala i v oblasti riešenia environmentálnych záťaží niektoré informácie, ktorými by sme chceli prispieť v rámci informovania odbornej verejnosti k stratégii odstraňovania environmentálnych záťaží, ich manažmentu, resp. spolupráce príslušných orgánov štátnej správy až na úroveň obcí.

### SÍDLO A PÔSOBNOSŤ INŠPEKTORÁTU ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA ŽILINA

Inšpektorát životného prostredia Žilina (ďalej IŽP) má sídlo v Žiline, a svoju pôsobnosť v 11 okresoch v Žilinskom kraji (Žilina, Bytča, Kysucké Nové Mesto, Čadca, Martin, Turčianske Teplice, Ružomberok, Liptovský Mikuláš, Dolný Kubín, Tvrdošín, Námestovo) a v 5 okresoch v Trenčianskom kraji (Považská Bystrica, Trenčín, Púchov, Ilava, Nové Mesto nad Váhom). Rozloha územnej pôsobnosti IŽP Žilina (16 okresov) je v 9 258 km<sup>2</sup>.

V nasledujúcej tabuľke je uvedený prehľad environmentálnych záťaží (pravdepodobných - A, potvrdených - B, sanovaných - C) podľa IS Registra environmentálnych záťaží v územnom obvode IŽP Žilina, údaj k 15.5.2019.

Register	Žilinský kraj	Trenčiansky kraj	Spolu
A	135	55	<b>190</b>
B	44	20	<b>64</b>
C	82	33	<b>115</b>
<b>Spolu</b>	<b>261</b>	<b>108</b>	<b>369</b>

Keďže v súčasnosti sa riešia hlavne environmentálne záťaž, kde úlohy povinnej osoby preberá MŽP SR alebo Ministerstvo obrany SR, Inšpekcia sa v rámci spolupráce s orgánmi štátnej správy intenzívne zúčastňuje pracovných stretnutí, resp. ústnych pojednávaní spojených s konaniami o určení povinnej osoby, schvaľovaním Plánu prác, resp. schvaľovaním zmien jednotlivých Plánov prác v Žilinskom kraji. O riešení environmentálnych záťaží v Trenčianskom kraji, bohužiaľ Inšpekcia nemá relevantné informácie. K dostupným informáciám sa Inšpekcia snažila dostať i prostredníctvom Metainformačného systému informácií o životnom prostredí vedenom na stránke <http://mis.enviroportal.sk>,

ale vzhľadom na problematické vyhľadávanie, časovú náročnosť vyhľadávania, resp. neúplnosť zverejnených informácií Inšpekcia nemá k dispozícii časovo i priestorovo ucelený prehľad o riešení týchto záťaží.

### RIEŠENIE VYBRANÝCH ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ

#### **RK(013)/Ružomberok – areál SCP - závod SUPRA – SK/EZ/RK/747; register A: Riešenie mimo ustanovení zákona č. 409/2011 Z.z.**

Na základe rozhodnutia Okresného úradu Ružomberok, odbor starostlivosti o životné prostredie zo dňa 13.11.2018 bolo pre čerpanie znečistených podzemných vôd na účely zníženia ich znečistenia alebo znečistenia horninového prostredia a na ich následné vypúšťanie do týchto vôd vydané povolenie podľa ust. § 21 ods. 1 písm. f) vodného zákona pre zhotoviteľa týchto geologických sanačných prác. Objednávateľom týchto prác je majiteľ nehnuteľnosti, na ktorej bola na základe vyhodnotenia geologického prieskumu z roku 2005 (výskyt voľnej fázy ropných látok na hladine podzemnej vody) predmetná EZ zaradená do registra A. Pri odstraňovaní EZ sa postupuje zmysle ustanovení vodného zákona a nie zákona č. 409/2011 Z.z. Inšpekcia v súčasnosti vykonáva štátny vodoochranný dozor pri tomto osobitnom užívaní vôd. Okrem evidovaného znečistenia ropného pôvodu (býv. mazutové hospodárstvo) sa pri samotnej realizácii geologickej úlohy zistilo chemické znečistenie definované zvýšenou hodnotou pH (10 -11), čo viedlo zo strany odbornej spoločnosti k návrhu zmeny rozsahu sanácie znečistenia.



**Obr.1: Mondi SCP, a.s. Ružomberok**

#### **RK(028)/Partizánska Ľupča – štôlne a haldy Magurka – SK/EZ/LM/416; register B:**

Ložisko Magurka patrilo v polovici 19. storočia k jedným z najväčších ložísk antimónu v Európe. Okrem antimónu sa ťažilo aj striebro a zlato. V súčasnosti je prevádzka zrušená a opustená. Lokalita je situovaná v Národnom parku Nízke Tatry a tvorí extravilán obce Partizánska Ľupča. Schválený územný plán (schválený v 2003) počíta s výstavbou nových objektov individuálnej aj hromadnej rekreácie. V súčasnosti sa v lokalite nachádza existujúca IBV aj objekty hromadnej rekreácie, pričom jestvujúce zdroje pitnej vody doteraz neboli monitorované na obsah ťažkých kovov (Sb, As, Zn).

12.02. 2019 sa uskutočnilo pracovné stretnutie vo veci oznámenia občana o odoberaní materiálu zo starých hald v oblasti Magurky, najmä pri štôlni Kilián a jeho následného používania ako stavebného materiálu na úpravu lesných ciest a pri výstavbe prístupových ciest k jednotlivým nehnuteľnostiam v osade Magurka. V súvislosti s touto lokalitou neboli známe skutočnosti o spôsobe zabezpečenia dodávky pitnej vody pre jednotlivé nehnuteľnosti (v osade nie je vybudovaný verejný vodovod) a ani v rámci monitoringu realizovaného v Štátnom programe sanácií environmentálnych záťaží pre roky 2016-2021 pre túto konkrétnu EZ neboli tieto skutočnosti zisťované. Obec Partizánska Ľupča ako orgán štátnej vodnej správy prisľúbila, že v rámci dodatočnej legalizácie odberu vôd pre potreby jednotlivých domácností (objektov individuálnej rekreácie) bude vyžadovať predloženie analýz odoberanej vody v rozšírenom rozsahu. Rovnako v rámci spolupráce oslovila Inšpekcia Regionálny úrad verejného zdravotníctva v Liptovskom Mikuláši, ktorý identifikoval prevádzkovateľa objektu verejnej rekreácie a uložil mu povinnosť predložiť výsledky úplnej analýzy kvality vody používanej pre ľudskú potrebu (73 ukazovateľov). Výsledky takejto analýzy však neboli v čase spracovania príspevku k dispozícii. V zmysle ustanovení zákona č. 409/2011 Z.z. ešte nebolo začaté konanie o určení povinnej osoby.

#### **NO (004)/Zubrohlava – kalové pole ZŤS NámestovoSK/ERZ/NO/541; register B:**

V súčasnosti sú pozemky pod EZ vo vlastníctve právnickej osoby, mesta Námestovo a vo vlastníctve SR v správe Slovenského pozemkového fondu. Tieto pozemky sú bez zápisu EZ do listov vlastníctva a bez obmedzení v spôsobe využívania pozemku i bez zápisu o existencii vodnej stavby-odkaliska. Predmetné odkalisko je pritom vedené v Registri zakategorizovaných vodných stavieb, ktorého správcom a prevádzkovateľom je Vodohospodárska výstavba š.p. Bratislava ako vodná stavba s názvom: Odkalisko Zubrohlava /5023 bez kategórie a bez odborného technicko-bezpečnostného dohľadu. V roku 2017 vydalo mesto Námestovo stavebné povolenie majiteľovi susedných nehnuteľností s využitím na ustajnenie hovädzieho dobytku, pričom za zvýšeného výskytu atmosférických zrážok dochádza k odtoku povrchových vôd z odkaliska na priľahlé pozemky. MŽP SR ako príslušné ministerstvo na úseku environmentálnej záťaže zabezpečuje vykonanie povinnosti povinnej osoby podľa § 3 ods. 2 a 3 zákona č. 409/2011 Z.z, t.j. vypracovanie a realizácia plánu prác.



**Obr.2: Odkalisko Zubrohlava**

#### **EZ Korasan, Rajec (oznámenie o existencii EZ):**

Oznámenie vykonala Inšpekcia na základe výsledkov kontroly dodržiavania ustanovení vodného zákona v roku 2015. Ide o dva objekty mazutového hospodárstva bývalého podniku na výrobu kobercov. Objekty prechádzajú medzi rôznych vlastníkov v rámci vyrovnávania si záväzkov vo vzťahu veriteľ a dlžník. Súčasný majiteľ nehnuteľnosti ako uviedol Inšpekcii pri kontrole v skutočnosti objekty nevidel a tak nevie o akú nehnuteľnosť ide. MŽP SR poverilo identifikáciou tejto oznámenej EZ SAŽP.

SAŽP však nemá prístup ku kontaktným údajom vlastníkov nehnuteľností (v tomto prípade ide o schránkovú firmu) a doteraz sa SAŽP nepodarilo zabezpečiť výkon miestnej obhliadky a ani zabezpečiť potrebnú dokumentáciu k overovaniu EZ.

## ZÁVER

Proces riešenia EZ v územnom obvode Inšpekcie z hľadiska ochrany životného prostredia, odstraňovania „historického“ znečistenia jednotlivých lokalít a postupného zlepšovania kvality životného prostredia možno hodnotiť pozitívne. Na základe vyššie uvedených príkladov si však Inšpekcia dovoľuje dať do pozornosti odbornej verejnosti niektoré myšlienky a názory, ktorými by sa odborná verejnosť podľa nášho názoru mala zaoberať:

1. Pri každej EZ, pravdepodobnej i potvrdenej by sa na danú lokalitu malo pozerieť s ohľadom na využívanie širšej lokality, v ktorej sa EZ nachádza, keďže EZ nesúvisí len so znečistením ŽP, ale môže priamo, či nepriamo ovplyvňovať zdravie ľudí (napr. obmedzenie odberu podzemných a povrchových vôd, obmedzenie terénnych či stavebných úprav na pozemkoch, apod.);
2. O každej takejto EZ by mala byť informovaná príslušná obec, keďže zabezpečuje výkon orgánu štátnej správy na úseku územného plánovania, stavebného poriadku, štátnej vodnej správy a pod.;
3. Potvrdená EZ by mala byť nejakým spôsobom zapísaná do katastra nehnuteľností;
4. Pri preverovaní existencie EZ by mala mať poverená organizácia postavenie zodpovedajúce orgánu štátnej správy pri výkone štátneho dozoru (právo vstupovať na pozemky; právo vyžadovať súčinnosť majiteľov pozemkov, prevádzkovateľov zariadení a pod., resp. právo ukladať pokuty za neposkytnutú súčinnosť pri overovaní EZ).

## LITERATÚRA

Slovenská inšpekcia životného prostredia, Inšpektorát životného prostredia Žilina, odbor inšpekcie ochrany vôd – interné materiály

## DATA BÁZA INTEGROVANÝ MONITORING ZDROJOV ZNEČISTENIA

**Ing. Andrej Seman, Ing. Katarína Chalupková**

Výskumný ústav vodného hospodárstva, Nábr. Arm. Gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava, Slovenská republika, andrej.seman@vuvh.sk, katarina.chalupkova@vuvh.sk

Databáza Integrovaný monitoring zdrojov znečistenia (ďalej iba IMZZ) je súborom dát v elektronickej podobe vypovedajúcich o úrovni znečistenia monitorovaných podzemných vôd v konkrétnom čase. V užívateľskej rovine môžeme o IMZZ hovoriť ako o zobrazovanom interfejsu prostredníctvom softvérového prostredia naprogramovaného pre tento účel. Pri úvahách o databáze, využití a získavaní údajov je potrebné brať do úvahy oba aspekty, nakoľko možnosti práce so získanými údajmi sú podstatným faktorom pre ich praktickú využiteľnosť. Databázu IMZZ prevádzkuje Výskumný ústav vodného hospodárstva, Oddelenie ochrany podzemných vôd (ďalej iba VÚVH), finančne je zabezpečená prostredníctvom rozpočtu rezortu Ministerstva životného prostredia, aplikačný softvér je vytvorený a prevádzkovaný externým dodávateľom, spoločnosťou JTS s.r.o. [1].

Pri práci s malými objemami dát (desiatky až stovky údajov), alebo jednoduchým členením (malý počet sledovaných parametrov) sú využiteľné bežne dostupné softvérové nástroje. Takto začínala aj databáza IMZZ s využitím MS Access a MS Excel. V roku 2007 bola vytvorená aplikácia v prostredí PHP. Od marca 2014 je v prevádzke súčasný systém pracujúci v prostredí OS Linux s využitím databázového serveru PostgreSQL + PostGIS, mapového serveru GeoSever a aplikačného serveru Glassfish. Prvé údaje pochádzali z výskumných úloh VÚVH súvisiacich so sanáciami zdrojov znečistenia. Následne boli vkladane údaje od Okresných úradov, najmä z monitoringu podzemných vôd pri skládkach odpadov. V súčasnosti do databázy prispievajú jednotliví znečisťovatelia/potenciálni znečisťovatelia vykonávajúci monitoring podzemných vôd na základe nariadení orgánov štátnej správy.

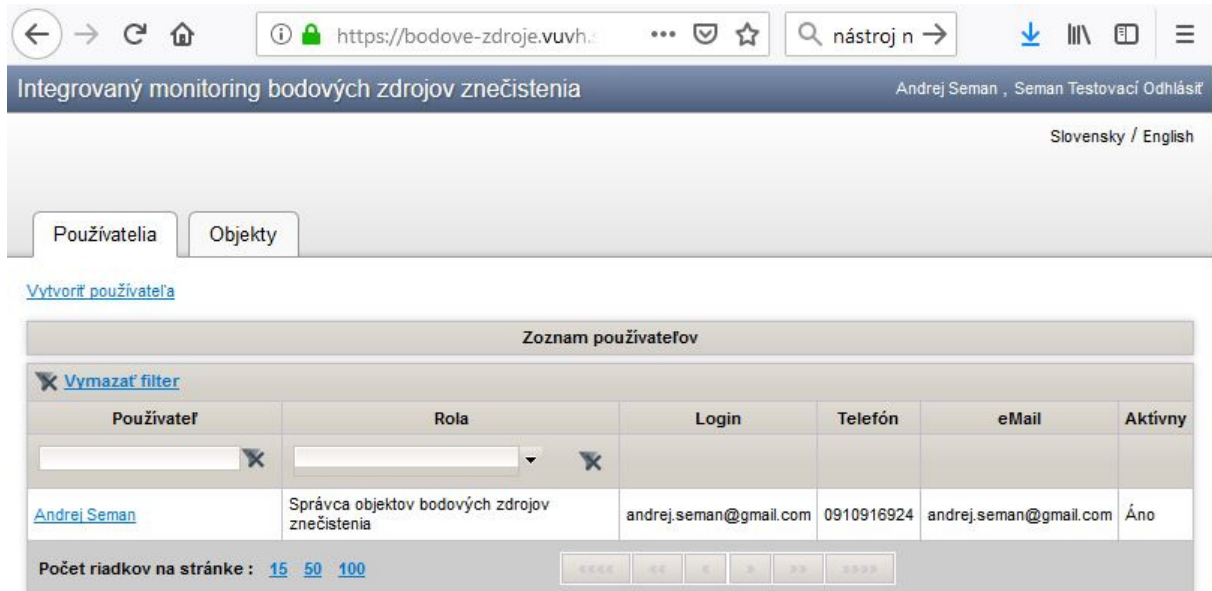
Údaje do IMZZ vkladajú znečisťovatelia priamo cez webové rozhranie, alebo v prípade rozsiahlejších súborov dát hromadným importom prostredníctvom VÚVH v spolupráci s externým dodávateľom. Za účelom vkladania údajov, ich kontroly a využitia majú jednotliví užívatelia vytvorené samostatné kontá. V rámci svojho konta sa užívateľ dostane len ku dátam z vlastných monitorovacích objektov. Toto zároveň poskytuje užívateľom možnosť uloženia/zálohovania výsledkov vlastného monitoringu na nezávislom serveri mimo vlastných priestorov. Zamestnanci VÚVH spravujúci IMZZ majú rozsiahlejšie oprávnenia umožňujúce prácu s celou databázou ako aj rôzne spôsoby prvotného spracovania údajov, v závislosti od účelu ďalšieho použitia.

Zásadným prvkom vplývajúcim na prevádzku databázy, predovšetkým na získavanie údajov je platná legislatíva. Samotný vznik databázy bol vynútený potrebou spracovávaní údajov o bodových zdrojoch znečistenia podzemných vôd za účelom hodnotenia stavu vôd voči Európskej komisii vyplývajúce z Rámcovej smernice o vode. Napriek tomu nie je do legislatívy premietnutá povinnosť poskytovania údajov či už zo strany znečisťovateľov vykonávajúcich monitoring, alebo orgánov štátnej správy, ktoré tento monitoring nariaďujú a následne im sú výsledky predkladané. Z uvedeného vyplýva, že žiaden subjekt nie je povinný prispievať do IMZZ. Napriek tomu sa postupne darí zvyšovať počet prispievateľov, aj keď v tomto je potenciál IMZZ nenaplnený.

Legislatívne prostredie podobným spôsobom pôsobí aj na druhú stranu mince, a to poskytovanie a zdieľanie údajov s laickou a odbornou verejnosťou. Údaje sú znečisťovateľmi poskytované za účelom hodnotenia stavu podzemných vôd na dobrovoľnej báze, a teda nie je možné ich ďalej poskytovať a zverejňovať v nespracovanej podobe na iné účely bez súhlasu dotknutých subjektov.



Práca s IMZZ prebieha prostredníctvom internetového prehliadača. Adresa pre vstup do databázy je <http://bodove-zdroje.vuvh.sk/IMZZ-Portal>. Pri registrácii je potrebné odsúhlasiť podmienky používania IMZZ. Po prihlásení sa užívateľovi zobrazia záznamy Používateľa a Objekty. Za každého znečisťovateľa je možné mať vytvorených viacero používateľských kont (Obr.1).



The screenshot shows the web application interface for 'Integrovaný monitoring bodových zdrojov znečistenia'. The browser address bar shows 'https://bodove-zdroje.vuvh.sk'. The page title is 'Integrovaný monitoring bodových zdrojov znečistenia' and the user is logged in as 'Andrej Seman'. There are tabs for 'Používatelia' and 'Objekty'. A link 'Vytvoríť používateľa' is visible. Below is a table titled 'Zoznam používateľov' with a 'Vymazať filter' button. The table has columns: Používateľ, Rola, Login, Telefón, eMail, and Aktívny. One user is listed: Andrej Seman, Správca objektov bodových zdrojov znečistenia, andrei.seman@gmail.com, 0910916924, andrej.seman@gmail.com, and Aktívny: Áno. At the bottom, it shows 'Počet riadkov na stránke: 15 50 100' and pagination controls.

Používateľ	Rola	Login	Telefón	eMail	Aktívny
<a href="#">Andrej Seman</a>	Správca objektov bodových zdrojov znečistenia	andrej.seman@gmail.com	0910916924	andrej.seman@gmail.com	Áno

Obr. 1 Príklad zobrazenia IMZZ po prihlásení



Ilustračné foto

V záložke Objekty je uvedený zoznam objektov znečisťovateľa s možnosťou vytvorenia nového objektu. Pri vytváraní nových objektov sú údaje o nepriamej priestorovej identifikácii doplnené automatizovane na základe vyplnenia súradníc (Obr.2).

Integrovaný monitoring bodových zdrojov znečistenia Andrej Seman , Seman Testovací Odhlásiť

Slovensky / English

Používatelia **Objekty**

Uložiť Zrušiť

**Základné údaje**

Vlastník objektu: Seman Testovací

Názov objektu:  ?

Identifikátor EZ:  ?

Typ objektu:

Spôsob zabudovania:

**Poznámka**

**Priama priestorová identifikácia**

Vstupný formát súradníc objektu:  S-JTSK [X, Y]  GPS [°N, °E]  GPS text [°N, °E]  GPS N: [d° m' s"], E: [d° m' s"]

Ukážka: N: [48° 7' 24,4416"] E: [19° 7' 24,4416"]

Poloha GPS: N:  °  '  " E:  °  '  "

Výška terénu [m n.m.]:  ?

Výška odmerného bodu [m n.m.]:  ?

Hĺbka vrtu [m]:  ?

Perforácia:  ?

Horná hranica perforácie [m]:  ?

Dolná hranica perforácie [m]:  ?

**Nepriama priestorová identifikácia**

Kraj: 1	Bratislavský kraj
Okres: 101	Bratislava I
Obec: 528595	Bratislava - mestská časť Staré Mesto
Kataster: 804096	Bratislava - mestská časť Staré Mesto - Staré Mesto
Lokalita: 204129	Park kultúry
Číslo mapy JTSK: 44-24-02	
Povodie: 4-20-01-006	Dunaj na Slov. úz. od Vydrice po Bratislavu-vodočet
Kvartér: SK1000200P	Medzizrnové podzemné vody kvartérnych náplavov Z. časti Podunajskej panvy oblasti povodia Dunaj
Predkvartér: SK2000500P	Medzizrnové podzemné vody Podunajskej panvy oblasti povodia Dunaj
Útvar geotermálnych vôd: Neurčené	Neurčené
Hydrologická oblasť: Neurčené	Neurčené
Hydrogeologický región: Q 051 - DN 00	Kvartér západného okraja Podunajskej roviny

Obr. 2 Pridávanie objektu v IMZZ

Po výbere objektu sú zobrazené informácie o objekte s možnosťami pridania analýz, alebo úpravy parametrov objektu. Pre pridávanie analýz si užívateľ vytvára vlastné šablóny, ktoré uľahčujú vkladanie údajov pri opakovaných analýzach v časovom rade (Obr.3).

Integrovaný monitoring bodových zdrojov znečistenia Ing. Andrej Seman, Výskumný ústav vodného hospodárstva Odborár  
Slovensky / English

Vlastníci Registrácie Používatelia Objekty

**Analýza objektu Bývalá skládka odpadov - vrt O - 1 v lokalite Ohrady**

26.10.2006

**Základné informácie**

Dátum odberu vzorky: 26.10.2006  
Dátum analýzy: 26.10.2006  
Dátum poslednej modifikácie: 27.01.2015 20:32  
Laboratórium:

**Poznámky**

Ukazovateľ	Značka	Hodnota	Jednotka	CAS	Chem.kód	Poznámky
Rozpustený kyslík	O <sub>2</sub>	3,7400	mg l <sup>-1</sup>		A01	Import dát z Javy: Koncentrácia O <sub>2</sub> : 3,74 mg/l bol zmenený na: mg/l: 3,740000 koeficientom: 1,000000 ObjektHist: Bývalá skládka odpadov - vrt O - 1 LokalitaHist: Obecny úrad Ohrady
Celkový organický uhlík	TOC	2,3100	mg l <sup>-1</sup>		A05	Import dát z Javy: TOC: 2,31 mg/l bol zmenený na: mg/l: 2,310000 koeficientom: 1,000000 ObjektHist: Bývalá skládka odpadov - vrt O - 1 LokalitaHist: Obecny úrad Ohrady
Riadač vody	pH	7,5000			B01	Import dát z Javy: pH: 7,50 bol zmenený na: 7,500000 koeficientom: 1,000000 ObjektHist: Bývalá skládka odpadov - vrt O - 1 LokalitaHist: Obecny úrad Ohrady
Teplota vody	T	10,2000	°C		B02	Import dát z Javy: Teplota: 10,2 °C bol zmenený na: °C: 10,200000 koeficientom: 1,000000 ObjektHist: Bývalá skládka odpadov - vrt O - 1 LokalitaHist: Obecny úrad Ohrady
Merná vodivosť	Konduktivita	789,0000	µS m <sup>-1</sup>		B04	Import dát z Javy: Vodivosť: 789 µS/m bol zmenený na: µS/m: 789,000000 koeficientom: 1,000000 ObjektHist: Bývalá skládka odpadov - vrt O - 1 LokalitaHist: Obecny úrad Ohrady
Fluoridy	Fluoridy	0,0800	mg l <sup>-1</sup>		C08	Import dát z Javy: Fluoridy: 0,08 mg/l bol zmenený na: mg/l: 0,080000 koeficientom: 1,000000 ObjektHist: Bývalá skládka odpadov - vrt O - 1 LokalitaHist: Obecny úrad Ohrady
Tenzidny aminové	PAL-A	0,0500	mg l <sup>-1</sup>		C10	Import dát z Javy: Aniónové tenzidy: 0,05 mg/l bol zmenený na: mg/l: 0,050000 koeficientom: 1,000000 ObjektHist: Bývalá skládka odpadov - vrt O - 1 LokalitaHist: Obecny úrad Ohrady
Nepol. extrahovateľné látky stanovené v infrač. časti spektra	NEL-Ľ	0,0600	mg l <sup>-1</sup>		C15	Import dát z Javy: NEL-Ľ: 0,06 mg/l bol zmenený na: mg/l: 0,060000 koeficientom: 1,000000 ObjektHist: Bývalá skládka odpadov - vrt O - 1 LokalitaHist: Obecny úrad Ohrady
Ortuť	Hg	0,1000	µg l <sup>-1</sup>	7439-97-6	D01	Import dát z Javy: Hg: 0,0001 mg/l bol zmenený na: µg/l: 0,000100 koeficientom: 1000,000000 ObjektHist: Bývalá skládka odpadov - vrt O - 1 LokalitaHist: Obecny úrad Ohrady
Arcén	As	1,0000	µg l <sup>-1</sup>	7440-38-2	D04	Import dát z Javy: As: 1 µg/l bol zmenený na: µg/l: 1,000000 koeficientom: 1,000000 ObjektHist: Bývalá skládka odpadov - vrt O - 1 LokalitaHist: Obecny úrad Ohrady
Meď	Cu	17,0000	µg l <sup>-1</sup>	7440-50-9	D05	Import dát z Javy: Cu: 0,017 mg/l bol zmenený na: µg/l: 0,017000 koeficientom: 1000,000000 ObjektHist: Bývalá skládka odpadov - vrt O - 1 LokalitaHist: Obecny úrad Ohrady
Zinok	Zn	88,0000	µg l <sup>-1</sup>	7440-66-6	D10	Import dát z Javy: Zn: 0,088 mg/l bol zmenený na: µg/l: 0,088000 koeficientom: 1000,000000 ObjektHist: Bývalá skládka odpadov - vrt O - 1 LokalitaHist: Obecny úrad Ohrady
Antimón	Sb	1,0000	µg l <sup>-1</sup>	7440-36-0	D26	Import dát z Javy: Antimón: 1 µg/l bol zmenený na: µg/l: 1,000000 koeficientom: 1,000000 ObjektHist: Bývalá skládka odpadov - vrt O - 1 LokalitaHist: Obecny úrad Ohrady

Obr. 3 Príklad vložených analýz za objekt

Mimo verejnej časti bol v roku 2018 vytvorený exportovací modul umožňujúci filtrovanie dát na základe vybraných parametrov. Tento uľahčuje prácu s dátami pri zameraní na hodnotenie konkrétnych ukazovateľov, území, útvarov PzV a pod [2]. Vytvorenie exportného modulu si vyžiadala náročnosť spracovania dát keďže v databáze sa momentálne nachádza cca 2400 objektov s 275 tis. zadanými parametrami.

Z prevádzky databázy, spôsobu naplňovania dátami a charakteru zbieraných údajov vyplývajú aj výhody a riziká jej používania. Najväčším rizikom je používanie dát o objektoch, ktoré v neboli presne priestorovo a vlastnícky identifikované. V súčasnosti prebieha postupná verifikácia historických údajov s opravou v tých prípadoch v ktorých je možné zistiť skutočný stav. Existenciu týchto nepresností je potrebné zohľadňovať pri vyhodnocovaní údajov. Naopak výhodou je možnosť hodnotenia dát ktoré nie sú dostupné z iných zdrojov a taktiež skutočnosť, že sa jedná o údaje o úrovni reálne zisteného znečistenia v podzemných vodách oproti predpokladanému stavu získanému napr. modelovaním šírenia znečisťujúcich látok.

Do budúcnosti je dôležité pokračovať v naplňovaní databázy a v maximálnej možnej miere odstránenie existujúcich nezrovnalostí.

## LITERATÚRA

- [1] <http://bodove-zdroje.vuvh.sk/IMZZ-Portal>
- [2] Tlučáková A., Speváková E., Chemický stav podzemných vôd v SR, Enviromagazín 6/2017

## MIKROBIÁLNA DEGRADÁCIA ROPNÝCH UHLÍKOVÝCH V PODZEMNEJ VODE PRED A PO OZONIZAČNOM PROCESSE

**Ing. Karol Šimkovič, prof. Ing. Ján Derco, DrSc.**

Slovenská technická univerzita v Bratislave, FCHPT, Oddelenie environmentálneho inžinierstva, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovenská republika, karol.simkovic@stuba.sk

### KLÚČOVÉ SLOVÁ

BTEX, biodegradácia, podzemná voda, mikrobiológia, ozonizácia

### ABSTRAKT

V posledných desaťročiach sa množstvo potenciálne nebezpečných látok vstupujúcich do vodného ekosystému každým dňom neustále zvyšuje. Medzi bežne sa vyskytujúce látky v rôznych vodných zdrojoch, vrátane podzemnej vody patria aj ropné uhľovodíky typu BTEX (benzén, toluén, etylbenzén a xylén). Prebiehajúce biodegradčné procesy podzemných vôd nie sú dostatočne účinné a dochádza k akumulácii týchto látok. Na zlepšenie biologickej odbúrateľnosti sa môže použiť proces ozonizácie, kedy dochádza k transformácii týchto odolných zlúčenín na ľahko biologicky odbúrateľné organické látky. Experiment bol zameraný na rozšírenie poznatkov o degradácii látok BTEX ozonizačným procesom pred následnou biologickou degradáciou. Dávkové experimenty boli pripravené zo sedimentu zvodnenej vrstvy a nadávkované podzemnou vodou s ozonizovanými a neozonizovanými látkami BTEX. Počiatočná koncentrácia týchto látok bola  $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . Výsledky ukázali, že účinnosť degradácie týchto zlúčenín bez predchádzajúcej ozonizácie bola v prvých 7 dňoch 9% pre benzén, 68% pre toluén, 75% pre p-xylén a 89% pre etylbenzén. Celkový čas biodegradácie bol pre etylbenzén 7 dní, pre toluén a p-xylén až 14 dní. Benzén nebol degradovaný ani po 21 dňoch experimentu. Pre porovnanie, po použití ozonizačného procesu došlo k zvýšeniu účinnosti biologickej degradácie, keď všetky látky BTEX boli v priebehu 7 dní úplne biodegradované.

### ÚVOD

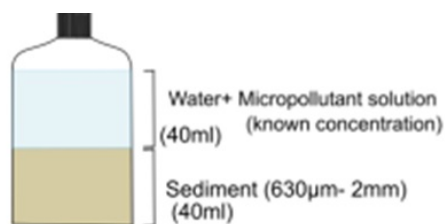
Podzemná voda je jedným z najdôležitejších zdrojov pitnej vody na svete. Kontaminácia podzemných vôd spôsobená ropnými uhľovodíkmi v dôsledku priemyselných činností, úniku z podzemných zásobníkov, náhodných únikov a nesprávnych postupov zneškodňovania odpadu je jednou z hlavných hrozieb pre kvalitu podzemných vôd a zdravie ekosystémov zvodnených vôd [1]. Rôzne štúdie poukázali na vysoký znečisťujúci potenciál stopovými organickými zlúčeninami ako BTEX v komunálnom odpade skladovanom na skládkach. Kontaminácia môže v mnohých prípadoch spôsobiť výrazný pokles biodiverzity zvodnenej vrstvy. BTEX zlúčeniny sú vo vode pomerne ľahko rozpustné a predstavujú riziko pre zdravie vodných zdrojov [2, 3].

Je známe, že kontaminácie podzemných vôd spôsobené ropnými uhľovodíkmi vykazujú dlhodobú perzistenciu v pôdach a vodonosných vrstvách, kde sú stabilné počas niekoľkých stoviek až tisícok rokov [4]. Až 90% frakcie rozpustnej vo vode pozostáva z benzénu, toluénu, etylbenzénu a izomérov xylénu (BTEX). Tieto zlúčeniny majú toxické účinky na ľudí a sú potvrdené alebo predpokladané karcinogény. Ďalšími negatívnymi účinkami na zdravie, ktoré vyplývajú z konzumácie týchto zlúčenín, sú poškodenia pečene, podráždenie kože a zmyslov, nepriaznivé účinky na zdravie dýchacích ciest, depresia centrálného nervového systému, ospalosť a celkové podráždenie orgánov [4]. Leusch a Bartkow [5] odhadli, že denný príjem BTEX z pitnej vody je až  $10 \mu\text{g}$  pre benzén,  $43 \mu\text{g}$  pre toluén,  $20 \mu\text{g}$  pre etylbenzén a  $24 \mu\text{g}$  pre xylény na liter vody. Agentúra na ochranu životného prostredia klasifikuje zlúčeniny BTEX ako prioritné znečisťujúce látky, čím sa ich odstraňovanie zo znečisteného prostredia stáva podstatným [6].

Procesy chemickej oxidácie, vrátane ozonizácie, môžu viesť k úplnej degradácii kontaminantov prípadne k transformácii odolných hydrofóbných organických látok na polárnejšie molekuly. Nedegradovateľné látky nachádzajúce sa v podzemných vodách môžu byť ozonizačným procesom premenené na biologicky rozložiteľnú formu a následne biodegradované. Biologická degradácia je jednou z najmenej nákladných sanačných technológií [7].

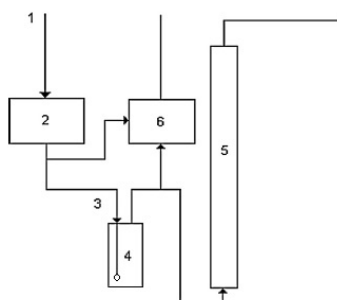
### MATERIÁLY A METÓDY

*Vsádzkový (dávkový) experiment:* Experimenty sa uskutočňovali v dávkových experimentoch so sedimentom a reálnou podzemnou vodou z kvartérnych kolektorov aby sa vyhodnotil potenciál biodegradácie porovnateľný s reálnymi podmienkami. Sterilné kultivačné banky o objeme 100 ml boli naplnené 40 ml sedimentu veľkosti zrna 0,63 až 2 mm a 40 ml podzemnej vody. Dávkové experimenty sa uskutočňovali individuálne pre každý typ vzorky. Po pridaní vopred stanovenej koncentrácie BTEX boli fľaše neustále miešané a inkubované pri 12 ° C v tmavých podmienkach.



Obr. 1 Kompozícia vsádzkovej kultivačnej banky

*Ozonizačný proces:* Experimenty s ozonizovanou podzemnou vodou sa uskutočňovali v reaktore s účinným objemom 2 L pri laboratórnych podmienkach. Použitý bol generátor ozónu Life Tech s maximálnou produkciou ozónu 5 g h<sup>-1</sup>. Prietok kyslíka bol Q<sub>O<sub>2</sub></sub> = 60 L h<sup>-1</sup> (T = 23° C, p = 101 270 Pa). Generátor ozónu pracoval na 50% maximálneho výkonu. Ozón bol pripravovaný z čistého kyslíka. Zmes O<sub>3</sub> a O<sub>2</sub> bola dodávaná do reaktora cez fritu na tvorbu jemných bublín. V prvej fáze experimentu bola podzemná voda (pH 7,35) nasýtená ozónom počas 30 min. Následne sa pridali jednotlivé východiskové koncentrácie zlúčenín BTEX 10 mg L<sup>-1</sup>.



Obr. 2 Schéma ozonizačného reaktora: 1 - prívod kyslíka, 2 - generátor ozónu, 3 - zmes O<sub>2</sub> a O<sub>3</sub>, 4 - ozonizačný reaktor s fritou, 5 - deštrukcia zvyškového ozónu, 6 - detektor ozónu

### VÝSLEDKY A DISKUSIA

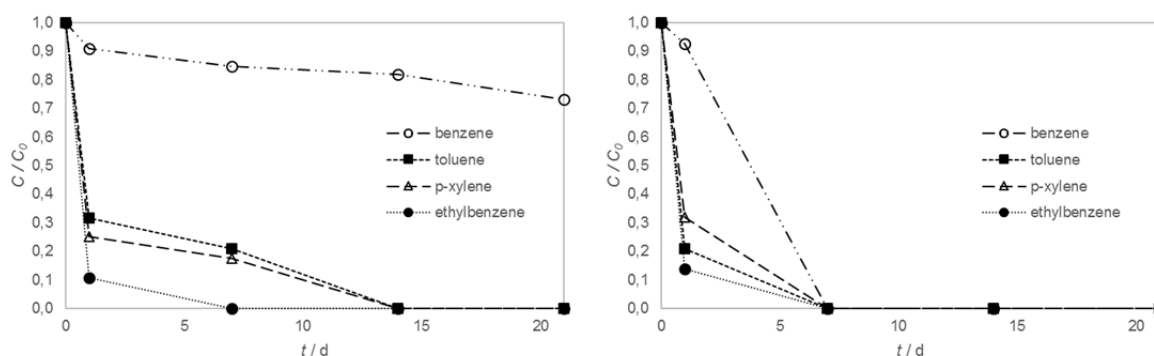
Cieľom práce bolo porovnanie biodegradačných procesov ozonizovanej a neozonizovanej podzemnej vody obsahujúcej ropné uhľovodíky – BTEX. Dávkový experiment sa uskutočňoval 21 dní a odoberanie vzoriek prebiehalo po 1, 7, 14 a 21 dňoch. V prípade ozonizovaných vzoriek prebiehala ozonizácia podzemnej vody 30 min. Koncentrácia ozónu sa kontinuálne stanovovala metódou indiga [8]. Po dosiahnutí koncentrácie ozónu v podzemnej vode 5,78 mg L<sup>-1</sup> sa pridali zlúčeniny BTEX (Tabuľka 1). Tento postup bol zvolený preto, aby sa zabránilo strippingu BTEX z podzemnej vody počas procesu ozonizácie a k ovplyvneniu výsledkov.

Tabuľka 1 Počiatočné koncentrácie a účinnosť degradácie BTEX po ozonizačnom procese

Podzemná voda	Benzén / mg L <sup>-1</sup>	Toluén / mg L <sup>-1</sup>	Etylbenzén / mg L <sup>-1</sup>	p-Xylén / mg L <sup>-1</sup>
neozonizovaná	9.29±0.31	8.67±0.21	5.4±0.42	7.63±0.49
ozonizovaná	6.66±0.24	4.48±0.01	1.78±0.29	1.90±0.06
účinnosť degradácie	28%	48%	67%	75%

Obrázok 3 zobrazuje pokles koncentrácie BTEX v neozonizovaných vzorkách dôsledkom biodegradácie a počiatočnej sorpcie na sedimente. Najvyššie účinnosti odstraňovania pre všetky skúmané zlúčeniny boli pozorované počas prvého dňa experimentu. Úplná biologická degradácia etylbenzenu nastala počas prvých 7 dní experimentu. V prípade toluénu a p-xylénu bola dosiahnutá úplná biodegradácia po 14 dňoch experimentu. Mikroorganizmy nedokázali úplne degradovať benzén ani po 21 dňoch experimentu, keď jeho zvyšková koncentrácia v podzemnej vode bola cca. 73%. Po prvom dni experimentu sa biodegradácia podzemnej vody s BTEX bez predchádzajúceho ozonizačného procesu spomalila. Toto bolo pravdepodobne spôsobené vyčerpaním kyslíka aeróbnou biodegradáciou vo vsádzkových fľašiach. Takéto podmienky s obmedzeným množstvom kyslíka sú však pre tento typ znečistenia podzemnej vody bežné. Liu [9] skúmal biodegradáciu benzénu a toluénu za aeróbnych a anaeróbnych podmienok. Experimenty ukázali, že s dostatočnými koncentraciami kyslíka v dávkovom experimente (> 2,5 mg L<sup>-1</sup>) boli toluén a benzén účinne biodegradované. Na druhej strane, v anaeróbnych podmienkach bolo inokulum schopné biodegradovať toluén, no biodegradácia benzénu bola len minimálna.

Účinnosť biologickej degradácie vzoriek obsahujúcich ozonizovanú podzemnú vodu s BTEX bola podstatne vyššia (Obr. 4). Tak ako v prípade neozonizovaných vzoriek, najvyššie miery degradácie všetkých sledovaných znečisťujúcich látok boli pozorované v priebehu prvého dňa pokusu. V porovnaní s predchádzajúcimi hodnotami boli všetky zlúčeniny BTEX, vrátane benzénu, degradované v priebehu 7 dní experimentu. To znamená, že došlo k zlepšeniu biologickej odbúrateľnosti organických znečisťujúcich látok BTEX. Pomaly biologicky odbúrateľné látky, ako je benzén, toluén a p-xylén, boli ozonizačným procesom degradované na ľahšie biologicky odbúrateľné formy a následne úplne biodegradované. Urýchlený proces biodegradácie môžeme vysvetliť aj tak, že ozonizáciou BTEX zlúčenín vznikli medziprodukty s ľahko využiteľným uhlíkom, ktorý následne mikroorganizmy využili ako zdroj energie pri degradácii BTEX.



Obr. 3 – 4 Biodegradácia neozonizovaných (vľavo) a ozonizovaných (vpravo) vzoriek BTEX

V rámci experimentu boli vyhodnotené aj kinetické parametre prebiehajúcich biodegradáčnych procesov (Tabuľka 2). Najvyšší nárast rýchlostnej konštanty pri porovnaní ozonizovaných a neozonizovaných vzoriek nastal v prípade benzénu (1:39), následne v prípade toluénu a p-xylénu (1:4). Rýchlosť odstraňovania etylbenzenu sa po ozonizačnom procese zvýšila dvakrát.

**Tabuľka 2** Kinetické parametre a štatistické charakteristiky biodegradácie BTEX ( $k_2$  = rýchlostná konštanta druhého rádu,  $R_{XY}$  = korelačný koeficient, pomer  $k_2$  = pomer rýchlosti degradácie neozonizované: ozonizované vzorky)

Kontaminant	non-ozonated samples		ozonated samples		pomer $k_2$
	$k_2 / \text{L mg}^{-1} \text{d}^{-1}$	$R_{XY}$	$k_2 / \text{L mg}^{-1} \text{d}^{-1}$	$R_{XY}$	
Benzén	1.96E-03	0.8179	7.58E-02	0.8750	1:38.6
Toluén	2.17E-01	0.9679	8.92E-01	0.9977	1:4.1
Etylbenzén	1.62E+00	0.9995	3.64E+00	0.9991	1:2.2
p-Xylén	3.43E-01	0.9755	1.24E+00	0.9934	1:3.6

## ZÁVER

Experimentálne merania boli uskutočnené s cieľom vyhodnotenia potenciálu ozonizácie na zvýšenie biologickej odbúrateľnosti BTEX v podzemných vodách. Účinnosť degradácie BTEX ozonizačným procesom bola 28% pre benzén, 48% pre toluén a približne 70% pre etylbenzén a p-xylén. Po 7 dňoch nasledovného dávkového experimentu sa dosiahla úplná biodegradácia týchto látok. Pre porovnanie, rýchlosť biologickej degradácie látok BTEX bez predchádzajúceho ozonizačného procesu bola oveľa nižšia. V prípade p-xylénu a toluénu došlo k biodegradácii po 15 dňoch, benzén nebol kompletne degradovaný ani po 21 dňoch experimentu. Výsledky dosiahnuté týmto experimentom môžu byť užitočné pri aplikácii procesu pred-ozonizácie na zvýšenie účinnosti biodegradácie ropných uhľovodíkov.

## POĎAKOVANIE

Túto prácu podporila Slovenská agentúra pre výskum a vývoj na základe zmluvy č. APVV-0656-12. Autori by chceli poďakovať Helmholtz Zentrum München, Institut für Grundwasserökologie za možnosť vykonania meraní a analýz.

## LITERATÚRA

- [1] Lueders T (2017) The ecology of anaerobic degraders of BTEX hydrocarbons in aquifers. *FEMS Microbiol Ecol* 93:1–13. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiw220>
- [2] Chiriac R, Carre J, Perrodin Y, et al (2007) Characterisation of VOCs emitted by open cells receiving municipal solid waste. *J Hazard Mater* 149:249–263. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.07.094>
- [3] Robinson HD, Knox K, Bone BD, Picken A (2005) Leachate quality from landfilled MBT waste. *Waste Manag* 25:383–391. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.02.003>
- [4] Eberhardt C, Grathwohl P (2002) Time scales of organic contaminant dissolution from complex source zones: Coal tar pools vs. blobs. *J Contam Hydrol* 59:45–66. [https://doi.org/10.1016/S0169-7722\(02\)00075-X](https://doi.org/10.1016/S0169-7722(02)00075-X)
- [5] Leusch F, Bartkow M (2010) A short primer on benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes (BTEX) in the environment and in hydraulic fracturing fluids. PDF file on [http://www.derm.qld.gov.au/environmental\\_management/coal-seam-gas/pdf/btex-report.pdf](http://www.derm.qld.gov.au/environmental_management/coal-seam-gas/pdf/btex-report.pdf), accessed on the 18th of July 2011
- [6] Jiang B, Zhou Z, Dong Y, et al (2015) Bioremediation of Petrochemical Wastewater Containing BTEX Compounds by a New Immobilized Bacterium *Comamonas* sp. JB in Magnetic Gellan Gum. *Appl Biochem Biotechnol* 176:572–581. <https://doi.org/10.1007/s12010-015-1596-0>
- [7] Derco J, Gulyášová A, Horňák M (2002) Influence of Ozonation on Biodegradability of Refractory Organics in a Landfill Leachate. *Chem Pap* 56:41–44
- [8] Bader H, Hoigné J (1981) Determination of ozone in water by the indigo method. *Water Res* 15:449–456. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(81\)90054-3](https://doi.org/10.1016/0043-1354(81)90054-3)
- [9] Liu Z (2015) Benzene and Toluene Biodegradation with Different Dissolved Oxygen Concentrations. Arizona State University

## RIZIKOVÉ JAVY V ÚZEMNOM PLÁNOVANÍ

Ing. arch. Martin Baloga, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Ústav manažmentu, Vazovova 5, Bratislava,  
matobaloga@gmail.com

### KLÚČOVÉ SLOVÁ

Rizikové javy, územný plán

Územné plánovanie sa zaoberá komplexným riešením územia na princípe dohody o jeho využívaní jednotlivými užívateľmi. Hlavným determinantom, ktorý definuje podmienky, za akých je možné rozvoj územia realizovať sú jeho prirodzené vlastnosti. Medzi najväčšie limity patria limitujúce javy, ktoré obmedzujú jeho využívanie z objektívnych príčin. Pri určovaní ďalšieho využívania je potrebné tieto javy zohľadniť. Z metodického hľadiska je možné obmedzenia vyplývajúce z rizikových javov implementovať niekoľkými spôsobmi s ohľadom na účel, ktorý sa chce dosiahnuť.

Z hľadiska využívania územia je možné jednotlivé funkčné plochy rozdeliť do základných skupín: zastavateľné plochy, nezastavateľné plochy, plochy infraštruktúry (rôzne verejné vybavenie). Na tieto plochy je potom možné aplikovať rozličné iné obmedzenia vyplývajúce z týchto rizikových javov.

Obmedzenia je možné charakterizovať ako objektívne (terénne danosti, zosuvy, radónové riziko, záplavové územia), ochranné (prírodné, kultúrno-historické), ohrozujúce (dopravné stavby, technická infraštruktúra).

Územnoplánovacia dokumentácia je spracovaná v ideových a obsahových vrstvách. Z hľadiska rizikových javov a ich zapracovania do regulácie ide o vrstvu regulácie funkčného využívania a iných špecifických regulatívov. Pre územnoplánovaciú dokumentáciu je potom možné identifikovať nasledovné regulačné prístupy:

- funkčné obmedzenie  
rizikový jav je zahrnutý do plôch, ktoré nie je možné zastavať
- dodatočné obmedzenie  
rizikový jav je zahrnutý do plochy, ktorú je možné zastavať za určitých konkrétnych podmienok
- požiadavka na riešenie  
regulácia nie je stanovená, stanovuje sa podmienka na podrobnejšie riešenie, čo je však pomerne neurčité a vzhľadom na to, že územný plán predstavuje právnu istotu investície v území, nekorektné

Znalosti o území sa priebežne menia a aktualizujú. Územnoplánovacia dokumentácia nie je fixným dokumentom a tiež podlieha morálnemu zastaraniu a je ju potrebné tiež aktualizovať. Miera zmien a doplnkov závisí od toho, ako nové informácie o území sú zistené. Územný plán predstavuje právnu istotu investície v území, preto je potrebné mať reguláciu v aktuálnu stave na základe aktuálnych informácií o území. V prípade, že nové skutočnosti nezasahujú do koncepcie premietnutej do územného plánu, stačia zmeny a doplnky. V opačnom prípade je potrebné vypracovať novú územnoplánovaciú dokumentáciu.



## NEVYUŽÍVANÉ A ZANEDBANÉ ÚZEMIA V INTRAVILÁNOCH MIEST – PRÍLEŽITOSŤ?

**Ing. arch. Katarína Andrášiová, PhD., Ing. arch. Erika Horanská**

Ministerstvo dopravy a výstavby SR, oddelenie mestského rozvoja, Námestie slobody 6, 810 05 Bratislava, Slovenská republika, katarina.andrasiova@mindop.sk, erika.horanska@mindop.sk

### KLÚČOVÉ SLOVÁ

brownfield, zhodnocovanie, regenerácia, mestský rozvoj, kvalitné životné prostredie

V roku 2018 vláda SR schválila materiál Konceptia mestského rozvoja SR do roku 2030. Materiál vzišiel z dielne Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky (MDV SR), ale na jeho prípravu sa podieľalo množstvo odborníkov z iných segmentov ústrednej štátnej správy, samosprávy, akademického, občianskeho aj podnikateľského prostredia. Je to historicky prvý dokument, ktorý sa na štátnej úrovni zaoberá významom miest pre rozvoj celej krajiny. Cieľom tohto rámcového dokumentu je definovať princípy a navrhnúť súbor opatrení, ktoré mestám pomôžu kvalitne plniť úlohy, ktoré sú im uložené. Je potrebné zdôrazniť, že koncepcia mestského rozvoja spracovaná ministerstvom nemôže zasahovať do právomocí samospráv. Dokument nemá ambíciu diktovať konkrétny recept, použiteľný pre všetky mestá. Namiesto toho materiál uvádza, že víziou rozvoja krajiny je aby „*mestá na Slovensku boli spravované tak, aby prostredníctvom dostatočne pestrej ponuky pracovných príležitostí, adekvátneho bývania a služieb s dôrazom na kvalitu životného prostredia, zahŕňajúcu aj kvalitné urbanistické a architektonické riešenia, poskytovali zdravé sídelné prostredie pre kvalitný život*“.

Jedným zo štrukturálnych opatrení, ktoré koncepcia obsahuje, je úloha „Analyzovať prekážky v zhodnocovaní nevyužívaných a zanedbaných území v intraviláne miest (tzv. brownfieldy) a navrhnúť podporné opatrenia“. Dôvodom, prečo sa koncepcia venuje takýmto územiám je, že svojou existenciou zhoršujú kvalitu mestského prostredia, sú prekážkou prirodzeného vývoja zastavaného územia a môžu byť aj environmentálnym ohrozením. Na druhej strane zanedbané plochy a územia v intravilánoch miest predstavujú aj významnú devízu – sú územnou rezervou s potenciálom opätovného využitia. Ich revitalizáciou je tiež možné predísť zbytočnému rozširovaniu zastavaného územia. Pre účely koncepcie rozumieme pod pojmom brownfieldy také nehnuteľnosti (pozemok, objekt, areál), ktoré:

- sú zanedbané, opustené alebo nedostatočne využívané,
- vznikli ako pozostatok predchádzajúceho užívania, zaniknutej aktivity,
- majú skutočné alebo potenciálne problémy s kontamináciou,
- pre svoje ďalšie prospešné využívanie vyžadujú intervenciu.

Otázka ako zhodnotiť nevyužívané a zanedbané územia v mestách rezonuje v prostredí Slovenska už dlhodobo. Odborné východiská pre regeneráciu zanedbaných území sú spracované vo výstupoch dvoch medzinárodných projektov. Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy sa zúčastnil projektu *Stratégia manažmentu urbánnych pôd (Urban SMS)*. Súčasťou balíčka vytvorených nástrojov bola príručka *Obnova brownfields ako alternatíva k zaberaniu zelených plôch v urbánnom rozvoji v strednej Európe* [1]. Partnerom ďalšieho medzinárodného projektu *Transfer know-how pre regeneráciu brownfieldov, akronym: BROWNTRANS* bolo pracovisko SPECTRA Centrum excelentnosti, Slovenská technická univerzita v Bratislave. Vďaka projektu bola zostavená Príručka pre regeneráciu brownfieldov BROWNTRANS [2]. Sústredený pohľad na širokú problematiku revitalizácie brownfieldov prinieslo tematické číslo časopisu *Urbanita* 3/2011 [3].

Zánik aktivít v území a opustenie predtým funkčných objektov má mnoho príčin a taktiež vedie k rôznym následkom. Preto regenerácia takýchto území môže byť vedená rôznymi prístupmi a v ideálnom prípade riešenie jedného problému, resp. jedného z jeho aspektov, môže zlepšiť situáciu aj v ďalších ohľadoch. Vznik pomerne rozsiahlych opustených a zanedbaných lokalít na územiach miest súvisí so zánikom výrobných podnikov (Obr.1). Transformácia ekonomiky ako aj prechod na nové technológie boli dôvodom zatvorenia mnohých prevádzok, po ktorých ostali opustené budovy a areály. S cieľom podporiť podnikanie v oblasti priemyslu a služieb a zvýšiť zamestnanosť boli vytvorené programy na podporu budovania priemyselných parkov v Slovenskej republike. Z finančných zdrojov EÚ boli priemyselné parky podporené z nasledovných programov: Sektorový operačný program Priemysel a služby (2004 – 2006) a Operačný program Konkurencieschopnosť a hospodársky rast (2007 – 2013) (OP KaHR). Primárnym cieľom nebola regenerácia zaniknutých prevádzok, ale OP KaHR podporil aj revitalizáciu bývalých priemyselných a podnikateľských lokalít, zároveň s podporou budovania zelených priemyselných parkov. Zo štatistiky o priemyselných parkoch vyplynulo [4], že prevažujú parky typu greenfield (GF 47, BF 24, GF/BF 3).



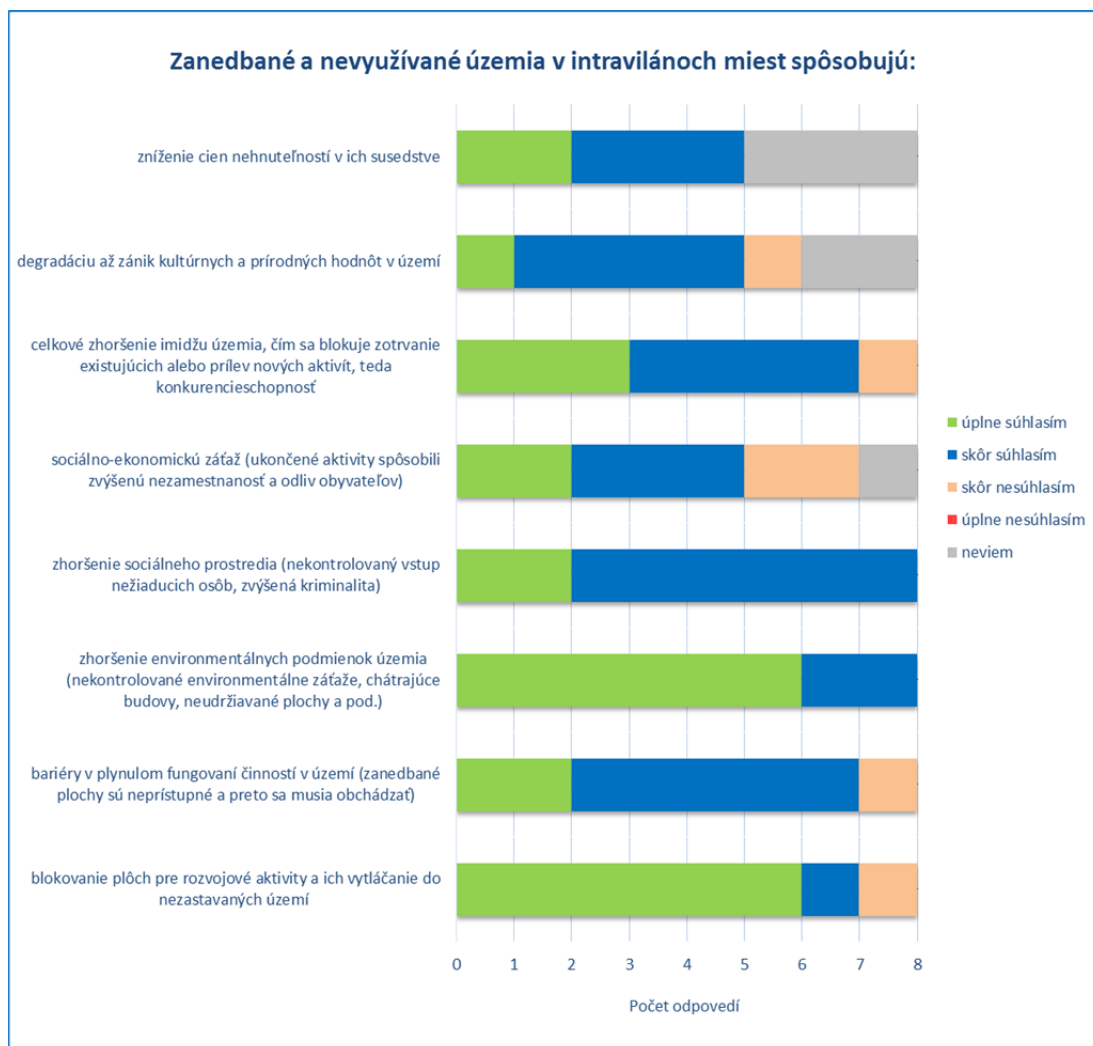
Obr.1 Bývalé výrobné areály postupne obklopiła rastúca mestská výstavba. Niektoré industriálne objekty prešli už konverziou, ako napríklad Mlynica v Bratislave – pôvodne závod ľahkých stavebných hmôt. Ateliér GutGut je laureátom CE-ZA-AR 2018 za projekt Mlynica v kategórii Občianske a priemyselné budovy. Foto: Jakub Moravčík

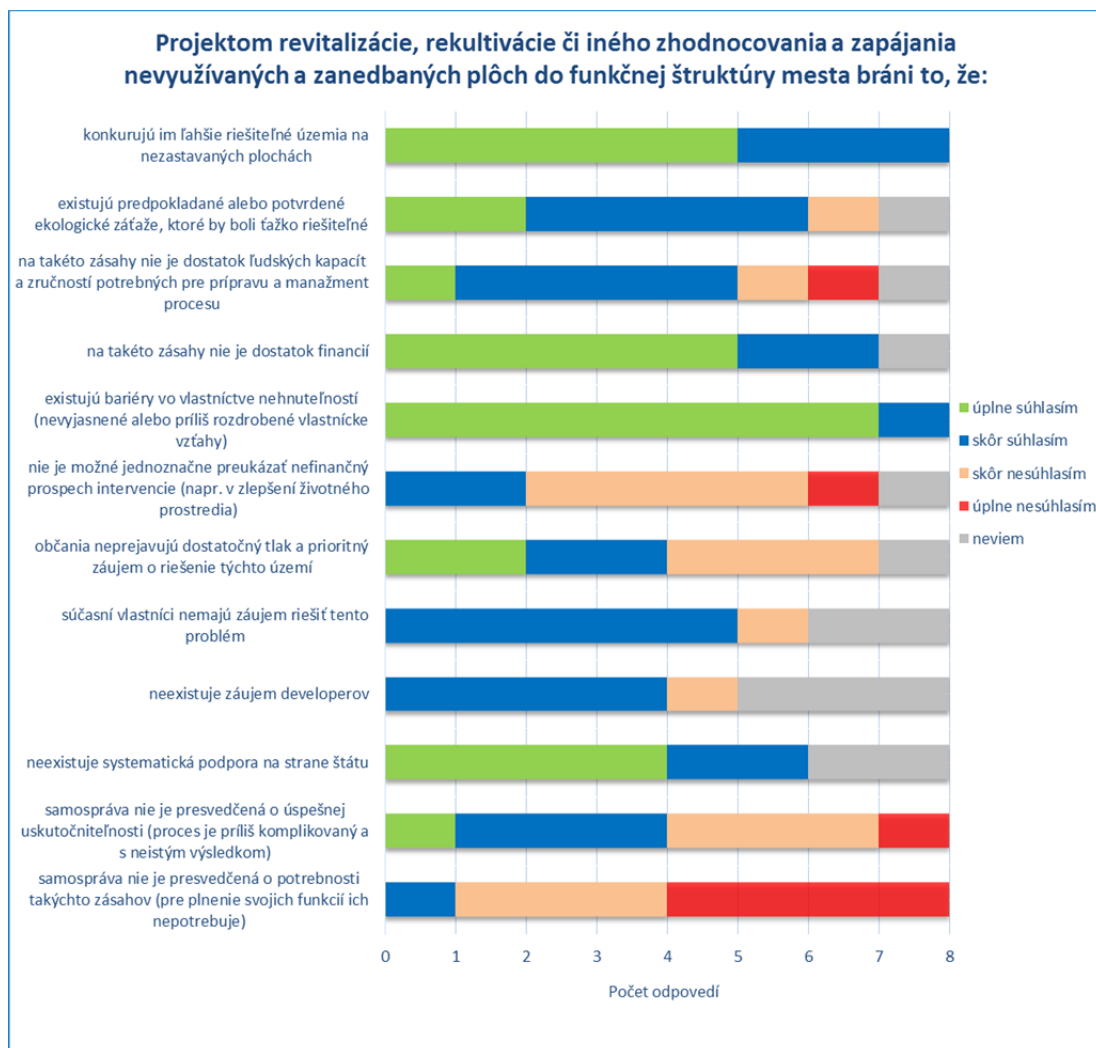
Jednou z prekážok, ktoré bránia revitalizácii, či rekultivácii nevyužívaných a zanedbaných území sú predpokladané alebo potvrdené environmentálne záťažové faktory. Štátny program sanácie environmentálnych záťažových faktorov (2016 – 2021) identifikuje zdroje potrebné na sanáciu environmentálnych záťažových faktorov v mestskom prostredí v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia, Prioritnej osi 1: Udržateľné využívanie prírodných zdrojov prostredníctvom rozvoja environmentálnej infraštruktúry. Dovoľujeme si poukázať na to, že v mestskom prostredí sú nepriaznivým faktorom nielen environmentálne záťažové faktory, ale aj nevyužívané územia, čo i len s predpokladanými záťažovými faktormi blokujú plochy pre rozvojové aktivity a tie sú vytláčané do širších území, čo následne spôsobuje zaberanie poľnohospodárskej pôdy a nárast ďalších plôch nepriepustných povrchov. Preto je potrebné pri nastavovaní priorit zohľadňovať aj územné potreby rozvoja miest a ochranu neobnoviteľných prírodných zdrojov.

Nevyhnutným predpokladom pre spracúvanie stratégií, nastavovanie priorít a potrieb financovania je dôsledná evidencia. Na Slovensku zatiaľ nemáme celoplošne spracovanú databázu zanedbaných a nevyužívaných území v intravilánoch miest, tzv. brownfieldov. Prvú iniciatívu na zber takýchto údajov podnikla Agentúra SARIO. V rokoch 2008 a 2009 zostavovala databázu hnedých priemyselných parkov a zisťovala možnosti ich revitalizácie. Databáza mala slúžiť ako podklad pre pripravovanú

Národnú stratégiu revitalizácie brownfieldov. Aktuálne je databáza prístupná ako Register štátom podporovaných priemyselných parkov. Evidenciu zanedbaných území z hľadiska životného prostredia vykonáva Slovenská agentúra životného prostredia (SAŽP), oddelenie starostlivosti o mestské životné prostredie. Od roku 2012 sa zaoberá identifikáciou a inventarizáciou degradovaných ekosystémov. Cieľom inventarizácie je získať aktuálne údaje o degradovaných ekosystémoch v území a vytvoriť databázu, kde sa budú tieto údaje priebežne aktualizovať a dopĺňať. Vlastné databázy zanedbaných území si už zostavili aj niektoré slovenské mestá. Pre celostné uchopenie problematiky je však nevyhnutné spracovať komplexnú národnú databázu, či už na miestnej alebo regionálnej úrovni.

MDV SR považuje systematické zhodnocovanie nevyužívaných a zanedbaných území v intravilánoch miest, tzv. brownfieldov, za účinný prístup smerom k udržateľnému rozvoju miest. Vyššie spomínaným opatrením koncepcie mestského rozvoja chceme vytvoriť reálny rámec pre ďalší postup a financovanie. Pre získanie informácií o aktuálnom stave problematiky na regionálnej aj miestnej úrovni oslovilo oddelenie mestského rozvoja samosprávy formou dotazníka (Obr.2). Dotazníkový prieskum sa stretol s dobrou odozvou, získali sme odpovede od všetkých samosprávnych krajov a od 114 miest z celkového počtu 140. Prieskum jednoznačne potvrdil potrebu systematicky sa zaoberať regeneráciou nevyužívaných a zanedbaných území. Prieskum je v súčasnosti v štádiu spracovania, dve tabuľky predstavujú čiastkové zistenia z odpovedí 8 samosprávnych krajov.





Obr.2 Dotazníkový prieskum - tabuľky predstavujú čiastkové zistenia z odpovedí 8 samosprávnych krajov.

Na Slovensku môžeme nájsť príklady zhodnocovania nevyužívaných a zanedbaných území takmer výlučne vo veľkých mestách. Viacero príkladov z Bratislavy, pri ktorých boli transformované bývalé industriálne územia, projekty ako Eurovea, či Nové Nivy, dokazujú záujem významných developerov. Ukazuje sa však, že primárne ekonomická motivácia nie je univerzálnym liekom. Bolo by veľmi vhodné, aby s návrhom riešenia prišiel aj štát, vrátane finančných zdrojov. MDV SR sa v rámci svojej kompetencie pripravovať a realizovať politiku mestského rozvoja usiluje presadiť, aby v nadchádzajúcom programovom období bolo možné realizovať projekty regenerácie nevyužívaných a zanedbaných území z finančných zdrojov Európskej únie.

Slovensko dosiaľ významne zaostáva v zhodnocovaní takýchto území, chýbajú pozitívne skúsenosti, zručnosti a know-how. Na druhej strane to vytvára príležitosť, aby projekty zhodnocovania brownfieldov na Slovensku využili existujúce pozitívne aj negatívne skúsenosti iných krajín a uplatnili najmodernejšie a inovatívne prístupy.

## LITERATÚRA

- [1] [https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/inhalte/urbansms/pdf\\_files/final\\_results/19\\_Brown\\_fields\\_report\\_613\\_final.pdf](https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/inhalte/urbansms/pdf_files/final_results/19_Brown_fields_report_613_final.pdf)
- [2] [http://fast10.vsb.cz/browntrans/document/Brownfields\\_handbook\\_Slovak%20version.pdf](http://fast10.vsb.cz/browntrans/document/Brownfields_handbook_Slovak%20version.pdf)
- [3] <https://www.yumpu.com/xx/document/view/16363868/urbanita-3-2011-urbion>
- [4] Analýza priemyselných parkov v Slovenskej republike. Ministerstvo hospodárstva SR, Centrum pre hospodárske otázky. Máj 2018 <https://www.mhsr.sk/uploads/files/bRRRoRuk.pdf>

## BÝVALÉ BAŤOVE ZÁVODY V PARTIZÁNSKOM: ZA ICH ZÁCHRANU PRED BROWNFIELDOM

RNDr. Juraj Silvan, PhD., Ing. arch. Ivan Múranica

ZUUPS – Združenie pre urbanizmus a územné plánovanie na Slovensku, [www.zuups.sk](http://www.zuups.sk)

### KLÚČOVÉ SLOVÁ

Baťove závody v Partizánskom/Baťovany, brownfield, záchrana, územný generel, vízia, pamiatka

### ÚVOD

Industriálne dedičstvo patrí aj na Slovensku k najvzácnejším objektom vývoja architektúry a urbanistickej tvorby. Týka sa to aj uceleného areálu bývalých Baťových závodov v Partizánskom, ktorý v súčasnosti využívajú viaceré firmy zväčša neobuvníckeho charakteru. Cieľom príspevku je úsilie o jeho záchranu ako celku aj v dnešných zmenených spoločensko-ekonomických podmienkach a nárokoch na technologické vybavenie a výrobné podmienky jednotlivých podnikov. Úvodom stručná história.

Reakciou na Veľkú svetovú hospodársku krízu (1929) bola stratégia decentralizácie Baťovho impéria a jej medzinárodný rozvoj, predovšetkým výstavbou nových fabriek a nadväzujúcich moderných satelitných miest, ktoré po celom svete kopírovali model Zlína. Iný je príklad satelitného mesta Partizánske/Baťovany: fabriku a nadväzujúce moderné, komplexné mesto založili pred vyše 80 rokmi – v r. 1938, teda tesne pred 2. svetovou vojnou. Išlo o svojráznu baťovskú funkcionalistickú architektúru, na tú dobu svetový unikát s priamo školským príkladom moderného urbanizmu; oboje z dielne zlínskeho stavebného a architektonického oddelenia, ktoré zmaterializovalo myšlienku a víziu Tomáša Baťu a jeho osvietených pokračovateľov. Baťovany vznikli ako humánne, zonálne mesto (zóny práce, bývania, rekreácie a dopravy), a to podľa známych koncepcií ideálnych priemyselných miest. Prínos a originalita Baťovian nie je iba v novátorskej funkcionalistickej architektúre, v dispozičnom riešení domov, modulovej skladbe priemyselných budov, vo variabilite typizovaných objektov, zeleni, ale predovšetkým v ponímaní človeka v jeho ľudskom rozmere (J. Lenhart, 2016).

### AKÚTNOSŤ POTREBY RIEŠENIA

Priemyselný areál v Baťovanoch/Partizánskom bol lokalizovaný na severnom okraji mesta, v nadväznosti na železničnú a cestnú sieť v roku 1938. Založenie tohto areálu bolo už dielom Jána Antonína Baťu (jeho nevlastný brat Tomáš – zakladateľ firmy, bol v tom čase po leteckej havárii v Otrokoviciach už 6 rokov mŕtvy). Po 2. svetovej vojne pribudla v areáli okrem obuvníckej výroby aj špecializovaná strojárka výroba; vo fabrike vtedy (už v Závodoch 29. augusta) pracovalo okolo 16 tisíc pracovníkov. Bolo to obdobie, keď sa mohla najväčšmi uplatniť sériová výroba obuvi, exportovaná predovšetkým do sovietskeho trhu. Avšak ako tento areál bezpríkladne expandoval, tak rýchlo strácal na význame v období po nežnej revolúcii.

Záujem o areál prejavil súkromný sektor. Jednotný areál z konca tridsiatich rokov minulého storočia sa však definitívne stal minulosťou: pôvodne celistvý areál sa rýchlo rozdrobil do celého radu domácich aj zahraničných výrobných jednotiek. Objekty o ktoré nebol záujem sa začali búrať, zostali po nich brownfieldy. Týka sa to najmä teplárenského komplexu, avšak aj unikátnych výrobných hál, napr. NAPO-EXICO. Časť ďalších objektov chátra, množia sa nevhodné prístavby, okolie budov je zarastené burinou. Celý areál je bez vnútornej ochrany, pôvodne moderné, dnes nefunkčné a chátrajúce sú obidva vstupy do areálu. Niektoré firmy si prispôbujú svoj vzhľad: príkladom je nevhodné bielo-modré sfarbenie areálu, ináč slušne renovovaných objektov závodu Honeywell. Táto americká firma je v súčasnosti najväčším závodom v areáli. V areáli sa darí aj našim firmám, ako sú napr. Mikrostep, Novesta i obuvnícka firma ZDA podnikateľa Milana Foltána.

Priemyselný areál stratil jednotnú formu a obsah, vrátane dopravy a infraštruktúry (najmä zásobovanie vodou a energiami). Pribudla automobilová doprava zamestnancov do závodov (čo za Baťu nebolo), voľné plochy sa zaberajú na parkovanie a tiež sa podstatne zmenili nároky na usporiadanie a zabezpečenie výrobných prevádzok. Napriek tomu tu možno urobiť poriadok a areál ako celok ochrániť. Unikátny priemyselný areál nie je pamiatkovo chránený, ani ako celok ani aspoň solitérmi. Pamiatková ochrana má dnes iné kritériá a priority pri živých produkčných organizmoch; v žiadnom prípade by nešlo o ochranu typu múzea či skanzenu.

### ÚZEMNÝ GENEREL PRIEMYSELNÉHO AREÁLU (ZÓNY, KOMPLEXU)

Ako prvý krok k záchrane tohto areálu v súčasných podmienkach odporúčame vypracovať územný generel, ktorý by mal slúžiť ako urbanistická prognóza viziou areálu ako celku. Treba vyzdvihnúť celú výstavbu areálu, počnúc výberom pozemku pri jeho založení, ktorý už v r. 1933 odkúpila firma Jána A. Baťu od veľkostatku Salzbergera v kat. území obce Šimonovany na hranici s obcou Veľké Bielice. Baťa už v tom čase mal reálnu víziu: vybudovať úplne nové ideálne priemyselné mesto pre cca 15 tisíc obyvateľov. Túto víziu následne podporil regulačný plán novozaloženého mesta od architekta Jiřího Voženilka, ktorý zohľadnil princípy zonálneho členenia územia podľa funkcií s rešpektovaním konceptu záhradného mesta. Jeho jadrom sa stal továrenský areál s funkcionalistickými objektmi realizovanými v pravidelnom rastru. Výstavba obytnej zóny – domov z režnej tehly s plochými strechami – bola rozširovaná východným smerom pozdĺž hlavného dopravného koridoru západ – východ (cesta a železnica). Poslednou fázou výstavby rodinných domov, najmä dvojdomkov západne od široko koncipovaného námestia s objektami občianskej vybavenosti mestského charakteru. V severozápadnej časti obytnú štvrť uzatváral rad slobodárni a objektov zdravotnej starostlivosti.

Vlastné námestie polyfunkčného charakteru (kultúrno-spoločenské centrum, služby, školstvo, internáty, zhromažďovací priestor) bolo v juhozápadnej časti navrhnuté ako anglický park, ktorý uzavrel funkcionalistický rímsko-katolícky kostol od architekta Vladimíra Karfíka so súsošíami Tibora Bárfaya. V ďalších regulačných plánoch z rokov 1942 a 1946 sa rekreačná zóna posunula južným smerom k rieke Nitre, bližšie k prírode, ďalej od priemyselného komplexu. Úspech Baťovej filozofie spočíval vo vysokom štandarde bývania s čo najkomplexnejším a s čo najprístupnejším servisom; z urbanistického hľadiska to predstavovalo predovšetkým bývanie v zeleni. To všetko precítiac génius loci danej lokality (J. Božik, 2016).

V tom čase najmladšie mesto v bývalom Československu – Baťovany, dnes Partizánske vzniklo oficiálne v roku 1938. Veľkosťou a urbanistickou koncepciou bolo vybudované tak, aby vyhovovalo pešiemu pohybu, všetko dostupné v primeranom čase, bez nutnosti MHD. Mesto dodnes pôsobí ako kompaktný celok, kde každý objekt je súčasťou celku a napriek solitérnej zástavbe vytvára čitateľné mestské prostredie s jednoznačne vymedzeným centrálnym priestorom – námestím.

Továrenské objekty, tzv. etážovky sú troj- až päťpodlažné s vertikálnym a tiež s dodatočne na streche vybudovaným horizontálnym komunikačným jadrom, železobetónovým monolitickým skeletom s rozpätím 6,15x6,15 m, obvodovou výplňou z tehlového muriva a jednoduchým rastrovým zasklením v oceľových rámoch. Tento základný modul vychádzal z pragmatických, typologických dôvodov a mimoriadnej efektívnosti výstavby. Samotný rozmer vyšiel z overenej optimálnej vzdialenosti železo-betónových konštrukcií používaných v USA (20 × 20 stôp).

Vlastný územný generel by mal predovšetkým zhodnotiť možnosti, princípy a dopady možných scenárov rozvoja priemyselného areálu. Analytická časť by mala o. i. zhodnotiť stavebno-technický stav objektov, zachovanú úroveň technickej infraštruktúry, stav ochrany životného prostredia, vrátane dopadov eventuálnej alternatív pamiatkovej starostlivosti.

Návrhová časť generelu by mala predovšetkým definovať filozofiu, charakter a štruktúru rozvoja areálu, limity a prínosy jeho využitia tak pre domácich ako aj zahraničných podnikateľov a investorov, podmienky pre rekonštrukciu a rekultiváciu komplexu, odporúčanie časovej a vecnej koordinácie prác, možnosti finančného zabezpečenia, vrátane predpokladanej návratnosti nákladov, odporúčaní pre možnosti získania štrukturálnych fondov EU i ďalších dotácií pre realizáciu generelu, návrhu

etapizácie riešení. Súčasťou riešenia by malo byť tiež vyhotovenie urbanistického modelu – makety priemyselného areálu

Z uvedeného vyplýva, že práve kombinácia moderného funkcionalistického urbanizmu a konzervatívnej architektúry dáva priemyselnému areálu jedinečné postavenie v rámci Baťových satelitov nielen v európskom ale aj vo svetovom kontexte. Povinnosťou kultúrnej obce na Slovensku je preto zabrániť postupnému chátraniu tohto vzácneho industriálneho komplexu ako celku (s výnimkou už spomenutých solitérov) a teda nedopustiť v ňom ďalšie rozširovanie brownfieldov. To je aj cieľ potrebného budúceho generelu zachovania, modernizácie a rozvoja unikátnej priemyselnej zóny, ktorý by mal byť vypracovaný v úzkej súčinnosti kolektívu urbanistov, architektov, pamiatkarov, ekologov a ďalších profesií. Samozrejme v úzkej symbióze so záujmami vlastníkov objektov a tiež samosprávnych orgánov najmä mesta, okresu a kraja.

## ZÁVER

Čo chceme dosiahnuť, aký je cieľ vypracovania územného generelu, t. j. nášho snaženia v oblasti záchranu tohto unikátneho, pôvodne Baťovho priemyselného areálu v Partizánskom?

- Aby sa prestalo s búraním, ale aby sa objekty rekonštruovali, aby sa neuplatňovala metóda rozširovania brownfieldov;
- Aby nová výstavba na brownfieldoch kopírovala urbanistické línie pôvodnej Baťovej zástavby, pričom predpokladáme, že pôjde o moderné, aj nízkopodlažné objekty;
- Aby sa podstatne zvýšila starostlivosť o priemyselný areál, aby areál ako celok riadil kvalifikovaný management, ktorý by nepripustil v celom komplexe devastácii zelene a nevhodným prístavbám, ktorý by zaviedol určitý stupeň kontroly pri vstupoch do areálu a tiež by sa postaral o funkčnosť jeho technickej a sociálnej infraštruktúry;
- Vyvinúť úsilie, aby sa kľúčové domáce a zahraničné firmy aktívne vťahli do kultúrno-spoločenského, urbanistického, ekologického i športového diania v meste a jeho zázemia/okresu Partizánske, a to formou sponzorstva a technickej pomoci;
- Aby sa jeden objekt/jedna výrobná hala stala domovom Baťovho múzea, keďže v dnešnom Baťovom múzeu ako súčasť Mestského múzea nemožno dosiahnuť žiaducu autentičnosť celého komplexu Baťovho fenoménu. V objekte by našli svoj domov aj absolventi Baťovej školy práce, či bývalí zamestnanci ZDA, ktorý sú dodnes, napriek svojmu vysokému veku mimoriadne aktívni v rámci činnosti rovnomenného klubu;
- Z hľadiska pamiatkovej starostlivosti treba vyvinúť efektívnu osvetovú činnosť, aby sa do chránených kultúrnych pamiatok dostal aspoň súbor niekoľkých priemyselných objektov/výrobných hál tohto areálu;
- Všetky tieto aktivity musia byť zosúladené so záujmami existujúcich a budúcich podnikových subjektov nachádzajúcich sa v priemyselnom areáli a v nie poslednom rade tiež s orgánmi verejnej správy (samosprávy) najmä mesta i jeho zázemia - okresu, kraja.
- Treba vyvinúť úsilie, aby sa do procesu zveľaďovania tohto priemyselného areálu zahrnuli aj zdroje zo štrukturálnych fondov EU ako aj ďalších dotácií.

## LITERATÚRA

- [1] Architektúra a územné plánovanie koncernu Baťa ako jeden z faktorov modernizácie Slovenska. Dvojazyčný zborník z medzinárodného sympózia (slov., angl.), Partizánske, 21. 10. 2015. Redakcia zborníka: RNDr. Klára Kubičková, PhD. (hlavná zostaviteľka), RNDr. Juraj Silvan, PhD., Ing. arch. Katarína Andrášiová, PhD. Vydavateľ: C.A.L.E.H., n. o., 2016.

## ZÁMOCKÉ ZÁHRADY – OD BROWNFIELDU KU KVALITE ŽIVOTA V MESTE

PhDr. Zdenko Čambal

Primátor mesta Holíč, Mestský úrad Holíč, Bratislavská 5, 908 51 Holíč, primator@holic.sk

Koncepcia mestského rozvoja SR do roku 2030 má zadané opatrenia v oblasti štrukturálnych zmien vo fungovaní miest a obcí. Jedným z opatrení tejto koncepcie by mala byť Analýza prekážok v zhodnocovaní nevyužívaných a zanedbaných území v intraviláne miest a návrh podporných opatrení. Každé mesto v súčasnosti zaznamenáva na svojom území a najmä v intravilánoch miesta, ktoré sú zanedbané a nevyužívané. Väčšinou slúžia k priestorovej segregácii a separácii určitých sociálnych skupín obyvateľstva. Prevenciou a jedným z prístupov zabezpečujúcim prevenciu sociálnej segregácie je podpora zdravého sociálneho mixu.

Je dôležité prihliadať na potreby rôznych účastníkov života v meste, uplatňovanie princípov univerzálneho navrhovania, regeneráciu a zapájanie občianskej spoločnosti v mestských komunitách. V nadväznosti na tieto aspekty je potrebné začať využívať opustené, resp. zanedbané územia v mestách, nazývané brownfieldy.

Narastá rozpínavosť miest mimo zastavaných území mesta a na druhej strane nie sú využívané zanedbané územia v centrálnych častiach miest. Nezanedbateľným faktorom pôsobiacim v mestách sú tiež nepriaznivé zmeny klímy. Tento faktor rieši ďalšie z navrhovaných opatrení Koncepcie mestského rozvoja SR do roku 2030 a tým je podpora prístupu miest smerom k adaptácii na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy.

Riešenia súvisia zároveň s podporou zabezpečovania systémového začlenenia adaptačných opatrení do územnoplánovacej dokumentácie. Nevyužitú, zanedbanú územia sú často pozostatky priemyselných areálov v tom lepšom prípade sa mnohokrát jedná o environmentálne záťaž. Ide o budovy - stavby alebo ruiny stavieb, namiesto ktorých by mohli byť vybudované oddychové zóny, parky, záhrady so stromami a výsadbou, jazierkami.

Cieľom je získať plochy, ktoré zabraňujú nadmernému výparu vody, zvlhčujú vzduch v mestách a v neposlednom rade sa podieľajú na zlepšení kvality životného prostredia v meste. Je kľúčové vyhodnotiť zraniteľnosť územia a potenciálne riziká a dôsledky zmeny klímy vo všetkých oblastiach, bez čoho nie je možné navrhnuť adaptačné opatrenia na lokálnej úrovni.

Na tieto dve opatrenia zadané v Koncepcii mestského rozvoja SR do roku 2030 nadväzuje návrh opatrenia Podporovať ochranu biodiverzity v mestách a obciach, a to najmä ochranou a tvorbou zelenej infraštruktúry, prepojením aktivít pre ochranu biodiverzity a zdravia ľudí.

Mesto Holíč vo vzťahu k týmto opatreniam má za sebou prvé hmatateľné výsledky vďaka mnohým environmentálnym projektom. Spomením revitalizáciu zámockých vodných valov, projekt Sprievodca bylinkovou záhradou, Zámocké záhrady v Holíči – I. etapa, Šanca pre zelené mestá, Zeleň ve městech trochu jinak a tiež projekty z Environmentálneho fondu na výsadbu zelene, nákup multifunkčného polievacieho vozidla a pod.

V meste je vysadených viac ako 1000 stromov a kríkov, sú revitalizované územia zámockých záhrad, ktoré sa nachádzajú takmer v centre mesta. Pripravuje sa revitalizácia Námestia sv. Martina a revitalizácia vnútorného bloku na ulici M. Nešpora. Na environmentálne projekty bolo cielene preinvestovaných viac ako 3 mil. Eur. Možno konštatovať, že súčasne so znižovaním investičného dlhu prebieha v meste Holíč aj znižovanie dlhu voči životnému prostrediu. Programovo sa zvyšuje kvalita života občanov i návštevníkov mesta.

V meste sa nachádza ešte veľa nevyužitých, zanedbaných území, ktoré je treba revitalizovať a premeniť na zmysluplne využívané a pre verejnosť prospešné miesta. Sú to plochy rôzneho zamerania – územia priemyselnej výroby, územia bývania a občianskej vybavenosti, územia poľnohospodárskej a lesohospodárskej výroby, územia určené na šport a rekreáciu, tiež pre cestovný ruch.



Tiež ide o komplex území dopravnej a technickej infraštruktúry vo vlastníctve mesta, VÚC, štátu a v súkromnom vlastníctve. Mesto má spracované štúdie realizovateľnosti na niektoré z týchto území, ale mnohé z nich nemajú ešte spracované ďalšie možnosti ich využitia.

Pred nedávnom mesto Holíč dostalo z Ministerstva dopravy a výstavby SR, zo sekcie bytovej politiky a mestského rozvoja, dotazník s názvom Stav a bariéry zhodnocovania nevyužívaných a zanedbaných území v intravilánoch miest Slovenska. Dokument obsahuje niekoľko otázok k nevyužívaným a zanedbaným územiam v intraviláne mesta.

Mapovaním nevyužívaných plôch v intraviláne mesta sme dospeli k číslu 14 lokalít, ktorých plochy sú rôzneho zamerania o celkovej rozlohe 1 257 824 m<sup>2</sup>, čo tvorí 3 % z celkovej výmery katastrálneho územia mesta Holíč. Vysoko zanedbané a vo vlastníctve mesta sú 4 lokality, ktoré bude potrebné v budúcnosti revitalizovať.

Základnou otázkou dotazníka zostáva, čo zanedbané a nevyužívané územia v intravilánoch miest vlastne spôsobujú? Z vlastných skúseností vieme, že ide predovšetkým o zhoršenie kvality života obyvateľov mesta, a to najmä v nasledovných faktoroch:

- tieto plochy blokujú rozvojové aktivity mesta a vytláčajú ich do iných území,
- zanedbané plochy sú neprípustné a musia sa obchádzať,
- vznikajú tzv. "čierne diery" v centrálnych polohách miest,
- zhoršujú sa environmentálne podmienky – chátrajúce budovy, neudržiavané plochy a pod.
- zhoršuje sa sociálne prostredie – nekontrolovaný vstup nežiadúcich osôb, zvýšená kriminalita
- celkové zhoršenie imidžu územia, čím sa blokuje prílev nových aktivít,
- degradácia, až zánik kultúrnych objektov, historických budov,
- zníženie cien nehnuteľností v danej lokalite.

Ďalšou otázkou v dotazníku bolo, čo bráni mestu zapájať sa do revitalizácie, rekultivácie, či iného zhodnocovania nevyužívaných a zanedbaných plôch? Dôvodov je viacero, uvediem najčastejšie z nich:

- na takéto zásahy nemá mesto dostatok financií
- tieto aktivity absentujú v operačných programoch a v dotáciách z EÚ
- neexistuje opora pojmu brownfield v legislatíve
- neexistuje pre vysoké finančné náklady záujem developerov
- neexistuje systematická podpora štátu
- nie je možné jednoznačne preukázať nefinančný prospech intervencie, napr. v zlepšení životného prostredia

Mesto Holíč upozornilo v dotazníku, že je potrebné nevyužívané a zanedbané územia postupne revitalizovať a dalo návrh Ministerstvu dopravy a výstavby SR, aby do budúceho programovacieho obdobia zakomponovalo podporný nástroj na podporu integrovaného prístupu mestského a regionálneho rozvoja. Najmä vo forme Krajinných výstav, ktoré by postupne pokryli celé územie SR. Existuje pracovná verzia Implementácie krajinných výstav na Slovensku vypracovaná skupinou krajinných a záhradných architektov. zatiaľ len v papierovej podobe. Krajinné výstavy sú veľmi podporované v Nemecku, Rakúsku a málo aj v Českej republike. Ich modely a vzory by mala prevziať aj Slovenská republika. Vyriešilo by to problém mnohých miest na Slovensku s nevyužívanými územiami v intravilánoch miest.

## LITERATÚRA

- [1] Ministerstvo dopravy a výstavby SR : Konceptcia mestského rozvoja SR do roku 2030
- [2] Ministerstvo dopravy a výstavby SR : Zisťovanie stavu a bariér zhodnocovania nevyužívaných a zanedbaných území v intravilánoch miest
- [3] Ministerstvo dopravy a výstavby SR : Realizácia koncepcie mestského rozvoja SR do roku 2030 - stretnutie platformy pre rozvoj slovenských miest
- [4] Program hospodárskeho a sociálneho rozvoja mesta Holíč na roky 2015-2021 Sociálno-ekonomická analýza mesta Holíč
- [5] Ing. Magda Horňáková, Ing. Anna Dobrucká : Implementácia krajinných výstav na Slovensku – pracovná verzia

## PREDSTAVUJEME KRAJINÁRSKE VÝSTAVY

Ing. Anna Dobrucká, PhD.

ZUUPS – Združenie pre urbanizmus a územné plánovanie na Slovensku, [www.zuups.sk](http://www.zuups.sk)

*Motto: Súčasnými investíciami do rozvoja krajiny podporujeme budúce generácie!!*

Koncepcia územného rozvoja miest dáva nádej na zmysluplné, dlhodobé perspektívne a nadrezortné strategické dokumenty, ktoré prinesú benefit nasledujúcim generáciám. Je to nesmierne dôležité, pretože ľudstvo stojí pred veľkými výzvami, na riešenie ktorých treba mať pripravenú dobrú víziu.

Urbanisti a krajinári predkladajú stále nové a lepšie koncepty, ktorými sa snažia riešiť problémy krajiny, sídiel, životného prostredia i kvality života. Takými sú napr. zelené mestá, zdravé mestá, inteligentné mestá, dýchajúce mestá, dynamické mestá, mestá pre deti a pod. Nové koncepty predkladajú v úsilí zachovať súčasnú životnú úroveň (prípadne ju ešte zvýšiť), vyriešiť nepriaznivý stav životného prostredia, zmierniť narastajúce sociálne napätie i medzinárodnú krízu. Vznikajú vynikajúce koncepty, aké ľudstvo cielene doteraz ešte netvorilo. Je to úžasná snaha a entuziazmus otočiť spoločnosť od sebazničenia k spolupráci. Aký je/bude výsledok tohto snaženia? To závisí od toho, ako sa koncepty a vízie budú presadzovať, ako sa verejnosť s nimi stotožní.

Každý nový koncept a každá rada odborníkov na lepšiu kvalitu života bude márna, kým nezačnú platiť morálne zásady a zodpovednosť za nezodpovedné rozhodnutia zodpovedných. Uvedené koncepty je možné dostať do praxe len cez rozhodovací proces. Nástrojom pre rozhodovanie v území je prioritne územný plán (prípadne iné strategické dokumenty). Jeho zavádzanie do praxe je legislatívne dobre nastavené, pretože spolu s verejnosťou vzniká záväzný dokument určujúci v istej perspektíve rozvoj územia. Rozhodovacieho procesu sa teda môže zúčastniť *i zainteresovaná verejnosť*, ktorá má možnosť predkladať podnety, pripomienky a požiadavky k územnému pánu. Verejnosť však zlyháva, keď sa nezaujíma o veci verejné, keď nevyužije právo vyjadriť sa a predkladať návrhy na riešenie územia (a budúcnosti). Avšak neskôr i jednotlivci dokážu celý územný plán rozvrátiť, čo by sa však nemalo akceptovať. Výrazný vplyv na rozhodovací proces majú poslanci – verejnosťou zvolení a poverení zastupovaním, ktorí dostávajú do rúk dôveru celej komunity. Tí však zlyhávajú, ak s poverením zaobchádzajú ľahkovážne, nezodpovedne a sledujú vlastné ciele namiesto cieľov verejnoprospešných. Zneužitím dôvery podporujú vznik chaosu a nekonajú v prospech celku. Napr. poslanci nemajú právo zmeniť územný plán (spoločenskú dohodu) vo fáze čistopisu (teda už po jeho schválení), avšak nie je to ojedinelý prípad. Po schválení treba územný plán i dodržiavať. A tu je ďalší kameň úrazu, pretože rozhodnutia k investičným zámerom robia pracovníci príslušných organizácií, teda ľudia, ktorí majú byť garantmi dodržiavania práva a uplatňovania územného plánu pri vydávaní rozhodnutí a povolení. Z vyššie uvedeného vyplýva, že proces plánovania a rozhodovania je postavený na zodpovednosti v etape tvorby i v etape realizácie a pri nezodpovednom rozhodovaní zlyháva celá snaha o dobrú spoločenskú dohodu. Územný plán stane „trhacím kalendárom“, ak dochádza k zlyhaniu ľudského faktora (dôvody radšej neskúmame). Ak teda odborníci prídu s ešte lepšími rozvojovými konceptmi, nie je záruka ich uplatnenia a dodržania, kým nebude zodpovedný ten, kto rozhoduje. Konšel si kedysi vážil, že dostáva do rúk dôveru a právomoci a nedovolil si pokaziť sebe a svojej rodine dobré rodové meno zlým, nezodpovedným rozhodovaním. Čo sa v spoločnosti zmenilo by mali skúmať sociológovia. Súčasné rozhodovanie je teda základom budúceho rozvoja územia a stavu spoločnosť. Súčasná generácia tak určuje kvalitu životného prostredia i kvalitu života ďalším generáciám. Vyhlásenie typu „každá generácia musí riešiť svoje problémy“ sú nezodpovedné, neprijateľné, alibistické a škodlivé. Hľadajme radšej my, tu a teraz už dnes prínosné riešenia, ktoré umožnia prežiť našim potomkom.

Dovolím si tvrdiť, že zmysluplný a dlhodobý akceptovateľný je len jeden koncept, a to je „udržateľné mesto, resp. trvalo udržateľný rozvoj“. Tento koncept v sebe integruje celý rad vízií, myšlienok a prístupov, ktoré sledujú kontinuitu rozvoja, vyváženosť územia, šetrné využívanie zdrojov, ochranu krajiny, biodiverzitu i ekostabilitu, ochranu prírodného a kultúrneho dedičstva, pokoru, sakrálnosť, harmóniu, sociálnu stabilitu a také aktivity, ktoré nebudú poškodzovať ani naše životné prostredie a kvalitu sídiel, ani kvalitu života nasledujúcich generácií. Koncept "udržateľného mesta" je potrebné podporiť pre jeho kultúrny, sociálny aj environmentálny rozmer, je to koncept *živej krajiny*, ktorá prináša stabilitu, etiku, estetiku, radosť, uvoľnenosť, ohľaduplnosť a ľudskosť. Koncept tu je už od roku 1992, teda od summitu v Rio de Janeiro. Teraz sa tento koncept oživuje Agendou 2030.

Urbanisti a krajinári dlhodobý presadzujú takýto koncept, pretože vedia, že chyby súčasnosti budú problémom nasledujúcich generácií. Koncept udržateľného mesta integruje i ďalšie vízie, ako je napr. koncept Smart Cities, ktorý prináša uplatnenie a využívanie informačných technológií na každom kroku a zameriava sa na dostupnosť a využiteľnosť informácií, prezentáciu hodnôt, bezpečnosť, energetické úspory apod. Koncept *nového urbanizmu* zase preferuje tradičné hodnoty v území, identitu, spiritualitu, estetiku, funkčnosť, kultúrnosť (napr. ochrana a tvorba komponovanie krajiny), tiež seberealizáciu, spolupatričnosť, psychickú pohodu, intimitu, príjemné vnemy, historické stopy apod. Súčasný životný štýl zážitkovosti prináša zase koncept *dynamického mesta*, to znamená pohyb, rýchlosť, energia, aktivity, premeny a adrenalín. Urbanisti a krajinári toto všetko vnímajú, podporujú a spolutvoria v konkrétnom území prostredníctvom územných plánov a iných rozvojových dokumentov. Územné plány sú veľmi významný dokument, ktorý tvoria odborníci po dôkladnom poznaní riešeného územia. Cieľom je ponúknuť priestory variabilné, multifunkčné aj stišujúce, aby si človek našiel *svoj kút v meste*. Kvalitný, premyslený územný plán je prvým predpokladom pre udržateľné bývanie. Územný plán je spoločenská dohoda o využívaní územia. Do územného plánu sa premietajú všetky požiadavky obyvateľov. Plánovanie miest nie je výmyslom súčasných generácií, ale už pred narodením Krista filozofi zverejňovali svoje predstavy o ideálnom meste a sporili sa o jeho funkciách (napr. Platón). V sídelnej štruktúre najvýznamnejšie plochy tvoria verejné priestranstvá, pretože tie sú každému dostupné a na nich sa odohráva každodenný život komunity. Za Monarchie mali poddaní i šľachta povinnosť darovať časť svojho majetku pre vytvorenie verejných priestranstiev (Stavební řád pro království České z roku 1889). Mestá so slobodnými občanmi do ich úpravy následne investovali nemalé finančné prostriedky, porovnateľné s dnešnými. Benefity dobre riešených verejných priestranstiev dnes užíva naša generácia a za to sa musíme našim predkom poďakovať.

Prírodné a kultúrne dedičstvo by malo byť pre nás inšpiráciou, aby sme aj my mysleli na svojich potomkov. Otázka je, čo im naša generácia posunie? Priemyselné zóny *na zelenej lúke či úrodnej pôde*, zaťažené územia, brownfieldy, blackfieldy, deštruované mestá, krajinu bez vody plnú odpadov, jedov, smrti? Totiž presne to je dôsledok nezodpovedného rozhodovania predchádzajúcich generácií a tiež súčasnej generácie z vôle a rozhodnutia zodpovedných. Ved' kto povoľuje poškodzovanie štruktúry krajiny a výruby lesov? Kto sanáciu odkalísk hodnotí ako drahú a nechá stredoškólakov odoberať vzorky a hľadať riešenia?

Nádej prináša globálna a európska iniciatíva, ktorej výsledkom na národnej úrovni je koncepcia rozvoja miest (KRM – pripravená rezortom výstavby) ako vízia na udržateľný rozvoj mestských území a na uplatnenie *urbánnej politiky*. Urbánna politika koncentruje riadiace a rozhodovacie procesy týkajúce sa miest a mestských funkčných území (regiónov). Na tejto politike mestského rozvoja sa podieľajú rôzni aktéri, ktorí majú na danom území spolupracovať a usmerňovať jeho rozvoj a aktivity. Urbánna politika súvisí práve s výzvami, ktoré musí funkčné mestské územie riešiť na báze udržateľnosti, tradične k nej patrí plánovanie, bytová politika, spotreba a materiálne zabezpečenie. Avšak nová urbánna politika získava i environmentálny rozmer i potrebu sebestačnosti a konkurencieschopnosti. Dobré spravovať svoj región je výzva pre zodpovedných odborníkov, manažérov a zástupcov miest, ale opäť i pre verejnosť min. v úrovni kontroly a spätnej väzby.

Odborná verejná architektov, urbanistov a krajinárov z odborných organizácií SKA (Slovenská komora architektov a ZUUPS – Združenie pre urbanizmus a územné plánovanie na Slovensku) podporuje koncept udržateľného mesta a chce ho podporiť okrem iného i zavedením *systému krajinárskych výstav*. Systém krajinárskych výstav je osvedčený nástroj na riešenie environmentálnych problémov územia i na zlepšenie kvality života, je to nástroj podporujúci environmentálny rozmer urbánnej politiky. Odborníci zo ZUUPS a SKA pripravili draft takéhoto systému, ktorý bol prezentovaný jednak v rezorte výstavby, ale i v rezorte životného prostredia vzhľadom na potrebu multidisciplinárneho prístupu k takejto aktivite. Systém krajinárskych výstav nie je nová idea. Osvedčený je jednak v SRN, kde je uplatňovaný už od roku 1951, a svoj vrchol dosiahol v roku 2000 (vtedy bolo naraz v jedno leto organizovaných až 8 výstav, v roku 2019 ich je otvorených 6), jednak v Rakúsku, ktoré po vzore Nemecka začalo s týmito aktivitami tiež. Práve cez krajinárske výstavy SRN rieši nevyužitú či deštruovanú územia, ktoré sa v rámci výstavy revitalizujú a sprístupňujú obyvateľom.

O systéme krajinárskych výstav sa na Slovensku diskutuje už od roku 2006. Vtedy túto myšlienku predstavili kolegovia z ČR, ktorí pripravovali výstavu v roku 2008 v Chebe. Mesto Cheb sa do výstavy pustilo odvážne, bez podpory vlády ČR, ale s podporou organizátorov výstav v SRN. Výstava bola natoľko úspešná, že ju mesto opakovane pripravilo ešte 2-krát, a to v rokoch 2012 a 2016. Odborníci na Slovensku si tiež uvedomujú význam takej aktivity najmä z dlhodobého hľadiska s benefitom pre nasledujúce generácie. V roku 2012 ZUUPS v spolupráci so SAS, SKA a STU pripravili seminár na tému krajinárskych výstav priamo na Úrade vlády. Nová vláda asi však tému krajinárskych výstav neosvojila a preferovala iné témy, najmä ekonomické. V súčasnosti sa pozornosť opäť upiera k problémom životného prostredia a to v dôsledku negatívnych zmien klímy, ktoré sú čoraz výraznejšie. Životné prostredie nepozná rezortizmus, ale prejavuje sa v globálnej dimenzii. Takže ak majú byť opatrenia a nástroje na elimináciu klimatických zmien účinné, mali by mať tiež nadrezortný charakter (aj vo financovaní), a potom môžu priniesť širšie benefity a synergiu. Za takýto nástroj treba považovať aj systém krajinárskych výstav. Spracovatelia návrhu sa domnievajú, že takýto *nadrezortný nástroj*, akými krajinárske výstavy sú, by mal byť inštitucionalizovaný pri Úrade vlády, resp. z poverenia ÚV prakticky uplatnený naprieč viacerými rezortmi. Odborná verejná architektov a krajinárov si dovoľuje na tejto konferencii uchádzať sa o podporu všetkých rezortov na spoluprácu a podrobné spracovanie predkladaného konceptu krajinárskych výstav.

#### **Systém krajinárskych výstav – podpora:**

- ♣ návrh systému krajinárskych výstav sa opiera o viac ako 60 rokov overený nemecký model Krajinných výstav,
- ♣ opiera sa o súčasné trendy, Agendu 2030 a Konceptiu rozvoja miest,
- ♣ predpokladá zavedenie nového samostatného dotačného systému *Krajinárske výstavy* ako podporného programu pre rozvoj miest,
- ♣ navrhuje vytvorenie pracovnej skupiny pre implementáciu krajinárskych výstav v SR priamo pri Úrade vlády SR a bude zložená zo zástupcov viacerých rezortov (MDV SR, MŽP SR, MP SR, MŠ SR, MF SR, UV SR) a odborných organizácií (SKA, SZKT, SAS) a ďalších relevantných organizácií (napr. Únia miest, ZMOS, K8).

#### **Systém krajinárskych výstav – model** spracovaný prípravnou skupinou odborníkov SKA a ZUUPS:

- ♣ návrh predpokladá organizovanie výstav v rôznom rozsahu – jednak s celoslovenskou pôsobnosťou (plochy 15 – 30 – 50 ha) a plochy pre menšie KV s regionálnou pôsobnosťou: plochy cca 5 – 10 (15) ha, ♣ výstavy by sa prioritne mali konať v lokalitách so zaťaženým územím a s brownfieldmi, ktorých revitalizácia je mimoriadne nákladná, ale výsledok prinesie mimoriadnu spoločenskú hodnotu,

- ♣ výška potrebných finančných prostriedkov pre zorganizovanie konkrétnej krajinárskej výstavy bude závisieť od zvoleného modelu pre výstavu, od náročnosti riešenia environmentálnych problémov, od počtu výstav v danom roku a od veľkosti riešeného územia, ako i od priority riešeného problému.
- ♣ Pri optimálnych modeloch, pri ktorých by sa konali 2 – 3 krajinné výstavy za rok, je potrebné na zabezpečenie programu počítať so sumou cca 15 – 20 miliónov Eur ročne počas plne funkčného modelu fungovania po cca 6 rokoch od zahájenia programu. V prvých 5 rokoch budú náklady nižšie.
- ♣ Nadviazať partnerskú spoluprácu s nemeckými organizáciami ktoré zabezpečujú konanie krajinných výstav celoštátne, alebo v jednotlivých štátoch (Bavorsko, Bádensko-Württembergsko, Sasko-Anhaltsko...).

Prvým krokom k zavedeniu systému krajinárskych výstav by malo byť presvedčenie širšej odbornej verejnosti, že navrhovaný systém je potrebný a vhodný, pretože prináša jednak podporu ekologickej stability územia, jednak sa javí ako realizovateľné adaptačné opatrenie na klimatické zmeny a je zároveň i nadrezortným projektom podporujúcim **kvalitu sídla v duchu win-win**, novú urbanistickú paradigmu, ochranu kultúrno-historických hodnôt i hodnôt krajiny. Spoločné prihlásenie sa účastníkov tejto konferencie ako odbornej verejnosti k tejto myšlienke by mohlo byť dobrým signálom pre kompetentných, že myšlienkou sa treba zaoberať a hľadať riešenia, ako systém krajinárskych výstav na Slovensku uplatniť.

Návrh Vyhlásenia bude predložený priamo na konferencii a dúfame, že bude účastníkmi konferencie prijatý, podporený a doplnený. Po jeho finalizácii bude zverejnený v médiách.

## ENVIRONMENTÁLNE ZÁŤAŽE V BRATISLAVE – POSTUP V ICH RIEŠENÍ

**Ing. Jaromír Helma, PhD.**

Slovenská agentúra životného prostredia, Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica, Slovenská republika, jaromir.helma@sazp.sk

### Úvod

Najväčšia hustota environmentálnych záťaží (EZ) v rámci SR je v Bratislave. Súvisí to najmä s dlhodobou intenzívnou priemyselnou činnosťou už od čias pred 2. svetovou vojnou. S prechodným útlmom niektorých druhov priemyselnej činnosti a zároveň s rozširujúcim sa mestom Bratislava, najmä v posledných rokoch, je tendencia budovať obytné zóny a miesta služieb (polyfunkčné objekty, obchodné strediská, ...) v priestoroch, kde prebiehala v minulosti intenzívna priemyselná činnosť. Tieto priestory, kedysi situované na periférii mesta, sa odrazu ocitli v jeho centre, a preto je o ne intenzívny záujem z hľadiska iného využitia, zatiaľ čo nová priemyselná činnosť je v súčasnosti vytláčaná na perifériu súčasného mesta.

V rámci novej výstavby sa geologickým prieskumom zistilo a zisťuje, že predchádzajúce využitie spôsobilo znečistenie podzemnej vody a horninového prostredia, ktoré je nevyhnutné sanovať tak, aby nepredstavovalo zdravotné ani environmentálne riziko pri súčasnom resp. budúcim využití územia. Špecifickým problémom je, že jednotlivé EZ – presnejšie povedané – znečistenie šíriace sa z rôznych zdrojov znečistenia vzhľadom na ich malé vzájomné vzdialenosti sa mieša, pričom v súčasnosti je niekedy veľmi ťažko odlíšiť, ktorá lokalita „patrí“ ku ktorej EZ. Jednotlivé EZ v Bratislave sú v rôznom štádiu riešenia z hľadiska ich odstraňovania, pričom tieto procesy sú niekedy mimoriadne náročné z technického aj ekonomického hľadiska. Kvôli komplikovanej situácii v súvislosti so stretmi záujmov (intenzívna výstavba viacerými rôznymi investormi v rôznom štádiu na mnohých parcelách, enormné množstvo rôznych majiteľov pozemkov) je v súčasnosti nereálne resp. takmer nereálne riešiť dané územie komplexne. Jednotlivé plochy znečistenia EZ sa investormi kúsujú a parciálne riešia – sanujú. Cieľom tohto príspevku je poskytnúť orientačný prehľad o EZ v Bratislave a o stave ich riešenia v súčasnosti.

### Počet environmentálnych záťaží v Bratislave

Napriek tomu, že je pomerne ťažké rozdeliť niektoré časti územia Bratislavy na jednotlivé EZ, určitá schematizácia kvôli oficiálnej evidencii v Informačnom systéme environmentálnych záťaží (ďalej ISEZ) a procesom, súvisiacim s ich postupným odstraňovaním, je nevyhnutná. Ďalšou oficiálnou evidenciou je zoznam schválených záverečných správ s analýzou rizika znečisteného územia, ktoré prešli procesom posudzovania a schvaľovania v Komisii pre posudzovanie a schvaľovanie záverečných správ s analýzou rizika znečisteného územia, ktorá je zriadená ako poradný orgán MŽP SR (ďalej komisia) pri sekcii geológie a prírodných zdrojov. V prípade niektorých EZ v Bratislave prešlo posudzovaním v komisii viacero záverečných správ.

V súčasnosti je v ISEZ zaevidovaných 83 lokalít (tab. 1) v Bratislave. V súvislosti s intenzívnou výstavbou je špecifická situácia (spomínaná v úvode) najmä v oblasti Starého Mesta a prípadne Ružinova (tab. 2), kde za hlavný zdroj znečistenia (najmä v oblasti Starého Mesta) sa považuje bývalá rafinéria Apollo. Okrem rafinérie Apollo sa na znečistení zrejme podieľala aj bývala Chemika, Gumon, Kablo. Plošne rozsiahle znečistenie je resp. sa predpokladá (je to trochu menej preskúmaná oblasť ako Staré Mesto) aj v Novom Meste, kde hlavným zdrojom znečistenia je bývalý závod CHZJD nazývaný neskôr aj ISTROCHEM.

V oblasti Starého Mesta a Ružinova sa realizovalo niekoľko geologických prieskumov životného prostredia, ale aj sanačné práce. Relatívne rozsiahlymi a komplexnými prácami z tejto oblasti boli práce súvisiace s výstavbou mostu Apollo (Maloveský a kol., 2002, Auxt a kol., 2002). Prieskumom bolo zistené rozsiahle znečistenie ropnými látkami vcelku výstižne reprezentované skupinovým ukazovateľom NEL-IR. Zistená bola tiež voľná fáza ropných látok na hladine podzemnej vody. Samozrejme overené bolo tiež znečistenie konkrétnymi látkami, ako sú PAU, BTEX, CIU. Znečistenie bolo resp. je rozšírené v okolí ulíc Košická, Landererova, Chalupkova, Bottova, Čulenova. Z výsledkov analýzy rizika vyplynulo, že existuje environmentálne riziko pre receptory v biologickej kontaktnej zóne, ako aj riziko šírenia sa znečistenia podzemnou vodou. Tiež sa zistilo, že existuje aj zdravotné riziko. V posledných rokoch v tejto oblasti prebiehala a prebieha intenzívna výstavba. Zavedením legislatívy v súvislosti s riešením problematiky EZ vznikla povinnosť predkladať záverečné správy s analýzou rizika na posúdenie a schválenie do komisie.

Od r. 2012 boli v komisii viaceré záverečné správy s analýzou rizika z tejto oblasti (tab. 3, obr. 1). Na základe niektorých výsledkov záverečných správ boli vyčlenené samostatné lokality s EZ (Bratislava-Ružinov – Twin City – severná časť, Bratislava - Staré Mesto - Čulenova - New City Centre, IV. obytná veža), niektoré nahradili novým názvom pôvodnú lokalitu (Bratislava-Staré Mesto – Prysmian Kablo – areál závodu bola nahradená lokalitou Bratislava-Staré Mesto – Twin City – južná časť). Niektoré výsledky prieskumov vo forme záverečných správ boli priradené k prvotne zaradeným lokalitám (Bratislava-Staré Mesto – Apollo – širší priestor bývalej rafinérie, Bratislava-Ružinov – Gumon – areál závodu, Bratislava-Staré Mesto – Chalupkova – Bottova ul. – Chemika – areál závodu). V prípade niektorých zasahuje znečistenie z Apolla do ich priestoru iba čiastočne (Bratislava-Ružinov – Prístav), nakoľko majú aj „vlastné znečistenie“ (zo zdrojov v samotnom prístave, súvisiacim s činnosťou prístavu).

Pomerne rozsiahlym územím „zaťaženým“ znečistením je aj časť Nového Mesta, kde hlavným zdrojom znečistenia je bývalý závod CHZJD, nazývaný neskôr aj ISTROCHEM. V priestore bývalého CHZJD sa realizovali viaceré prieskumné práce. K tým relatívne novším patria práce Poláka a kol. (2009ab), Chovanca (2011) a Chovanca s Holubcom (2011). Znečisťujúcimi látkami sú pesticídy (DDT, propazín), nutrienty (amoniak...), ťažké kovy (arzén), NEL, BTEX, chlórbenzén, ... Pôvodná lokalita zaradená v ISEZ ako Bratislava-Nové Mesto – CHZJD – širší priestor bývalého závodu sa logicky rozdelila na základe znečistenia a druhu činností, ktoré EZ spôsobili, na CHZJD – výroba hnojív, CHZJD – výroba gumárenských chemikálií, CHZJD – výroba trhavín, CHZJD – závod Mieru, CHZJD – bývalá výroba, CHZJD – logistika. Toto rozdelenie má význam aj z hľadiska postupného riešenia logicky vyčlenených celkov. Zaujímavé je, že v rámci prieskumu lokality Bratislava – Zátiešie (Matiová a kol., 2019), ktorá sa nachádza v bezprostrednej blízkosti bývalého areálu CHZJD (juhozápadne od neho) sa nezistilo závažné znečistenie ako v samotnom areáli, skôr by sme mohli povedať, že sa zistili iba náznaky znečistenia. Iná situácia je na lokalite Tepláreň II – Turbínova – Magnetova ul., kde sa prieskumom zistilo znečistenie viacerými látkami: CIU, chlórbenzén, C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>, NEL, ťažké kovy, polycyklické aromatické uhľovodíky. Primárnym kontaminantom podzemnej vody sú chlórované uhľovodíky. Bodovo boli zistené koncentrácie Cr, Ni, Pb v podzemnej vode. Na základe výsledkov prieskumu je možné konštatovať, že zistené znečistenie nepochádza iba z priestoru samotnej teplárne, lebo sa nachádza aj v priestore nad teplárňou (proti smeru prúdenia podzemnej vody).

Stav riešenia EZ v Bratislave je rôzny. Ako vyplýva z tabuliek 2 a 3, lokality v blízkosti centra (v súčasnosti to už asi môžeme považovať aj za širšie centrum Bratislavy) „idú“ svojím režimom v súlade s výstavbou. Realizovali sa tam viaceré podrobné alebo doplnkové geologické prieskumy životného prostredia, miestami aj sanácie, ktoré boli financované zo súkromných zdrojov. Vždy však ide iba o relatívne malé znečistené územia pod novými stavebnými objektmi, ktoré sa postupne preskúmvajú a sanujú. Sanácia sa spravidla realizuje tak, že sa odťaží kontaminovaná zemina do hĺbky zakladania stavby, spravidla cca po úroveň hladiny podzemnej vody, pričom sa vybuduje podzemná tesniaca stena a zároveň sa odstráni voľná fáza ropných látok z hladiny podzemnej vody. Realizujú sa tiež ďalšie opatrenia na elimináciu rizík, ako je napríklad špeciálna izolácia stavebných konštrukcií, aby sa

zabránilo prenikaniu kontaminovaného pôdneho vzduchu do priestoru budov. Komplikáciou v tejto oblasti sú zmeny prúdenia podzemnej vody ovplyvnené jednak zmenou úrovne hladiny Dunaja, ale aj jednotlivými stavbami. Ideálne by bolo celú oblasť riešiť naraz a komplexne, čo však v súčasnosti už nie je reálne.

Okres (jeho časť – počet EZ)/časť registra	A	AC	B	BC	C	Σ
BA I (Staré Mesto – 5)	1	0	2	2	0	5
BA II (Pod. Biskup. – 5, Ružinov – 25, Vrakuňa – 3)	10	3	7	2	11	33
BA III (N. Mesto – 10, Rača – 6, Vajnory – 1)	5	0	7	1	4	17
BA IV (Dev. N. Ves – 7, Dúbravka – 2, Lamač – 3)	4	2	0	1	5	12
BA V (Jarovce – 2, Petrž. – 11, Rusovce – 3)	8	1	1	2	4	16
<b>Bratislava spolu</b>	<b>28</b>	<b>6</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>24</b>	<b>83</b>

Tab. 1: Počet lokalít v jednotlivých častiach registra ISEZ zaevidovaných v Bratislave

Názov environmentálnej záťaže	Identifikátor	Re-gister
B1 (002)/Bratislava-Staré Mesto – Apollo – širší priestor bývalej rafinérie	SK/EZ/B1/115	BC
B1 (003)/Bratislava-Staré Mesto – Chalupkova–Bottova ul.– Chemika – areál závodu	SK/EZ/B1/116	B
B1 (1986)/Bratislava-Staré Mesto – Twin City – južná časť	SK/EZ/B1/1986	BC
B2 (006)/Bratislava-Ružinov – Gumon – areál závodu	SK/EZ/B2/122	B
B2 (1904)/Bratislava-Ružinov – Prístav	SK/EZ/B2/1904	B
B2 (2057)/Bratislava-Ružinov – Twin City – severná časť	SK/EZ/B2/2057	B
B1 (2084) / Bratislava - Staré Mesto - Čulenova - New City Centre, IV. obytná veža	SK/EZ/B1/2084	B

Tab. 2: Zoznam vybraných lokalít v ISEZ zaevidovaných v častiach Starého Mesta a Ružinova (tzv. „širšie centrum“)

Geolog. práce	Názov záverečnej správy s analýzou rizika	Rok ZS	Názov environmentálnej záťaže
Prieskum	Polyfunkčná stavba Twin City – južná časť, Karadžičova, Továrenská, Chalupkova, Košická ul., Bratislava	2012	B1 (1986)/Bratislava-Staré Mesto – Twin City – južná časť
Sanácia	Polyfunkčná stavba TWIN CITY juh, objekty A2.101, A3.101, sanácia EZ B1 (1986)/Bratislava-Staré Mesto – TWIN CITY – južná časť (SK/EZ/B1/1986)	2015	B1 (1986)/Bratislava-Staré Mesto – Twin City – južná časť
Sanácia	Polyfunkčná stavba TWIN CITY juh, objekt A4, sanácia EZ B1 (1986)/ Bratislava-Staré Mesto TWIN CITY – južná časť (SK/EZ/B1/1986)	2015	B1 (1986)/Bratislava-Staré Mesto – Twin City – južná časť
Prieskum	Bratislava TWIN CITY sever, geologický prieskum životného prostredia	2015	B2 (2057)/Bratislava-Ružinov – Twin City – severná časť
Prieskum	Administratívna budova Panorama City III. Business, geologický prieskum životného prostredia	2016	B1 (002)/Bratislava-Staré Mesto – Apollo – širší priestor bývalej rafinérie
Prieskum	Geologický prieskum oblasti Čulenova – LP2 Bratislava	2016	B1 (002)/Bratislava-Staré Mesto – Apollo – širší priestor bývalej rafinérie
Prieskum	Podrobný geologický prieskum životného prostredia a analýza rizika polyfunkčného	2016	Bratislava-Ružinov – Gumon – areál závodu, B1 (002)/Bratislava-Staré Mesto – Apollo – širší priestor



Geolog. práce	Názov záverečnej správy s analýzou rizika	Rok ZS	Názov environmentálnej záťaže
	komplexu Klingerka		bývalej rafinérie
Prieskum	Polyfunkčný komplex EUROVEA II. Bratislava, záverečná správa z prieskumu znečistenia životného prostredia s analýzou rizika znečisteného územia	2017	B1 (002)/Bratislava-Staré Mesto – Apollo – širší priestor bývalej rafinérie
Prieskum	Rezidencia Bottova, geologický prieskum životného prostredia a analýza rizika	2017	B1 (002)/Bratislava-Staré Mesto – Apollo – širší priestor bývalej rafinérie, B1 (003)/Bratislava-Staré Mesto – Chalupkova – Bottova ul.– Chemika – areál závodu
Prieskum	ISTER TOWER – gpžp	2017	B1 (002)/Bratislava-Staré Mesto – Apollo – širší priestor bývalej rafinérie
Prieskum	Bratislava – Landererova ulica – polyfunkčný komplex PORTUM	2017	B1 (002)/Bratislava-Staré Mesto – Apollo – širší priestor bývalej rafinérie
Sanácia	Polyfunkčná stavba TWIN CITY – juh, objekt A1, sanácia environmentálnej záťaže B1 (1986)/Bratislava-Staré Mesto – Twin City – južná časť	2017	B1 (1986)/Bratislava-Staré Mesto – Twin City – južná časť
Prieskum	Geologický prieskum oblasti Čulenova, New City Centre, IV. obytná veža, Bratislava	2018	B1 (2084) / Bratislava - Staré Mesto - Čulenova - New City Centre, IV. obytná veža
Prieskum	Polyfunkčný objekt KLINGERKA 2 - 3 - gpžp	2018	B2 (006) / Bratislava - Ružinov - Gumon - areál závodu
Prieskum	Kongresovo-administratívne centrum - gpžp - PANORAMA IV	2018	B1 (002) / Bratislava - Staré Mesto - Apollo - širší priestor bývalej rafinérie

Tab. 3: Zoznam záverečných správ s analýzou rizika posudzovaných v Komisii vo vzťahu k vybraným lokalitám v ISEZ zaevidovaných v častiach Starého Mesta a Ružinova

Názov environmentálnej záťaže	Identifikátor	Register
B3 (2060)/Bratislava-Nové Mesto – CHZJD – výroba hnojív	SK/EZ/B3/2060	B
B3 (2061)/Bratislava-Nové Mesto – CHZJD – výroba gumárenských chemikálií	SK/EZ/B3/2061	B
B3 (2062)/Bratislava-Nové Mesto – CHZJD – výroba trhavín	SK/EZ/B3/2062	B
B3 (2063)/Bratislava-Nové Mesto – CHZJD – závod Mieru	SK/EZ/B3/2063	B
B3 (2064)/Bratislava-Nové Mesto – CHZJD – bývalá výroba	SK/EZ/B3/2064	B
B3 (2065)/Bratislava-Nové Mesto – CHZJD – logistika	SK/EZ/B3/2065	B
B3 (004) / Bratislava - Nové Mesto - Tepláreň II - Turbínová - Magnetová ul.	SK/EZ/B3/140	A
Bratislava - Zátišie	bola v komisii v r. 2019	nezaradená

Tab. 4: Zoznam lokalít bývalého CHZJD v registri ISEZ zaevidovaných v časti Nového Mesta a lokality nachádzajúce sa v ich bezprostrednej blízkosti evidované v IS EZ (Tepláreň II – Turbínová – Magnetova ul.) resp. posudzované v Komisii (Bratislava – Zátišie)

Názov environmentálnej záťaže	Identifikátor	Zdroj – geol. práce
B4 (001)/Bratislava-Devínska Nová Ves – kameňolom Srdce	SK/EZ/B4/147	OPŽP – sanácia
B4 (006)/Bratislava-Devínska Nová Ves – skládka odpadov pri Volkswagene	SK/EZ/B4/152	MŽP SR – štátny rozpočet – prieskum
B2 (020)/Bratislava-Vrakuňa – Vrakunská cesta – skládka CHZJD	SK/EZ/B2/136	OPŽP – prieskum
B2 (004)/Bratislava-Ružinov – Čierny les	SK/EZ/B2/120	OPŽP – prieskum
B2 (017)/Bratislava-Ružinov – Ústredná nákladná stanica	SK/EZ/B2/133	OPŽP – prieskum
B2 (1904)/Bratislava-Ružinov – Prístav	SK/EZ/B2/1904	OPŽP – prieskum
B4 (001)/Bratislava-Devínska Nová Ves – kameňolom Srdce	SK/EZ/B4/147	OPŽP – sanácia
B2 (008)/Bratislava-Ružinov – Na paši č. 4 – chemická čistiareň	SK/EZ/B2/124	OPŽP – prieskum
B3 (004)/Bratislava-Nové Mesto – Tepláreň II – Turbínová – Magnetová ul.	SK/EZ/B3/140	OPŽP – prieskum
B3 (002)/Bratislava-Nové Mesto – CHZJD – širší priestor bývalého závodu (v súčasnosti zahŕňa 6 lokalít z tabuľky č. 4)	SK/EZ/B3/138	OPŽP – monitoring

Názov environmentálnej záťaže	Identifikátor	Zdroj – geol. práce
B5 (007)/Bratislava-Petržalka – Matador – areál bývalého závodu	SK/EZ/B5/161	OPŽP – monitoring
B2 (006)/Bratislava-Ružinov – Gumon – areál závodu	SK/EZ/B2/122	OPŽP – monitoring
B2 (007)/Bratislava-Ružinov – Malý Dunaj – vtokový objekt	SK/EZ/B2/123	OPŽP – monitoring
B2 (015)/Bratislava-Ružinov – SPP Votrubova ul.	SK/EZ/B2/131	OPŽP – monitoring
B1 (003)/Bratislava-Staré Mesto – Chalupkova–Bottova ul.– Chemika – areál závodu	SK/EZ/B1/116	OPŽP – monitoring

Tab. 5 Zoznam lokalít v Bratislave, kde boli financované náklady na geologické práce (prieskumy, sanácie, monitorovanie) v rámci OPŽP resp. štátneho rozpočtu

Názov environmentálnej záťaže	Identifikátor	Rok vyprac. PP
B5 (006)/Bratislava – Petržalka – Kopčianska – pri vojenskom cintoríne	SK/EZ/B5/160	2016
B2 (020)/Bratislava-Vrakuňa – Vrakunská cesta – skládka CHZJD	SK/EZ/B2/136	2016
B2 (004) Bratislava-Ružinov – Čierny les	SK/EZ/B2/120	2016
B2 (1904)/Bratislava-Ružinov – Prístav	SK/EZ/B2/1904	2017
B3 (2060)/Bratislava-Nové Mesto – CHZJD – výroba hnojív	SK/EZ/B3/2060	2017

Tab. 6 Zoznam lokalít v Bratislave, pre ktoré boli vypracované návrhy PP na odstránenie EZ v r. 2016 a v r. 2017

Názov environmentálnej záťaže	Identifikátor	Zdroj – geol. práce
B2 (009) / Bratislava - Ružinov - PD Prievoz	SK/EZ/B2/125	OPKŽP - prieskum
B2 (014) / Bratislava - Ružinov - spaľovňa - skládka škváry pred budovou	SK/EZ/B2/130	OPKŽP - prieskum
B2 (019) / Bratislava - Vrakuňa - medzi skládkou CHZJD a cintorínom	SK/EZ/B2/135	OPKŽP - prieskum
B2 (2059) / Bratislava - Ružinov - I. kanál chemických odpadových vôd	SK/EZ/B2/2059	OPKŽP - prieskum
B3 (008) / Bratislava - Rača - Žabí majer	SK/EZ/B3/144	OPKŽP - prieskum
B4 (007) / Bratislava - Dúbravka - Technické sklo - areál závodu	SK/EZ/B4/153	OPKŽP - prieskum
B5 (2047) / Bratislava - Petržalka - Kopčianska - okolie vojenského cintorínu	SK/EZ/B5/2047	OPKŽP - prieskum

Tab. 7 Zoznam lokalít v Bratislave, kde budú financované náklady na geologické práce (prieskumy) v rámci OPKŽP

Z tab. 3 vyplýva, že ide o relatívne nové prieskumné práce (väčšinou z rokov 2015 – 2018) sanácia viacerých ešte nie je ukončená resp. ani sa nezačala. Lokalita Bratislava-Staré Mesto – Twin City – južná časť bola najskôr preskúmaná doplnkovým geologickým prieskumom životného prostredia (Mészárosová, Masiar, 2012) a teraz sa postupne po častiach sanuje (Matiová. a kol., 2015ab, Matiová, 2017). Stále je však sanovaná iba menšia časť tejto priestorovo vymedzenej lokality. Lokalita Bratislava-Staré Mesto – Apollo – širší priestor bývalej rafinérie svojím znečistením de facto zasahuje do celej tejto oblasti v súčasnosti typickej intenzívnou výstavbou. Administratívna budova Panorama City III. Business sa už stavia, a teda zrejme sa už realizovala resp. realizuje sanácia pod týmto objektom. V priestore rezidencie Bottova (Masiar a kol., 2017) taktiež prebieha výstavba, teda zrejme aj sanácia. V priestore Čulenovej (Žitňan a kol., 2016, 2018) sa realizoval prieskum a v súčasnosti sa tam tiež už realizuje výstavba. V priestore Klingerka (Mészárosová, 2016) sa po prieskume už začala výstavba (Klingerka je v IS EZ priradená na základe priestorových vzťahov prioritne k lokalite Bratislava-Ružinov – Gumon – areál závodu, ale pravdepodobne ide o miešanie sa znečistenia z Apolla a Gumonu). Polyfunkčný objekt KLINGERKA 2 - 3 je krátko po prieskume (Antal, 2018b), ale výstavba sa ešte nerealizuje. V priestore Eurovea II (Lichý a kol., 2017) PANORAMA IV (Antal, 2018c) sa iba nedávno začalo s výstavbou. Plochami zatiaľ bez výstavby (ale prieskum sa už realizoval) sú Portum (Auxt a kol., 2017), ISTER TOWER (Antal a kol., 2017).

Riešeniu EZ nielen v Bratislave, ale aj v rámci celej SR výrazne pomohli a pomáhajú finančné prostriedky z európskych fondov. Zoznam lokalít v Bratislave, kde boli financované náklady na geologické práce (prieskumy, sanácie, monitorovanie) v rámci Operačného programu Životné prostredie (OPŽP), sú v tabuľke 5. ŠGÚDŠ monitoroval v rámci OPŽP 6 lokalít (projekt: Monitorovanie

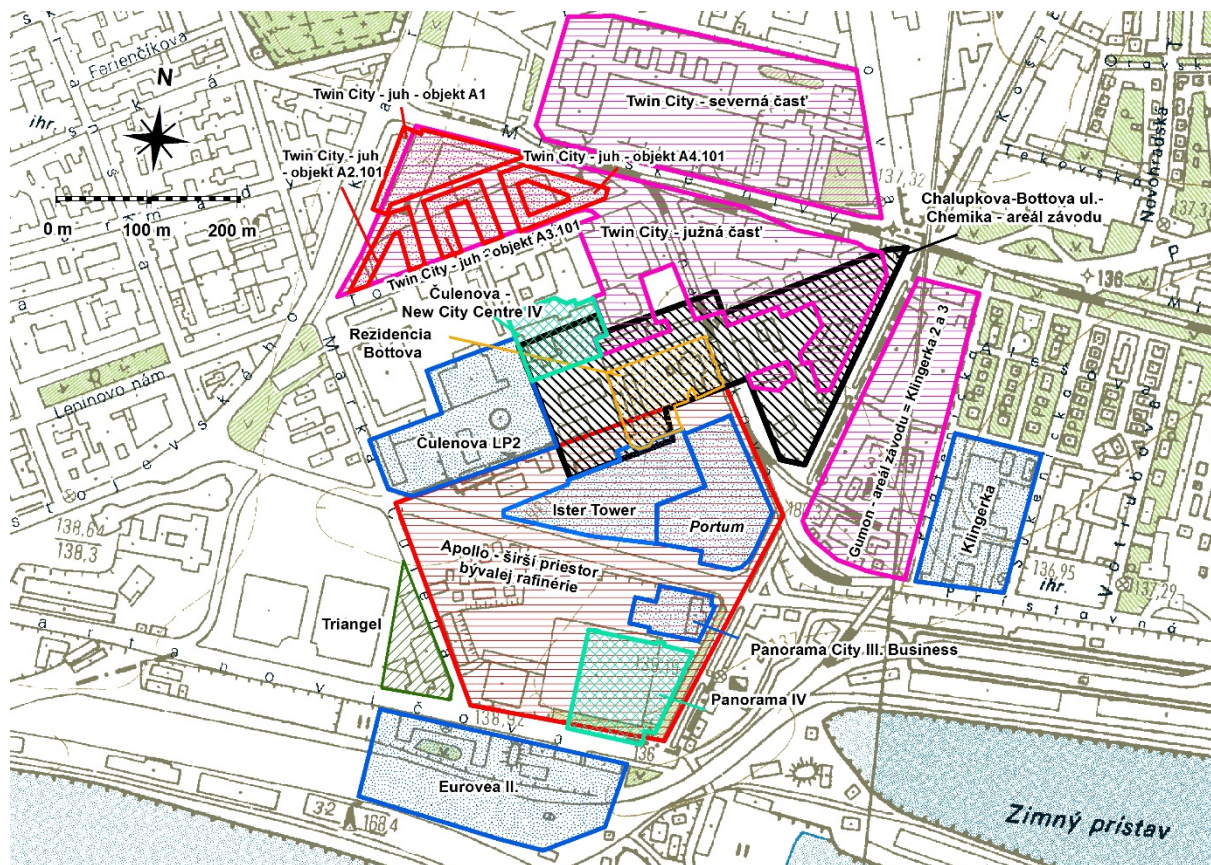
environmentálnych záťaží na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, Kordík a kol., 2015). V súčasnosti lokality uvedené v tabuľke 5 sa monitorujú v rámci úloh Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra. Tie, kde bol realizovaný prieskum resp. sanácia, sú monitorované v rámci projektu z Operačného programu Kvalita životného prostredia (OP KŽP, kód výzvy OPKŽP-PO1-SC142-2015-4: Zabezpečenie monitorovania environmentálnych záťaží Slovenska – 1. časť), ostatné v rámci úlohy financovanej zo štátneho rozpočtu (Monitorovanie environmentálnych záťaží na vybraných lokalitách Slovenskej republiky – udržateľnosť – lokality ŠGÚDŠ). Z tabuľky č. 5 vyplýva, že sa monitorovalo a bude monitorovať aj 6 lokalít bývalého CHZJD resp. ISTROCHEMU uvedených v tabuľke 4. Rovnako sa monitorovali a budú monitorovať aj lokality v širšom centre Bratislavy: Bratislava-Staré Mesto – Chalupkova – Bottova ul.– Chemika – areál závodu, Bratislava-Ružinov – Gumon – areál závodu. V rámci OPKŽP sa postupne pripravujú aj projekty na prieskum. Zoznam lokalít v Bratislave, kde budú financované náklady na geologické práce (prieskumy) v rámci OPKŽP je v tabuľke č. 7 (tie, kde už bolo realizované verejné obstarávanie).

V rámci projektov spolufinancovaných z Environmentálneho fondu boli v r. 2016 vypracované návrhy plánov prác (PP) na odstránenie 3 EZ a v r. 2017 sa vypracovali 2 návrhy plánov prác (tabuľka 6).

MŽP SR zároveň pripravil sanáciu lokality Bratislava-Vrakuňa – Vrakunská cesta – skládka CHZJD, ktorá bude financovaná z prostriedkov v rámci OP KŽP, pričom práce na jej realizáciu už začali.

Okrem štátneho rozpočtu a prostriedkov z európskych fondov sú mnohé lokality s EZ alebo ich časti riešené zo súkromných zdrojov. Niektoré sú spomínané viackrát v texte a sú v tabuľke 2 (riešenie v súvislosti s investičnou výstavbou). Aj keď z hľadiska investičnej výstavby je zrejme najzaujímavejšie širšie centrum Bratislavy, v súvislosti s investičnou výstavbou sa realizujú geologické práce (Antal a kol., 2018a) – skúmajú a sanujú sa lokality s environmentálnou záťažou aj na iných miestach Bratislavy - napr. v Petržalke (lokalita Bratislava - Petržalka - Kopčianska - pri vojenskom cintoríne). Sú však aj ďalšie lokality v rámci Bratislavy riešené zo súkromných zdrojov v súvislosti resp. v nadväznosti na procesy zákona č. 409/2011 o niektorých opatreniach na úseku environmentálnej záťaže a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Ide napríklad o lokalitu Bratislava-Rača – terminál Slovnaft, ktorú SLOVNAFT, a. s. sanoval z vlastných zdrojov. Podobne postupuje aj v prípade čerpacích staníc pohonných hmôt. Sanovaná bola lokalita Bratislava-Ružinov – ČS PHM Zlaté piesky, prieskum sa realizoval napríklad na lokalite Bratislava-Rača – ČS PHM Krasňany.

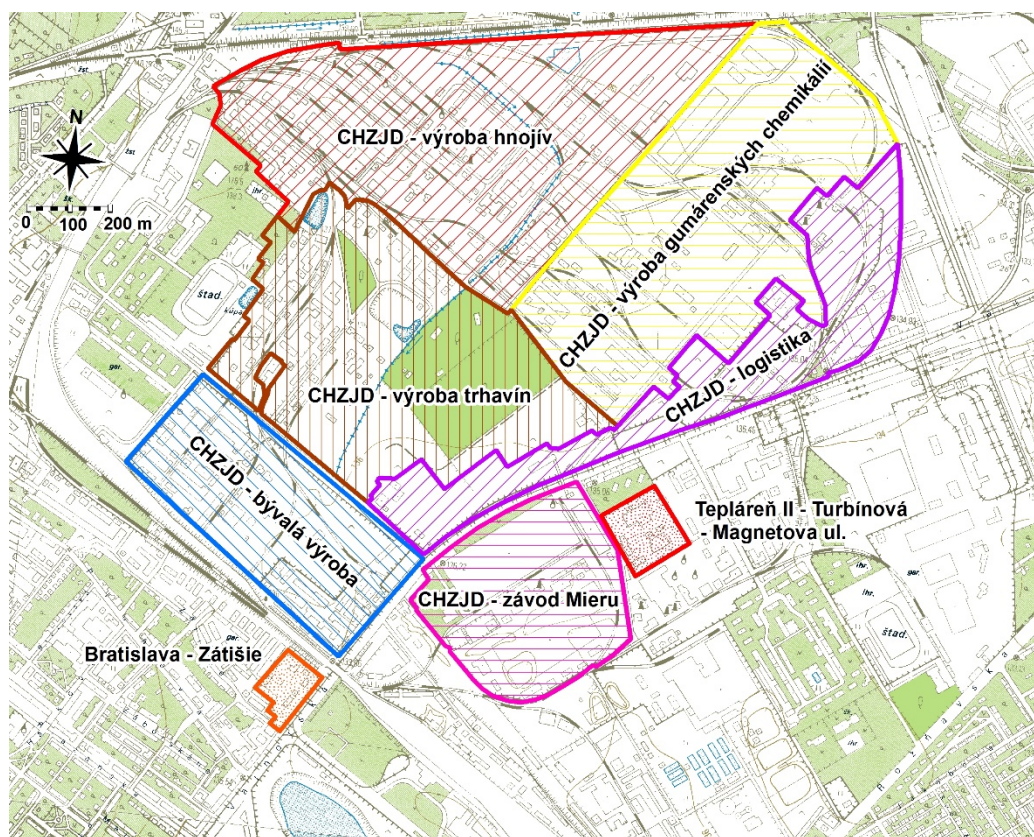
Z vyššie uvedeného vyplýva, že riešenie EZ v Bratislave úspešne pokračuje, ale vyžaduje si to značné množstvo časovo, technicky, a tým aj finančne náročných prác. Takéto práce nie je možné financovať iba z jedného zdroja, a okrem verejných prostriedkov je nevyhnutné aj zapojenie súkromných zdrojov. Na niektorých lokalitách sa čoraz viac dostáva do popredia koordinácia aktivít, ktorá je nevyhnutná z hľadiska efektívneho a úspešného odstraňovania EZ.



Obr.1: Lokality zo záverečných správ s analýzou rizika posudzovaných v Komisii vo vzťahu k vybraným lokalitám v IS EZ zaevidovaných v častiach Starého Mesta a Ružinova



Ilustračné foto



Obr.2: Lokality bývalého CHZJD v registri ISEZ zaevidované v časti Nového Mesta a lokality nachádzajúce sa v ich bezprostrednej blízkosti evidované v IS EZ (Tepláreň II – Turbinová – Magnetova ul.) resp. posudzované v Komisii (Bratislava – Zátisie)

## LITERATÚRA

- [1] Antal, J., 2007: MFZ Vajnorska Strasse – ekologický audit. Záverečná správa z prieskumu geologických činiteľov ovplyvňujúcich životné prostredie. GPŽP. Hydrocomp Bratislava.
- [2] Antal, J., Antal, M., Kovacs, T., Scherer, Antal, J., 2018a: Kopčianska JUH, Polyfunkčná zóna, Bratislava – gpžp. Záverečná správa. Hydrocomp Bratislava.
- [3] Antal, J., Antal, M., Kovacs, T., Scherer, S., Pôľčan, I., Tóth, R., Antal, J., 2018b: Polyfunkčný objekt KLINGERKA 2 - 3 - gpžp. Záverečná správa. Hydrocomp Bratislava.
- [4] Antal, J., Antal, M., Kovacs, T., Scherer, S., Pôľčan, I., Tóth, R., Antal, J., 2018c: Kongresovo-administratívne centrum - gpžp - PANORAMA IV. Záverečná správa. Hydrocomp Bratislava.
- [5] Auxt, A., Ingár, K., 2017: Bratislava – Landererova ulica – polyfunkčný komplex PORTUM, doplnkový geologický prieskum životného prostredia, HES – COMGEO, spol. s r.o., Banská Bystrica.
- [6] Auxt, A., Šuchová, M., Murín, M., Drastichová, I., Murínová, M., 2002: Ekologické riešenie priestoru Košická – Landererova v Bratislave. Sanácia ekologickej záťaže v širšom priestor priemyselnej zóny bývalej rafinérie Apollo v Bratislave. Čiastková úloha: Riziková analýza (hodnotenie rizika). PIO KERAMOPROJEKT Trenčín, a. s. a HES-Comgeo spol. s r. o., Banská Bystrica.
- [7] Lichý, A., Schwarz, J., Piegsová Z., 2017: Polyfunkčný komplex EUROVEA II. Bratislava, záverečná správa z prieskumu znečistenia životného prostredia s analýzou rizika znečisteného územia, ENVIGEO, a. s., Banská Bystrica.
- [8] Holubec, M., Chovanec, J., 2011: Sanácia areálu Istrochem – 1. Etapa – časť analýza rizík. DEKONTA Slovensko, spol. s r. o., Ekorozvoj.
- [9] Chovanec, J. a kol., 2011: Sanácia areálu Istrochem – 1. Etapa – časť prieskum znečistenia. DEKONTA Slovensko, spol. s r. o.

- [10] Kordík, J., Slaninka, I. a kol., 2015: Monitorovanie environmentálnych záťaží na vybraných lokali-tách Slovenskej republiky. Záverečná správa. ŠGÚDŠ Bratislava.
- [11] Maloveský, M., Tupý, P. et al., 2002: Prieskum starej environmentálnej záťaže v území trasy a okolia stavby most Košická, geologický prieskum životného prostredia, etapa podrobného prieskumu. Záverečná správa – skrátená verzia. ENVIGEO, a. s., Banská Bystrica.
- [12] Masiar, R., Mészárosová, Z., Lichý, A., 2016: Administratívna budova Panorama City III. Business, záverečná správa s analýzou rizika., podrobný geologický prieskum životného prostredia, ENVIGEO, a. s., Banská Bystrica.
- [13] Masiar R., Piegsová Z., 2017: Rezidencia Bottova, geologický prieskum životného prostredia a analýza rizika, ENVIGEO, a. s., Banská Bystrica.
- [14] Mészárosová, Z., Masiar, R., 2012: Polyfunkčná stavba Twin City – južná časť, Karadžičova, Továrnska, Chalupkova, Košická ul., Bratislava, doplnkový geologický prieskum životného prostredia a analýza rizika, ENVIGEO, a. s., Banská Bystrica.
- [15] Mészárosová, Z., Schwarz, J., Hovorič, R., 2016: Podrobný geologický prieskum životného prostredia a analýza rizika polyfunkčného komplexu Klingerka, záverečná správa s analýzou rizika znečisteného územia, ENVIGEO, a. s., Banská Bystrica.
- [16] Matiová, Z., Janečková, G., Ftáčnik, M., Fusko, A., 2015a: Polyfunkčná stavba TWIN CITY juh, objekty A2.101, A3.101, sanácia EZ B1 (1986)/Bratislava-Staré Mesto – TWIN CITY – južná časť (SK/EZ/B1/1986), sanácia environmentálnej záťaže, HGM Žilina, s. r. o., Žilina.
- [17] Matiová, Z., Janečková, G., Fusko, A., 2015b: Polyfunkčná stavba TWIN CITY juh, objekt A4, sanácia EZ B1 (1986)/ Bratislava-Staré Mesto – TWIN CITY – južná časť (SK/EZ/B1/1986), sanácia environmentálnej záťaže, HGM Žilina, s. r. o., Žilina.
- [18] Matiová, Z., Janečková, G., Friedmanova, J., Ftáčnik, M., Fusko, A., 2017: Polyfunkčná stavba TWIN CITY – juh, objekt A1, sanácia environmentálnej záťaže B1 (1986)/Bratislava-Staré Mesto – Twin City – južná časť, HGM Žilina, s. r. o., Žilina.
- [19] Matiová, Z., Čižmárová, M., Fusko, A., 2019: Zátisie – Bratislava – podrobný gpžp. Záverečná správa. HGM Žilina, s. r. o., Žilina.
- [20] NR SR, 2011: Zákon o niektorých opatreniach na úseku environmentálnej záťaže a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- [21] Polák, M. a kol., 2009a: Istrochem Bratislava – prieskum znečistenia environmentálnych záťaží – základný závod. DEKONTA, a. s., Praha.
- [22] Polák, M., Kozubek, p., 2009b: Riziková analýza – základný závod, ZS, voľná príloha k ZS: Polák, M. a kol., 2009: Istrochem Bratislava – prieskum znečistenia environmentálnych záťaží – základný závod. DEKONTA, a. s., Praha.
- [23] Schwarz, J., Hovorič, R., 2017: Triangel – polyfunkčný objekt, záverečná správa s analýzou rizika znečisteného územia, podrobný geologický prieskum životného prostredia, ENVIGEO, a. s., Banská Bystrica.
- [24] Urban, O., Chovanec, J., Binčík, T., Jurkovič, L., Keklák, V., Polák, M., Kolářová, J., 2015: Prieskum pravdepodobnej EZ B3 (004) / Bratislava – Nové Mesto – Tepláreň II – Turbínová – Magnetová ul., podrobný geologický prieskum životného prostredia, DEKONTA, a. s., Praha, DEKONTA Slovensko spol. s r.o., Bratislava.
- [25] Vlasko, I., Vlasko ml., I., Výboch, M., Zatlakovič, M., 2015: Bratislava TWIN CITY sever, podrobný geologický prieskum životného prostredia, V&V GEO, s. r. o., Bratislava.
- [26] [www.enviroportal.sk](http://www.enviroportal.sk) – Informačný systém environmentálnych záťaží.
- [27] Žitňan, M., Zervanová, J., Jurkovič, L., Šottník, P., 2016: Geologický prieskum oblasti Čulenova – LP2 Bratislava, podrobný geologický prieskum životného prostredia, Aqua-Geo, s. r. o., Bratislava.
- [28] Žitňan, M., Jurkovič, L., Šottník, P., Zervanová, J., 2018: Geologický prieskum oblasti Čulenova – New City Centre, IV. obytná veža, podrobný geologický prieskum životného prostredia, Aqua-Geo, s. r. o., Bratislava.

## VPLYV VÝSTAVBY PODZEMNÝCH STIEN NA NÁBREŽÍ DUNAJA V BRATISLAVE NA PRÚDENIE PODZEMNÝCH VÔD A TRANSPORT ZNEČISTENIA V PODZEMNEJ VODE ZO ŠIRŠIEHO PRIESTORU BÝVALEJ RAFINÉRIE APOLLO.

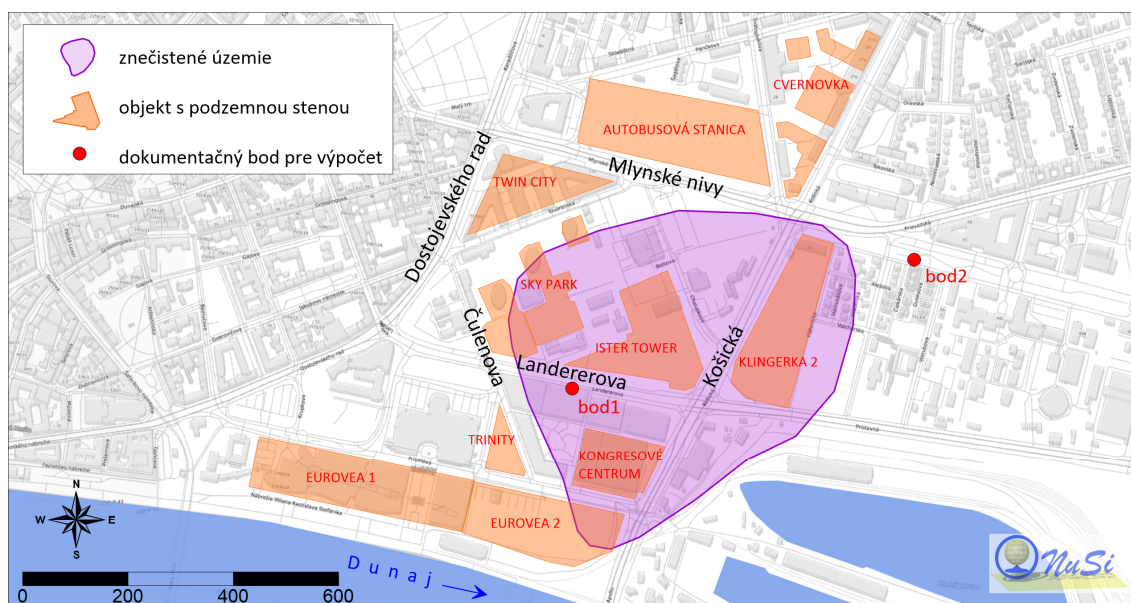
RNDr. Tibor Kovács

NuSi, s.r.o., Trnavská cesta 110/B, 821 01 Bratislava, Slovenská republika, nusitk@gmail.com

### KLÚČOVÉ SLOVÁ

Prúdenie podzemnej vody, transport znečisťujúcich látok podzemnou vodou, kontaminované územie

V bývalej bratislavskej priemyselnej zóne, v oblasti bývalej rafinérie APPOLO vzniká nová administratívno-obytná zóna. Stavajú sa tu výškové stavby s podzemnými garážami, často zapustenými až pod úroveň hladiny podzemných vôd. Aby tieto podzemné priestory mohli vzniknúť, pod stavbami sú realizované stavebné jamy ohradené trvalými nepriepustnými stenami cez celé súvrstvie kvartérnych sedimentov. To vytvára v toku podzemnej vody sústavu nepriepustných bariér. Na obr. 1 sú znázornené niektoré podzemné steny existujúce aj plánované, o ktorých sme mali znalosť v dobe vzniku tejto práce. V budúcnosti oproti stavu na obr. 1 budú pravdepodobne vznikáť aj ďalšie podzemné steny.

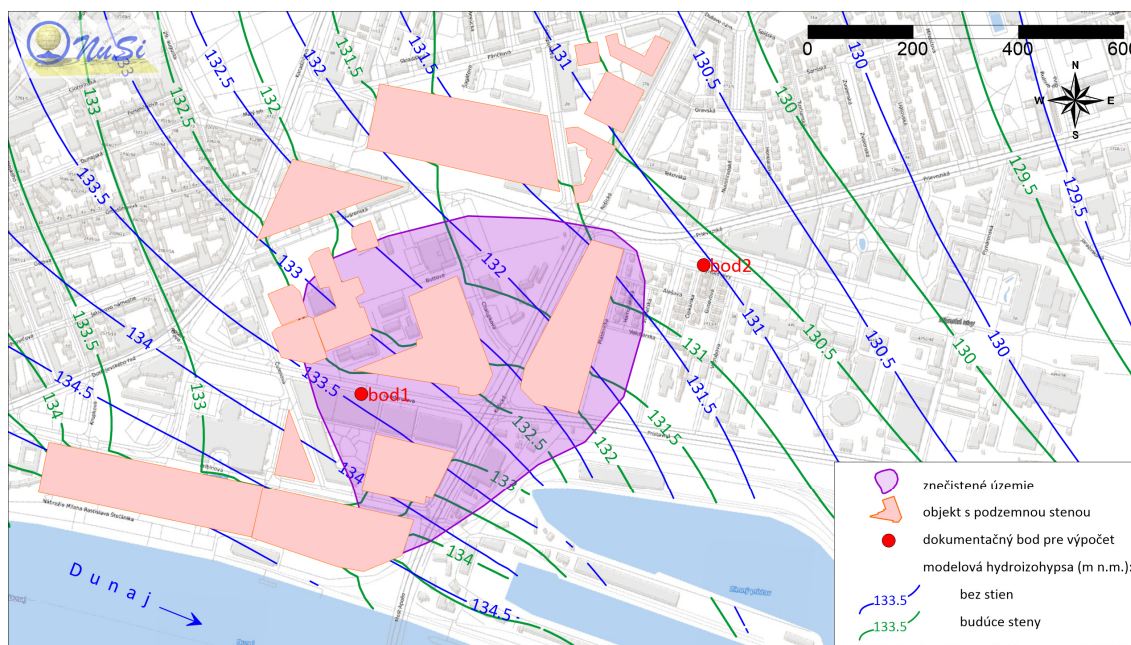


Obr. 1 – Situácia podzemných stien a znečisteného územia

Situácia okolo výstavby podzemných stien otvára mnoho nezodpovedaných otázok týkajúcich sa ich vplyvu na prúdenie podzemnej vody a transportu kontaminantov v podzemnej vode. Predmetné územie je súčasťou závažne znečistenej oblasti bývalej medzivojnovnej a povojnovnej priemyselnej zóny Bratislavy. V oblasti sú znečistené zeminy, podzemná voda a na hladine podzemnej vody je prítomná fáza znečisťujúcich látok (obr. 1). Znečisťujúcimi látkami sú hlavne ropné látky, BTEX, PAU a chlórované uhľovodíky [1], [2]. Práve v tejto oblasti výstavby tvorí Dunaj významnú zdrojovú okrajovú podmienku pre prúdenie podzemných vôd. Podzemná voda pôvodom z Dunaja prúdi zo znečistenej oblasti ďalej cez územie Bratislavy čiastočne okolo hydraulickej clony Slovnaftu a pravdepodobne až na Žitný ostrov do chránenej vodohospodárskej oblasti. Je veľmi dôležité, aby stavebná činnosť a vplyv podzemných stien na prúdenie podzemných vôd nepôsobili negatívne na transport znečistenia aj do doteraz čistých oblastí. Zároveň je pre ochranu podzemných vôd Bratislavy a Žitného ostrova potrebné poznať vplyv stien na zníženie dotácie podzemnej vody

z Dunaja a to aj s dôsledkami tohto javu. Okrem zmien v smeroch a rýchlostiach prúdenia cez znečistenú oblasť, podzemné steny obmedzia prúd kvalitej a okysličenej vody z Dunaja do podzemnej vody. Steny spôsobia aj stlmenie kolísania výšok hladín podzemných vôd, čo viac ešte prehĺbi deficit rozpusteného kyslíka v podzemných vodách. Nežiaduci vplyv na aktiváciu pohybu znečistenia v podzemnej vode zo zdrojov znečistenia majú aj rôzne ďalšie hydraulické zásahy do prúdenia podzemných vôd v oblasti, ako sú čerpacie skúšky, dlhodobé stavebné čerpania pri odvodňovaní stavebných jám a napríklad aj využívanie podzemnej vody, ako zdroja energie pre technológie tepelných čerpadel.

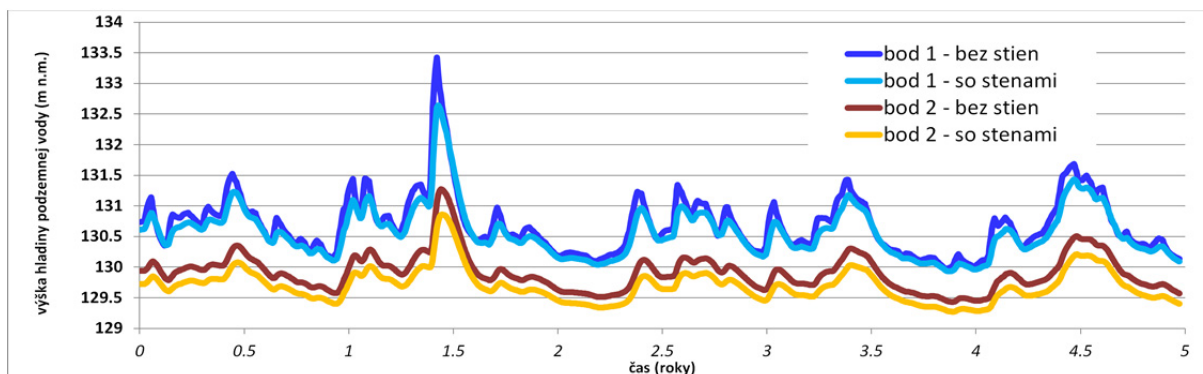
Prúdenie podzemnej vody v záujmovej oblasti vykazuje veľmi dynamické zmeny vo výškach hladín a aj v smeroch, pod vplyvom zmien hladín Dunaja. Smery prúdenia podzemnej vody sa v blízkosti Dunaja menia v intervale širšom ako  $180^\circ$  a spády výšok hladín sa menia aj v rádoých rozdieloch. Bolo by chybou vedúcou k zavádzajúcim výsledkom, hodnotiť prúdenie aj transport látok v oblasti počas jedného stavu nemeniach sa výšok hladín podzemných vôd. Prúdenie podzemnej vody a ním vyvolaný transport látok v takejto meniacej sa dynamike prúdenia je potrebné hodnotiť v podmienkach rešpektujúcich štatistické parametre zmien smerov aj spádov prúdenia na celej ploche záujmovej oblasti. V záujmovej oblasti sme zostavili orientačný matematický model neustáleného prúdenia podzemných vôd a transportu rozpustenej kontaminácie v podzemnej vode v kvartérnom súvrství zvodneného kolektoru (Obr.2). Modelom sme simulovali prúdenie podzemnej vody v stave pred a po vybudovaní podzemných stien znázornených na obr. 1. Modelovali sme neustálené prúdenie podzemnej vody so zmenami hladín v Dunaji v časovom úseku rokov 2012 až 2016. Na obr. 3 je pre ilustráciu uvedený príklad modelových hydroizohýps počas vysokého stavu 12.6.2013. Aj tento obrázok dokumentuje významný vplyv podzemných stien na prúdenie podzemných vôd. Steny spôsobia významné zníženie amplitúdy kolísania hladín za nimi v smere prúdenia a naopak zdutie hladín pred nimi. Obtekaním stien sa menia aj smery a rýchlosti prúdenia podzemnej vody, teda aj množstvo podzemnej vody dotovanej z Dunaja prúdiacej do Bratislavy.



Obr. 2 – Modelové hydroizohypsy pri stave Dunaja z 12.6.2013 bez existencie podzemných stien a so stenami

Na dokumentáciu zmien výšok hladín a rýchlostí prúdenia podzemných vôd sme z modelového riešenia vybrali 2 dokumentačné body, ktorých poloha je znázornená na obr. 1. Na obr. 3 je znázornený vypočítaný časový vývoj výšok hladín podzemných vôd v bodoch 1 a 2.





Obr. 3 – Modelové výšky hladín podzemnej vody v dokumentačných bodoch

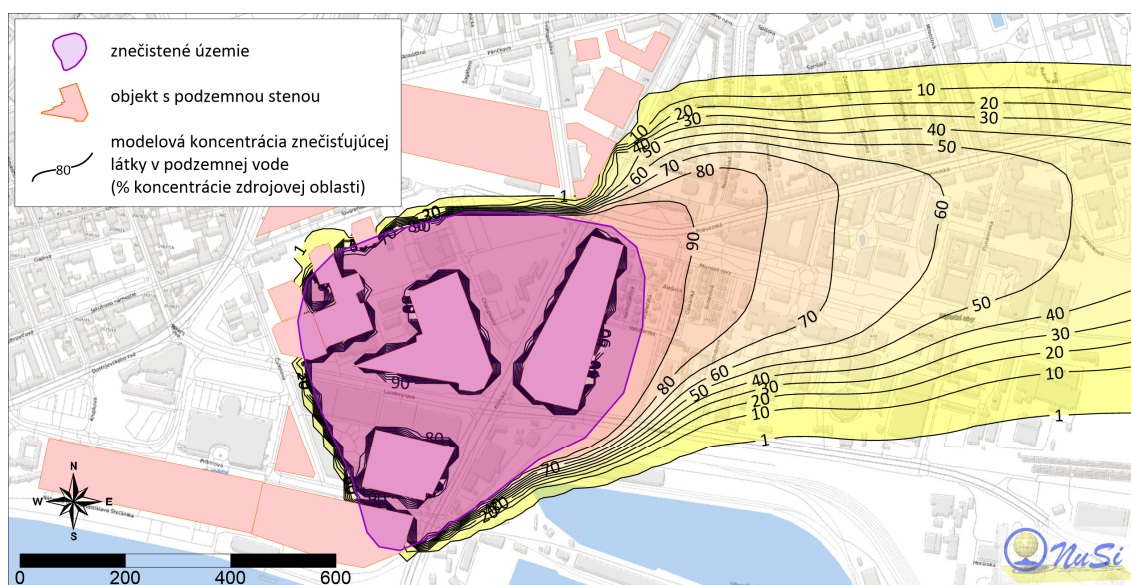
Podľa orientačných výpočtov v bode 2 charakterizujúcom výtok podzemnej vody zo znečisteného územia poklesne priemerná výška hladiny podzemnej vody o 20 cm. Priemerný výtok podzemnej vody zo znečisteného územia klesne na úseku 800 m z  $28 \text{ l.s}^{-1}$  na  $20 \text{ l.s}^{-1}$ , teda o  $8 \text{ l.s}^{-1}$ . Priemerné smery prúdenia v oblasti medzi stenami sa zmenia významne, napríklad v dokumentačnom bode 1 o  $30^\circ$ . V dokumentačnom bode 2 (za znečistenou oblasťou) sa uhol prúdenia podzemnej vody zmení o  $20^\circ$ . Zmeny prietokov a smerov prúdenia podzemnej vody budú ešte oveľa významnejšie pri vysokých a povodňových stavoch. Výstavbou podzemných stien sa významne mení prúdenie podzemnej vody v oblasti, ktorá je hlavnou zónou dotácie prúdu podzemnej vody z Dunaja pre oblasť Bratislavy. Menia sa smery prúdenia podzemných vôd a významne klesajú rýchlosti prúdenia podzemných vôd. Tým sa vo veľkej miere znižujú aj množstvá podzemných vôd pritekajúcich z Dunaja do Bratislavy hlavne pri vysokých stavoch. Významnejšie ako prietoky klesnú možné množstvá podzemnej vody využiteľné čerpaním studní za stenami a to rádovo o desiatky  $\text{l.s}^{-1}$ .

V ďalších výpočtoch sme modelovali transport fiktívnej znečisťujúcej látky rozpustenej v podzemnej vode. Zdrojom znečistenia bola celá plocha znečisteného územia znázornená na obr. 1. Pre ilustráciu sme pre výpočet použili znečisťujúcu látku podliehajúcu rozpadu s polčasom rozpadu 722 dní, šíriacu sa v podzemnej vode bez sorpcie. Transport sme modelovali v premenlivom prúdení podzemnej vody spôsobenom zmenami hladín v Dunaji nameranými v rokoch 2012 až 2016. Modelovali sme transport rozpusteného znečistenia zo zdroja znečistenia bez existencie podzemných stien a s podzemnými stenami. Modelové rozšírenie fiktívnej látky bez existencie podzemných stien je znázornené na obr. 4. Na obr. 5 je znázornené rozšírenie látky po vybudovaní všetkých doteraz nám známych plánovaných stien. Výpočet preukázal, že steny vybudované na západnej hranici znečistenia napriek negatívnym zmenám vo smeroch prúdenia budú čiastočne blokovať transport znečistenia v smere prúdenia podzemnej vody. Tento neplánovaný efekt odкрýva možnosť chránenia zvyšku územia pred znečistením. Podmienkou by bolo vyčistiť zvodnené prostredie za blokujúcimi stenami a komplexné plánovanie ďalších stavieb s motiváciou stavebníkov na dobudovanie prvkov blokujúcich ďalší transport znečistenia (napr. aktívnymi stenami) cez priestor medzi stavbami.

Treba si uvedomiť, že tu predkladané modelové riešenie je len orientačné, prezentujúce možnosti hodnotenia procesov v záujmovej lokalite. Cieľom výpočtov nebolo riešenie celého komplexu problémov a hrozieb pre kvalitu a kvantitu podzemných vôd vznikajúcich výstavbou v znečistenej oblasti. Prácu sme skôr chápali ako upozornenie na existujúce hrozby a ako výzvu na ich komplexné riešenie. Modelom sme neriešili napr. možné významné zníženie dotácie kyslíka do podzemnej vody, ktoré zníži úbytok znečistenia prirodzenou atenuáciou. Znovu musíme zopakovať, že existujúce steny v kombinácii s rozsiahlymi stavebnými čerpaniami a odberom pre tepelné čerpadlá môžu v oblasti nekontrolovane presmerovať tok znečistenej podzemnej vody aj doteraz čistých oblastí. Ak sa znečistenie v prúde podzemnej vody usmerňuje severnejšie ako doteraz, bude to znamenať hrozbu prieniku znečistenia do podzemných vôd na väčšej ploche územia Bratislavy ako doteraz.



Obr. 4 – Modelové koncentrácie látky pri dlhodobom pôsobení zdroja znečistenia pri transporte bez podzemných stien



Obr. 5 – Modelové koncentrácie látky pri dlhodobom pôsobení zdroja znečistenia pri transporte bez a s budúcimi podzemnými stenami

## LITERATÚRA

- [1] MALOVESKÝ M., TUPÝ P., et al., 2002: Prieskum starej environmentálnej záťaže v území trasy a okolia stavby most Košická, geologický prieskum životného prostredia, etapa podrobného prieskumu. Záverečná správa – skrátená verzia. Manuskript EnviGeo Banská Bystrica.
- [2] BENKOVÁ K., et al., 2015: Monitorovanie environmentálnych záťaží na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, záverečná správa, Lokalita: MEZ č. 4 Bratislava – Staré Mesto – Chalupkova – Bottova ulica – Chemika – areál závodu. SGÚDŠ Bratislava

## PRŮZKUM EKOLOGICKÉ ZÁTĚŽE VE VYBRANÝCH LOKALITÁCH V HRADCI KRÁLOVÉ

**Eva Vodičková, Jan Bartoň**

GEOtest, a. s., Šmahova 1244/112, 627 00 Brno, Česká republika, vodickova@geotest.cz

### KLÍČOVÁ SLOVA

Ekologické zátěže, analýza rizik, brownfields, dehty, ropné látky, LNAPL, DNAPL

### ÚVOD

Cílem provedených prací bylo komplexně popsat a zhodnotit existující a reálná potenciální rizika plynoucí z přítomnosti znečištění, které bylo způsobeno bývalými průmyslovými podniky zejména Teerag, Dehtochema, a Montas. Jednalo se o realizaci veřejné zakázky „Průzkum ekologické zátěže ve vybraných lokalitách v Hradci Králové, číslo: MMHKCTA201700000029, číslo projektu: CZ.05.3.24/0.0/0.0/16\_036/0002558.

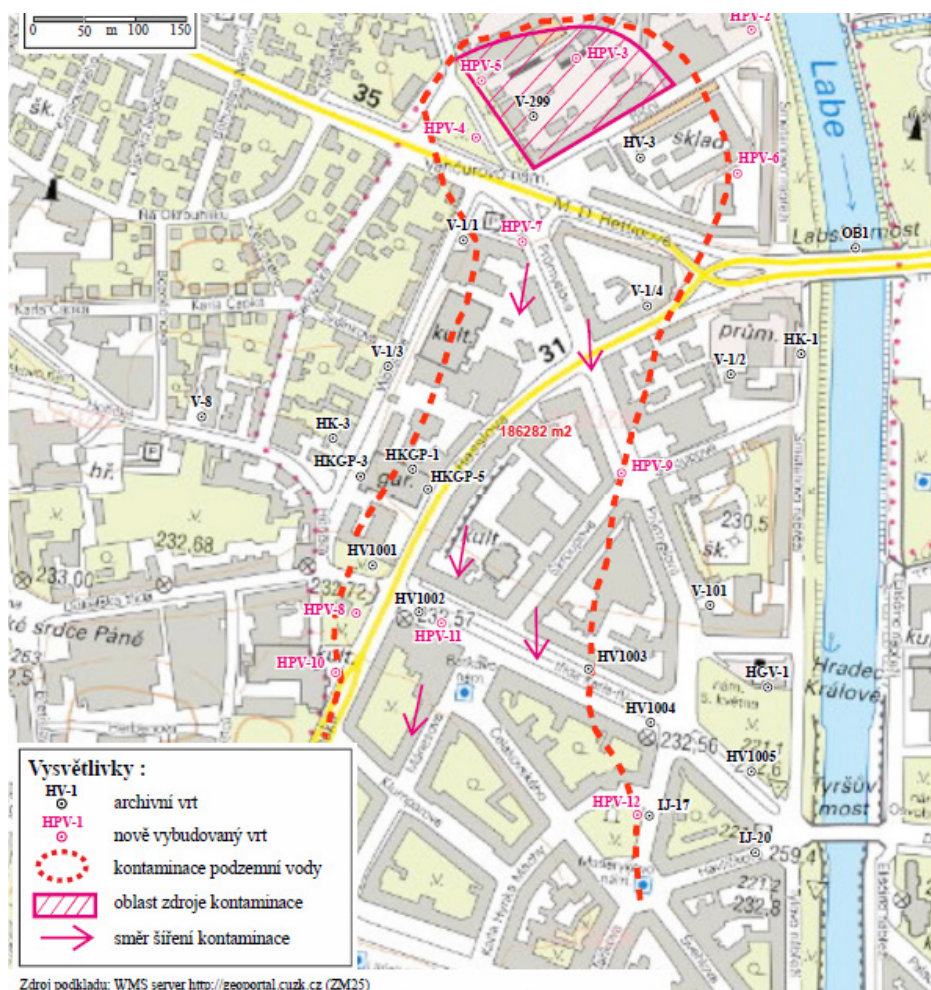
### HISTORIE LOKALITY

Prvním potenciálním znečišťovatelem v lokalitě poblíž Vančurova náměstí byla továrna R. J. Karel (dříve K. Němeček) C. k. priv. továrna na lepenku a chemické výrobky z dehtu a olejů v Hradci Králové, z níž v roce 1919 vznikla společnost Teerag, a.s. (1919 – 1947), následně Dehtochema, a.s. (1947), později Dehtochema, n.p. (1947 – 1971) a následně OSPAP s.p. (1973–1990). Druhá stará ekologická zátěž pochází z 30. let minulého století, jedná se o opravárenské závody, později montážní závody, Montas, strojírna, ležící blízko řeky Labe na pravém břehu, ve vzdálenosti 50 – 150 m. Již před válkou byly zaznamenány stížnosti obyvatel Pražského Předměstí a Hradce Králové na špatnou podzemní vodu, kterou podle nich znečistil právě Teerag. Předpokládá se, že zdrojem byla výroba dehtovaných lepenek a úniky skladovaných surovin (chemikálií) potřebných při výrobě.

### PŘÍRODNÍ POMĚRY

Zájmové území se nachází na pravém břehu Labe, reliéf je rovinný. Nadmořská výška území je v průměru 230 m n. m. Po geologické stránce je území monotónní. Na křídové sedimenty nasedají terasové uloženiny starého labského toku, který směřoval od Hradce Králové směrem k západu. Po jejich uložení v předposlední době ledové (riss) došlo k významné změně směru toku, když si tok prorazil cestu jižním směrem, kde v nejmladší ledové době (würm) ukládal další štěrkopísky, které jsou dnes těženy jako stavební surovina na řadě ložisek. Risská terasa se morfologicky stala součástí tzv. Urbanické brázdy a v době po přemístění labského toku již byla jen velmi málo narušena erozí.

Průlinově propustný kolektor vázaný na terasové sedimenty Labe písčité štěrky a písky štěrkovité, je silně závislý na atmosférických srážkách a úrovni v povrchovém toku Labi. Za nízkých a průměrných stavů v Labi řeka podzemní vody drénuje, za vysokých průtoků naopak způsobuje vzduť podzemní vody a tím vzestup její hladiny. Proudění vody významně ovlivňuje v zájmovém území přítomnost starých říčních koryt, v průběhu pleistocénu docházelo k posunu toku Labe směrem k jihovýchodu. Kolektor podzemní vody v křídových sedimentech je vázán na přípovrchovou zónu zvětrávání podložních křídových sedimentů, které mohou dosahovat až mocnosti 1,5 m. Propojení s kvartérní zvodní je velmi pravděpodobné. Odhadovaná propustnost odpovídá  $k_f = n \times 10^{-5}$  až  $n \times 10^{-6}$ , tedy mírně až dosti slabě propustné.



Obr. 1: Schéma šíření kontaminace v podzemní vodě

### PRŮZKUMNÉ PRÁCE

Průzkumné práce (říjen 2017 až říjen 2018) byly rozděleny na dvě etapy. První z nich byla orientována na zjištění rozsahu a míry kontaminace ve zdroji znečištění. Druhá etapa byla zaměřena na postup kontaminačního mraku, jeho rozsah a posun v čase (obr. 1). Masivní kontaminace byla zjištěna v zeminách a v podzemní vodě v předpokládaném zdroji kontaminace – bývalý areál Teerag, Dehtochema. Charakter kontaminujících látek je ve všech případech shodný – aromatické a polyaromatické uhlovodíky, byl zaznamenán silný zápach zejména po naftalenu (vrt HPV-3). Kontaminace se dále šířila v linii předpokládaného proudění podzemní vody, tedy převážně jižním až jihozápadním směrem. Vybrané výsledky analýz ve vzorcích zemin jsou uvedeny v tab. 1.

Vzorek	Indikátory znečištění *	HPV-1	HPV-1	HPV-2	HPV-2	HPV-3	HPV-3	HPV-4	HPV-4
Hloubka odběru v m	mg/kg suš	1,9-2,5	4,6-5,6	2,5-3,5	6,0-8,0	3,5-4,5	11,3-11,6	3,0-4,0	10,8-11,2
naftalen	18	0,148	0,125	0,102	<0,1	1 240	147	40,2	6,89
benzo(a)anthracen	2,1	0,997	0,23	0,573	0,386	71,6	14,9	2,31	0,51
benzo(b)fluoranthen	2,1	1,15	0,302	0,553	0,318	37,7	7,17	1,14	0,271
benzo(a)pyren	0,21	1,11	0,25	0,533	0,32	51,8	10,2	1,56	0,385
idenopyren	2,1	0,494	0,103	0,216	0,121	10,7	2,51	0,407	0,127
C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	1 500	57	<50	<50	<50	1 510	1 380	850	<50

Tab. 1: Výsledky chemických analýz vzorků zemin poblíž zdroje

Získané výsledky 2. etapy prací potvrdily, že se jedná o shodný charakter kontaminace – aromatické uhlovodíky benzen, ethylbenzen a xyleny, z PAU zejména naftalen, s volnou fází ropných uhlovodíků na hladině podzemní vody. Vzhledem ke zjištění, že v r. 2014 byly ve vrtu HV-1001 ověřeny mnohem vyšší koncentrace, výsledky 2. etapy potvrdily posun kontaminačního mraku k jihu a jeho postupné ředění [2]. Nepotvrdil se přísun kontaminace jiného charakteru z jiných zdrojů.

Vzorek	Indikátory znečištění podzemní vody		HPV-3	HPV-4	HPV-5	HPV-7	HPV-8	HKGP-1	HV-1001
		Vrty poblíž zdroje kontaminace				Vrty ve směru proudění p.v.			
benzen	0,39	µg/l	14,2	35,1	301	84,30	123,00	94,00	184,00
toluen	860	µg/l	391	370	218	<2	<2	<2	<2
ethylbenzen	1,3	µg/l	137	309	134	22,60	<2	<2	12,90
xyleny	190	µg/l	882	1580	239	339,00	12,40	<2	54,20
naftalen	0,14	µg/l	6 070	11 080	4,37	1 174	132,80	191,70	55,98
benzo(a)anthracen	0,029	µg/l	<50	<50	<0,2	1,077	0,153	1,488	1,004
chrysen	0,029	µg/l	<50	<50	<0,2	0,894	0,130	1,326	0,983
benzo(b)fluoranthen	0,029	µg/l	<20	<20	<0,1	0,414	0,058	0,741	0,336
benzo(k)fluoranthen	0,29	µg/l	<20	<20	<0,1	0,236	0,034	0,439	0,095
benzo(a)pyren	0,0029	µg/l	<20	<20	<0,1	0,547	0,077	1,024	0,450
benzo(ghi)perylene		µg/l	<50	<50	<0,2	0,239	0,034	0,409	0,163
idenopyren	0,029	µg/l	<50	<50	<0,2	0,297	0,036	0,501	0,204
C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	0,5	mg/l	11,9	8,74	2,97	3,28	1,9	1,31	3,16

Tab. 2: Vybrané výsledky chemických analýz podzemní vody

V zóně kolísání hladiny podzemní vody byly ve vrtech blízko zdroje kontaminace v zeminách zjištěny vysoké koncentrace zejména naftalenu, naopak ve šterkopiscích, nacházející se při bázi kvartéru, mírně nadlimitní byl zjištěn pouze obsah benzo(a)pyrenu.

Naopak ve vrtech vzdálenějších od zdroje kontaminace je patrný vyšší nárůst obsahu kontaminantů v hlubším horizontu – je to patrné zejména v případě vrtu HPV-7 – vzorek nad hladinou podzemní vody nevykazuje nadlimitní koncentrace sledovaných polutantů, při bázi kvartéru je zjištěn vysoký nadlimitní obsah naftalenu (93,59 mg/kg suš.), benzo(a)anthracenu (9,27 mg/kg suš.), benzo(a)pyrenu (6,6 mg/kg suš.), překročeny jsou i indikátory znečištění pro benzo(b)fluoranten a idenopyren. Obdobná situace je i ve vrtu HPV-11, kde je patrný významný nárůst migrační kontaminace – potvrzuje šíření kontaminace jižním směrem privilegovanou cestou, vysoká je jak koncentrace naftalenu (618,8 mg/kg suš.), benzo(a)anthracenu (28,9 mg/kg suš.), benzo(a)pyrenu (18,85 mg/kg suš.), idenopyrenu (6,17 mg/kg suš.), navíc byl zjištěn vysoký obsah uhlovodíků C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> (6 560 mg/kg suš.), tedy ještě vyšší než ve zdroji. Chromatografické záznamy prokazují, že charakter kontaminace je ve všech vrtech shodný, liší se pouze množstvím.

Nejvyšší koncentrace ve vzorcích podzemní vody byla zaznamenána ve vrtech HPV-3 (naftalen 6 070 µg/l) a zejména HPV-4 (naftalen 11 080 µg/l), který leží ve směru proudění podzemní vody ze zdrojové oblasti bývalého průmyslového areálu Teerag (Dehtochema). Směrem k jihu ve směru migrace kontaminantu dochází k jeho naředění, ve vrtu HPV-7 s koncentrací 1 174 µg/l, ve vrtu HPV-11 s koncentrací 2 511 µg/l a ve vrtu HPV-10 s koncentrací 875 µg/l. Kromě naftalenu byly zjištěny vysoké koncentrace karcinogenních látek benzo(a)anthracenu, benzo(b)fluoranthenu, benzo(k)fluoranthenu a zejména u benzo(a)pyrenu, kde došlo k překročení množství o 3 řády, tj 2,88 µg/l (vrt HPV-11), v porovnání s indikátorem znečištění ve výši 0,0029 µg/l a idenopyrenu s maximy ve vrtu HPV-11.

Z uvedených výsledků vyplynulo, že v minulosti, v oblasti provozu společností Teerag a Dehtochema, je stále masivní kontaminace, zejména v zóně kolísání hladiny podzemní vody. Je i vizuálně patrná, z tohoto území je kontaminace neustále uvolňována a rozplavována do okolního horninového prostředí.

### SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ

Maximální koncentrace ropných uhlovodíků stanovovaných jako C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> byla zjištěna ve vrtu HPV-3 (ve zdroji kontaminace - 11,9 mg/l) a dále ve směru šíření kontaminace HPV-4 (8,74 mg/l), HPV-7 (3,28 mg/l), archivní vrt HV-1001 (3,16 mg/l) a HPV-11 (5,2 mg/l). Všechny zmíněné vrty vykazují na hladině podzemní vody duhové zabarvení až molekulovou vrstvu volné fáze ropných uhlovodíků. Nespojitá volná fáze uhlovodíků (LNAPL) na hladině podzemní vody je přítomna na ploše cca 74 000 m<sup>2</sup>. Charakter RL je kvalitativně shodného charakteru jako v zeminách, volná fáze obsahuje uhlovodíky C<sub>11</sub>-C<sub>27</sub>, se zřetelným maximem v oblasti C<sub>12</sub> až C<sub>17</sub> (motorová nafta) a postupně klesajícím obsahem dalších vyšších uhlovodíků odpovídajících malému množství minerálního oleje a dehtového podílu (při bázi vrtu) s výskytem nižších polycyklických aromatických uhlovodíků. Volná fáze uhlovodíků (DNAPL) se nyní nachází v prostoru třídy Karla IV. při bázi kvartéru na ploše o rozloze necelých 10 000 m<sup>2</sup> v podobě kapének nebo lokálních poloh, vázaných zejména na jílové minerály zvětralé přípovrchové vrstvy slínovců nebo hlinité polohy štěrkopískových sedimentů při bázi kvartéru.

Šíření kontaminačního mraku jižním směrem bylo potvrzeno. V současné době se za dobu existence ekologické zátěže kontaminační mrak posunul do vzdálenosti 700 m až 1 km od zdroje, přesná oblast dosahu kontaminace – čelo mraku nebylo ověřeno. Lze očekávat nadále šíření kontaminačního mraku a také naředění koncentrace kontaminujících látek, pohyb a migrace volné fáze uhlovodíků jak na hladině podzemní vody, tak při bázi kvartéru. Vzhledem k tomu, že oblast výskytu LNAPL a DNAPL se překrývá, předpokládáme, že migrační cesty jsou společné, rozšíření a rychlost migrace se liší v závislosti na druhu kontaminantu.

### ZÁVĚRY PRŮZKUMNÝCH PRACÍ

Jako optimální se zpracovateli jeví za současného stavu (zastavenost území, absence zdravotních rizik) varianta „institucionální opatření“, kdy příslušné instituce (ČIŽP, Magistrát města Hradec Králové – např. Odbor územního plánování, stavební odbor, odbor životního prostředí) budou v případě stavebního zásahu v dotčeném území ve svých rozhodnutích a závazných stanoviscích vyžadovat speciální požadavky pro nakládání s kontaminovanou zemínou a podzemní vodou a dodržování zásad BOZP. V případě zdroje kontaminace se jedná o zásah do nesaturované i saturované zóny, v případě kontaminačního mraku se jedná pouze o zásah do saturované zóny.

### LITERATURA

- [1] Flodrová, H., 2008: Doplnění kanalizačních systémů a ČOV Hradec Králové, Pöyry, Brno. Inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum, stoka D, stoka E.
- [2] Petera, J., 2014: Inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum, Hradec Králové – tř. Karla IV. Podchod Centrál a podzemní parkování, zak. JIP/1540/14, JIP Hradec Králové.
- [3] Vodičková, E, Bartoň, J.: Průzkum ekologické zátěže ve vybraných lokalitách v Hradci Králové, registrační číslo projektu – CZ.05.3.24/0.0/0.0/16\_036/0002558, Analýza rizik kontaminovaného území, Závěrečná zpráva, GEOtest, a.s., Brno.

## SANÁCIA ENVIRONMENTÁLNEJ ZÁŤAŽE V ELEKTRÁRNI NOVÁKY – LOKALITA ZEMIA NSKY POTOK

Mgr. Petra Reháková

Slovenské elektrárne, a.s. Mlynské nivy 47, Bratislava, Slovenská republika, petra.rehakova@seas.sk

### KĹÚČOVÉ SLOVÁ

Elektrárň Nováky, uhlie, Pôvodné odkalisko, havária, arzén, popol, sanácia ex-situ, Zemiansky potok, valy

### ÚVOD

Slovenské elektrárne, a.s., uvedomujúc si dopady predovšetkým svojich minulých činností na okolité prostredie, trvale a zodpovedne pristupujú k ochrane životného prostredia. Dlhodobo sa venujú problematike environmentálnych záťaží, a to predovšetkým v lokalitách tepelných elektrární Nováky a Vojany.

Lokalita elektrárne Nováky je špecifická hlavne druhom spaľovaného uhlia z domácich zdrojov. Domáce uhlie sa okrem iného vyznačuje aj vyšším obsahom arzénu. Táto skutočnosť sa počas dlhodobej prevádzky elektrárne Nováky prejavila aj nepriaznivým dopadom na okolité prostredie. Produktom spaľovania hnedého uhlia je popol, ktorý sa od zahájenia prevádzky elektrárne v roku 1953 postupne ukladá na odkaliská patriace elektrárni Nováky. Medzi používané odkalisko patrilo aj Pôvodné odkalisko, na ktorom sa v roku 1965 pretrhla hrádza, čo znamenalo pre región ekologickú katastrofu. Jedným z pozostatkov spomínanej udalosti bola aj environmentálna záťaž v lokalite Zemiansky potok, ktorej úspešná sanácia prebehla v roku 2018. Cieľom príspevku je priblížiť vznik a sanáciu tejto environmentálnej záťaže, ktorá negatívne ovplyvňovala predovšetkým povrchové toky v záujmovej oblasti.

### ENVIRONMENTÁLNA ZÁŤAŽ V LOKALITE ZEMIA NSKY POTOK

EZ v lokalite Zemiansky potok bola identifikovaná v roku 2013. Pri čistení merného objektu na vypúšťanie odpadových vôd z elektrárne Nováky, ktorý sa nachádza priamo v Zemianskom potoku, boli na dne a brehoch potoka odkryté nánosy popola. V rokoch 2014 – 2016 prebiehal na lokalite podrobný geologický prieskum životného prostredia, ktorého výsledkom bola informácia o znečistení horninového prostredia v pásme prevzdušnenia a v pásme nasýtenia a podzemnej vody. V lokalite boli potvrdené výrazné nánosy reliktovej popola s vysokým obsahom arzénu na dne a brehoch potoka v celkovej dĺžke cca 1 km. Prieskumnými prácami boli získané aj údaje, ktoré spresnili rozloženie antropogénnych materiálov. Ich hrúbka bola variabilná, pohybovala sa od 1,05 do 4,4 m. Prioritnou znečisťujúcou látkou v lokalite je arzén.

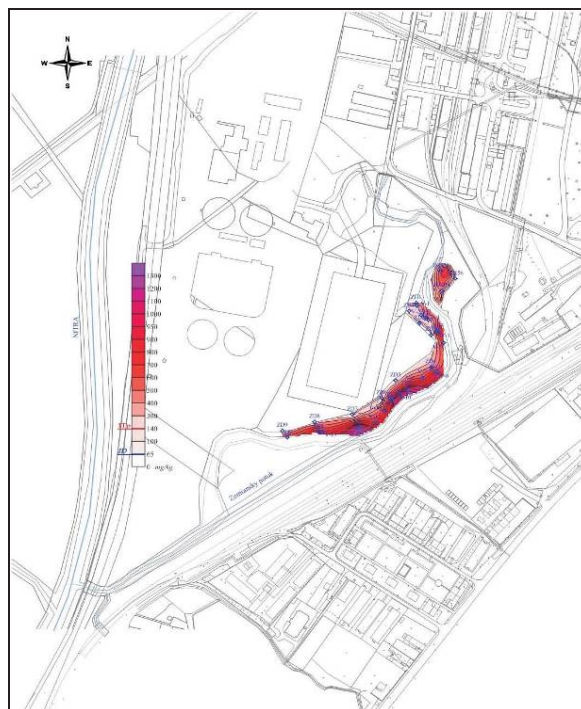
### ZNEČISTENIE ZEMÍN

V pásme prevzdušnenia aj v pásme nasýtenia boli zistené vysoké koncentrácie arzénu prekračujúce ID a IT kritéria smernice MŽP č. 1/2015-7.

	Max. zistená koncentrácia As	Priemerná koncentrácia As
Do 10 cm pod povrchom	815 mg.kg <sup>-1</sup>	231,9 mg.kg <sup>-1</sup>
Zóna 0,1 – 1,5 m p.t.	1983 mg.kg <sup>-1</sup>	335,2 mg.kg <sup>-1</sup>
Pásmo prevzdušnenia	1546 mg.kg <sup>-1</sup>	347,6 mg.kg <sup>-1</sup>
Pásmo nasýtenia	262 mg.kg <sup>-1</sup>	60,8 mg.kg <sup>-1</sup>
Antropogénne sedimenty (valy)	1382 mg.kg <sup>-1</sup>	666,8 mg.kg <sup>-1</sup>
Dnové sedimenty	783 mg.kg <sup>-1</sup>	187,0 mg.kg <sup>-1</sup>

Tab. 1: Znečistenie zemín arzénom (IT limit = 140 mg.kg<sup>-1</sup>)

Špecifikom skúmaného územia boli **popolčekové valy**, ktoré sa tiahli pozdĺž Zemianskeho potoka. Tieto valy boli k potoku nahrnuté po odstraňovaní následkov havárie pôvodného odkaliska v roku 1965 a príprave lokality na výstavbu čističky odpadových vôd v 80. rokoch minulého storočia. Znečistenie týchto antropogénnych sedimentov bolo zistené vo všetkých analyzovaných vzorkách, pričom bolo zistené výrazné znečistenie zemín arzénom. Obsahy arzénu sa pohybovali v intervale 167-1382 mg/kg. Výrazné znečistenie popolčekových valov pozdĺž Zemianskeho potoka je dané samotnou podstatou zloženia valov, jedná sa o nahrnuté masy popolčekového kalu po pretrhnutí hrádze odkaliska (obr. 1). Znečistenie arzénom bolo identifikované aj v **dnových sedimentoch** Zemianskeho potoka a čiastočne aj rieky Nitra.



Obr. 1: Izolínie koncentrácií As v popolčekových valoch

### ZNEČISTENIE VODY

V **podzemnej vode** boli takisto potvrdené vysoké koncentrácie arzénu. V **povrchových vodách** boli prekročené limitné hodnoty arzénu vo viacerých odberných miestach.

Kontaminant	Max koncentrácia	Priemerná koncentrácia	IT limit
arzén	20 414 $\mu\text{g.l}^{-1}$	825 $\mu\text{g.l}^{-1}$	100 $\mu\text{g.l}^{-1}$

Tab. 2: Zistené koncentrácie arzénu v podzemných vodách

Kontaminant	Max koncentrácia	Limit podľa prílohy 1 NV 269/2010
arzén	97 $\mu\text{g.l}^{-1}$	13,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$

Tab. 3: Zistené koncentrácie arzénu v povrchových vodách

### SANÁCIA LOKALITY

Technické riešenie pre sanáciu po stanovené cieľové limity analýzou rizika predstavovalo odťaženie popolčekových valov a odťaženie dnových sedimentov Zemianskeho potoka. Pre dnové sedimenty Zemianskeho potoka bol stanovený sanačný limit:  $\text{As} - C_{\text{san}} = 64,56 \text{ mg/kg}$ . Samotná sanácia lokality pozostávala z viacerých etáp:

1. Spracovanie projektu geologickej úlohy v zmysle vyhlášky č. 51/2008 Z. z., ktorou sa vykonáva geologický zákon
2. Príprava územia - odlesnenie a odkrovnenie územia
3. Sanácia ex-situ
4. Monitorovanie účinnosti sanácie
5. Posúdenie sanácie odborným geologickým dohľadom

### ODLESNENIE A ODKROVNENIE ÚZEMIA

Popolčekové valy boli zarastené krovínami a náletovými drevinami. Na lokalite sa nachádzalo 157 ks stromov a 10 plôch s krovitými porastmi spĺňajúce kritéria vyžadujúce súhlas na výrub drevín a krovín (súhlas na výrub dreviny sa vyžaduje na stromy s obvodom kmeňa nad 40 cm, meraným vo výške 130 cm nad zemou a krovinaté porasty s výmerou nad 10  $\text{m}^2$ ). Celkové množstvo odťaženej drevnej hmoty bolo cca 43  $\text{m}^3$ . Odlesnenie a odkrovnenie prebiehalo v mesiaci február 2018.





Obr. 2: Lokalita pred odlesnením

Obr. 3: Lokalita po odlesnení

### SANÁCIA EX-SITU

Sanácia ex-situ spočívala v odťažení kontaminovaného materiálu a jeho odvoze na Definitívne odkalisko elektrárne Nováky v Chalmovej. Popolčekové valy sa rozprestierali na ploche 9 061 m<sup>2</sup>. Kontaminované dnové sedimenty sa nachádzali v potoku v úseku cca 500 m. Odťažba bola projektovaná do úrovne rastlého terénu, avšak v prípade dosiahnutia požadovaných sanačných limitov vo vyšších úrovniach sa počítalo s možnosťou, že tieto budú ponechané na mieste. Odťažba valov bola po odlesnení realizovaná bežnými stavebnými mechanizmami.

Sanácia ex-situ prebiehala od 17. 7. 2018 do 23. 10. 2018. Záujmové územie bolo rozdelené na segmenty A – L. Odťažba postupovala od segmentu C smerom k segmentu L. Segmenty A a B boli odťažené ako posledné, nakoľko sa nachádzali na protifahlej strane potoka. Z tohto dôvodu bolo zrealizované dočasné premostenie Zemianskeho potoka. Odťažba dnových sedimentov prebiehala od 13.9.2018 do 9.10.2018. Pred začatím odťažby dnových sedimentov boli v potoku vybudované tri dočasné hrádzky, ktoré slúžili na zachytávanie dnových sedimentov, ktoré by sa mohli dostať do vznosu a následne do rieky Nitra.



Obr. 4: Rozloženie jednotlivých segmentov a umiestnenie dočasných hrádzok

Bolo odťažených 30 436 t popola z valov a 8 675 t znečistených dnových sedimentov. Celkovo bolo z lokality odťažených 39 111 t znečisteného materiálu. Na rekultiváciu územia bola dovezená čistá zemina a boli zrealizované terénne úpravy celej plochy kde prebiehala odťažba znečisteného materiálu a brehu potoka. Boli upravené príjazdové cesty a zrealizovaná náhradná výsadba v zmysle rozhodnutia Obecného úradu Zemianske Kostolány.



Obr. 5: Lokalita po sanácii

#### MONITOROVANIE ÚČINNOSTI SANÁCIE

Počas odťažby prebiehal odber zmesových vzoriek na kontrolu stupňa kontaminácie odťaženého materiálu na obsah dominantného kontaminantu - arzénu. Celkovo bolo odobratých a analyzovaných 248 vzoriek z popolčekových valov a 78 vzoriek z dnových sedimentov. Okrem toho boli odobrané a analyzované vzorky povrchovej vody, celkovo 13 vzoriek.

Koncentrácia As	Popolčekové valy mg/kg		Povrchová voda mg/l		Dnové sedimenty mg/kg	
	C <sub>max</sub>	C <sub>priemer</sub>	C <sub>max</sub>	C <sub>priemer</sub>	C <sub>max</sub>	C <sub>priemer</sub>
Pred sanáciou	1 381,9	665,8	491	138	794	485,25
Po sanácii	51,0	12,15	31* / 12	22*	64* / 27	51,66* / 11,99
Limit	140		-		64,56	

Tab. 4: Zhrnutie kontaminácie popolčekových valov, dnových sedimentoch a povrchovej vody pred realizáciou sanačných prác ex situ, počas\* a po realizácii sanačných prác ex situ

#### ZÁVER

Sanáciou v lokalite Zemiansky potok bolo environmentálne riziko znížené na všeobecne prijateľnú úroveň. Odstránením kontaminovaného materiálu spoločnosť Slovenské elektrárne významne prispela k zlepšeniu životného prostredia v beztak už dosť zaťaženom regióne.

#### LITERATÚRA

- [1] Pramuk, V., a kol., 2016: Prieskum environmentálnej záťaže v lokalite ENO Zemiansky potok, EBA s.r.o., GEO Slovakia, s.r.o., Košice.
- [2] Pramuk, V., a kol., 2017: Zemiansky potok – monitoring podzemných vôd. GEO Slovakia s.r.o., Košice.
- [3] Pramuk, V., a kol., 2018: Sanácia environmentálnej záťaže v lokalite ENO Zemiansky potok – projekt sanácie, AFG združenie, Košice.
- [4] Pramuk, V., a kol., 2018: Sanácia environmentálnej záťaže v lokalite ENO Zemiansky potok – etapová správa, AFG združenie, Košice.

## SANACE STARÉ EKOLOGICKÉ ZÁTĚŽE – SKLADU PESTICIDŮ V BORŠOVĚ U KYJOVA

**Ondřej Urban, Jiří Kopáč, Jan Kukačka, Daniel Světlík, Jan Vaněk**

DEKONTA, a.s., Dřetovice 109, 273 42 Stehelčevy, Česká republika, info@dekonta.cz

### KLÍČOVÁ SLOVA

pesticidy, POPs, sanace, monitoring, nebezpečné odpady

### ÚVOD

Společnost Dekonta a.s. realizovala v období od srpna 2018 do března 2019 sanační práce na lokalitě Boršov u Kyjova. Předmětem sanačního zásahu bylo dočasné úložiště nebezpečných odpadů (NO), v kterém bylo uloženo 566 t nebezpečných odpadů na bázi pesticidních látek. Nápravná opatření zahrnovala odstranění hlavních zdrojů znečištění, nebezpečné odpady uložené v ocelových kontejnerech, odstranění kontaminovaných stavebních konstrukcí, demolici betonového úložiště a následnou rekultivaci území.

Sanační práce probíhaly z důvodu toxicity manipulovaných odpadů pod přísnou kontrolou dodržování zásad BOZP a monitoringu složek životního prostředí. Nápravná opatření byla v průběhu prací rozšířena o odstranění nebezpečných odpadů na bázi dehtu, zjištěné v zemní jímce v těsné blízkosti bývalého úložiště.

Náklady na sanační práce byly spolufinancovány v rámci OPŽP 2014 - 2020, prioritní osa 3 - Odpady a materiálové toky, ekologické zátěže a rizika, SC 3.4. - Dokončit inventarizaci a odstranit staré ekologické zátěže, číslo projektu: CZ.05.3.24/0.0/0.0/16\_036/0002554.

### HISTORIE LOKALITY A CÍLE NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ

Zájmová lokalita se nachází 2 km severně od města Kyjova, v okrese Hodonín v Jihomoravském kraji. Lokalita je tvořena prostorem staré cihelny a byla využívána k dočasnému uložení a zabezpečení NO, které vznikly jako následek likvidace požáru ve skladu agrochemikálií v roce 1988. Požárem došlo ke zničení asi 150 t skladovaných chemikálií, což představovalo asi 50% celkového skladovaného množství. Část chemikálií shořela, část byla znehodnocena v průběhu hašení použitými hasebními látkami, převážně vodou. Voda rozplavila chemické látky do okolního prostředí, a to jednak ve vlastním areálu skladu a dále pak dvěma příkopy až do blízké říčky Kyjovky.

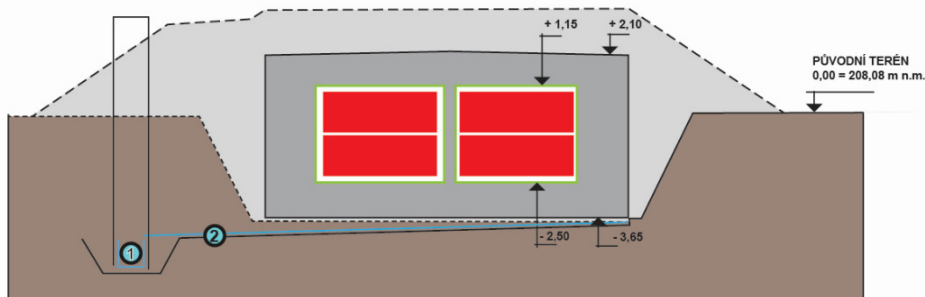
Dočasné úložiště bylo řešeno jako částečně podzemní stavba s dvouplášťovou železobetonovou konstrukcí o půdorysných rozměrech 31 x 10,5 m a výšce 5,5 m. Celkem bylo v úložišti odpadů uskladněno 566 t NO. Schématický řez tělesem úložiště je zobrazen na obr. 1.

Zpracovanou analýzou rizik byly stanoveny cílové parametry nápravných opatření jednak jako bilanční – resp. technické kvalitativní parametry a dále jako kvantitativní – číselné koncentrace kontaminantů v zemině a stavebních konstrukcích. Hlavní kvalitativní parametr nápravných opatření byl definován následovně: Sanačním zásahem budou odstraněny všechny nebezpečné odpady deponované v úložišti odpadů.

Kvantitativní parametry byly stanoveny pro kontaminované zeminy a stavební materiály, které vzniknou v průběhu odstranění úložiště odpadů a dále pro residuální znečištění, resp. zeminy nacházející se pod objektem úložiště odpadů po jeho odstranění. Jednalo se látky atrazin, prometryn, simazin, MCPP, DNOC a endosulfan.

**Příčný řez tělesem skládky s naznačením postupu demolicе úložiště**

A) Stav před zahájením sanačního zásahu.



Vysvětlivky:

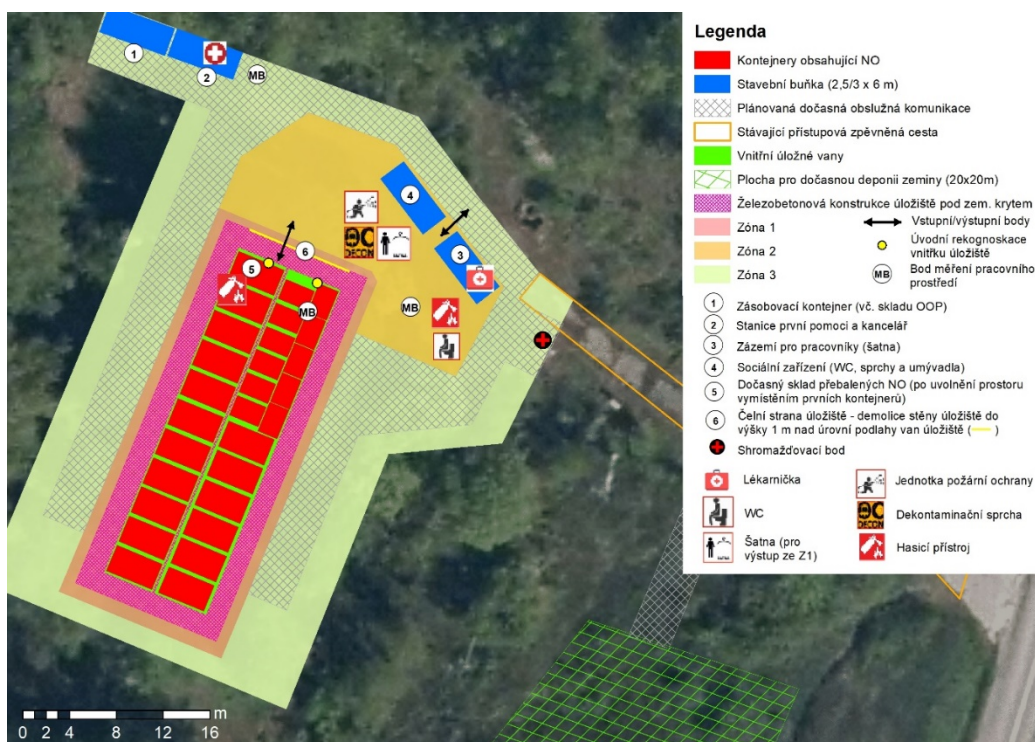
- |  |   |
|--|---|
| ① kontrolní bezodtoká jámka  | úložná vana s 2 vrstvami kontejnerů s NO            |
| ② drenáž   | několikvrstvý plášť úložiště                        |
| krycí nepromokavá plachta, kterou bude v případě nevyhovujících povětrnostních podmínek (déšť, nadměrný vítr) zakrývána otevřená část úložiště | těleso zeminového krytu                             |
| ③  | plné oplocení okolo Zóny 1 do výšky 2 m n. t.       |
| ④  | čelní stěna ponechána do výšky 1 m nad úrovní jámky |

**Obr. 1: Příčný řez tělesem uložiště nebezpečných odpadů**

**PROVEDENÉ PRÁCE**

**Zařízení staveniště**

Pro příjezd k lokalitě, resp. následnou přepravu nebezpečných odpadů v souladu s ustanovením ADR, byla vybudována dočasná obslužná komunikace. Na lokalitě byla dále zřízena dočasná přípojka elektřiny. Bylo vybudováno technické zázemí pro provádění sanačních prací (obr. 2). Byla zřízena zonace lokality zajišťující kontrolovaný pohyb pracovníků mezi úložištěm odpadů (kontaminovaná Zóna 1) a jeho okolím (čistá Zóna 3) s povinným přechodem přes dekontaminační Zónu 2. V Zóně 2 byla umístěna hygienická smyčka sestávající z dekontaminační sprchy, záchytné vany pro očištění obuvi, mycí vany pro očištění opakovaně používaných OOPP a místo sanitárního kontejneru.



**Obr. 2: Zonace lokality**

### Demolice úložiště a vymístění nebezpečných odpadů

Před zahájením vlastní demolice byla provedena úvodní rekognoskace mezipláště a vnitřního prostoru úložiště - byl odebrán vzorek vzdušnin a provedeno plynometrické měření uvnitř úložiště NO, dále byla provedena prohlídka vnitřního prostoru mikrokamerou. Na základě výsledků úvodní rekognoskace byla zahájena postupná demolice vnějšího železobetonového pláště. Nejprve byly odstraněny boční stěny, následovalo odstranění části stropní konstrukce. Překládka NO probíhala vždy pouze ve vnitřním prostoru úložiště (Zóna 1).



Obr. 3: Úvodní rekognoskace úložiště a demolice betonového úložiště

V rámci sanačních prací došlo ke vzniku odpadů kategorie „N“ – nebezpečné, se kterými bylo nakládáno ve smyslu zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech, dále Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 850/2004 o POPs, Vyhlášky MŽP a MZd č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, Vyhlášky MŽP č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů, vyhlášky MŽP č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.

Celkem bylo odvezeno 566,06 tun NO s obsahem pesticidů, které byly odstraněny ve spalovně nebezpečných odpadů. Obdobně, termickým způsobem, bylo odstraněno 274,81 tun NO na bázi dehtů, které byly uloženy v zemní jímce. Při demolici úložiště odpadů vznikly rovněž stavební odpady „N“ – kontaminované stavební konstrukce (280,85 t), které byly odstraněny předúpravou a následným uložením na skládku NO.

### Rozsah prováděného monitoringu

Vyjma průběžného monitoringu znečištění uložených NO (prováděno on-site metodou rentgenové fluorescence a následným odběrem vzorků a laboratorní analýzou na vybrané pesticidní látky) byl na lokalitě prováděn pravidelný monitoring kvality podzemních a povrchových vod a také monitoring pracovního prostředí a vnějšího ovzduší.

Monitoring vlastních odpadů prokázal přítomnost pesticidních látek v odpadech deponovaných v kontejnmentu. Ze tří sledovaných skupin pesticidů jednoznačně dominovaly triazinové pesticidy, zatímco zastoupení kyselých, a zvláště pak organochlorovaných pesticidů lze označit spíše za marginální. Ze skupiny triazinových pesticidů byly zjištěny nejvyšší koncentrace prometrynu (průměrně 3224 mg/kg) a atrazinu (průměrně 2056 mg/kg).

Monitoring kvality vnějšího ovzduší, který proběhl celkem v 6 kolech, neprokázal ani v jednom z měřících bodů, tj. kontaminovaná zóna, dekontaminační zóna a čistá zóna, překročení imisní limitů pro sledované škodliviny. Ostatní látky, pro které nejsou imisní limity definovány, byly v průběhu všech 6 kol monitoringu pod mezemi detekce.

Monitoring kvality pracovního prostředí, který zahrnoval odběr vzorků vzdušiny a měření koncentrace plynů bezprostředně v místě překládky v Zóně 1, zachytil v průběhu 2. kola mírný nárůst hodnot nad limit detekce u atrazinu, prometrynu a barya, avšak tento nárůst nebyl významný a spíše limitoval k mezím detekce.

I přes to, že charakter ovzduší v tělese sarkofágu úložiště neměl mít zásadní vliv na zdraví pracovníků provádějících sanační práce, byly v úložišti, s ohledem na vysokou rizikovost pesticidních látek, striktně dodržovány požadavky na použití OOPP.

#### LITERATURA

- [1] Wohlgemuthová, H., Hillermannová, M., 2006: Boršov – ZZN POMORAVÍ, aktualizace analýzy rizik, Závěrečná zpráva, GEOtest Brno, a.s., Brno.
- [2] MŽP, 2011: Metodický pokyn odboru ekologických škod MŽP – Analýza rizik kontaminovaného území. Věstník MŽP ročník XXI, částka 3, březen 2011.
- [3] MŽP, 2005: Metodický pokyn MŽP pro průzkum kontaminovaného území (13/2005).
- [4] Kukačka, J., Urban, O., 2016: Stará ekologická zátěž spol. NAVOS v Boršově u Kyjova - Doprůzkum znečištění a aktualizovaná analýza rizik - Závěrečná zpráva, Dekonta a.s.
- [5] Urban O., 2016: Stará ekologická zátěž spol. NAVOS v Boršově u Kyjova – Projekt nápravných opatření, Dekonta a.s.
- [6] Urban, O., 2018: Stará ekologická zátěž spol. NAVOS v Boršově u Kyjova – Závěrečná zpráva, Dekonta a.s.



Ilustračné foto

## ELEKTROGEOCHEMIE A JEJÍ UPLATNĚNÍ JAKO PERSPEKTIVNÍ SANAČNÍ TECHNOLOGIE PŘI REDUKTIVNÍ DECHLORACI CHLOROVANÝCH UHLOVODÍKŮ

**RNDr. Jaroslav HRABAL<sup>1</sup>, Ing. Dagmar BARTOŠOVÁ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> MEGA a.s., Pod Vinicí 87, 471 27 Stráž pod Ralskem, jaroslav.hrabal@mega.cz,

<sup>2</sup> Vodní zdroje Ekomonitor s.r.o., Píšťovy 820, 537 01 Chrudim, dagmar.bartosova@ekomonitor.cz

### KLÍČOVÉ SLOVA

elektrogeochemie, chlorované uhlovodíky, reduktivní dechlorace, sanace, staré ekologické zátěže

### ÚVOD

Klasické technologie sanace podzemních vod jsou založeny především na fyzikálních procesech extrakce kontaminantu. Přibližně před 15 lety vznikla potřeba nahradit klasické (konvenční) metody efektivnějšími postupy (in situ technologiemi), pro které se vžil pojem „inovativní sanační metody“. Typickým nositelem nálepky inovativnosti je využití nanomateriálů, a to ve všech oborech lidské činnosti. Pro sanační „inovativní“ praxi se používá nanočástic elementárního Fe (dále nZVI) a to především pro odstranění znečištění podzemních vod nejčastějším polutantem – chlorovanými ethyleny (dále CIE). První aplikace nZVI v ČR se datují do roku 2005 a již v roce 2008 byla vydána metodická příručka MŽP s poměrně nadčasovým popisem podmínek nasazení této technologie. Za 14 let bylo v ČR provedeno nespočetně laboratorních experimentů a pilotních pokusů, avšak masivní nasazení technologie, kdy by se skutečně stala nosnou sanační metodou, je poskrovnu. Dovolím si konstatovat, že v současné době máme relativně ucelené informace o principu geochemického chování ryzího železa v horninovém prostředí a vlivu stejnosměrného proudu na změnu geochemických podmínek. Zcela jistě víme, že je nezbytné podrobně znát hydrogeologické a geochemické podmínky lokality, přičemž informace o míře kontaminace CIE jsou pouze podružným údajem. Z tohoto hlediska považujeme v dnešní době za zcela zbytečné provádění laboratorních pokusů založených na sledování úbytku CIE v kontaminované vodě v závislosti na dávkování nZVI. Takovéto výsledky nejsou v praxi použitelné.

Z důvodu úspěšné aplikace nZVI v různých geologických prostředích a v prostředích s různou úrovní kontaminace jsou v současné době zkoumány možnosti využití nZVI v kombinaci s jinými sanačními metodami. Smyslem tohoto výzkumu je zvýšení efektivity sanačního procesu, a to nejen ve smyslu účinnějšího či rychlejšího odstranění kontaminace, ale také ve vazbě na snížení finanční náročnosti, což je v podstatě limitující podmínka nasazení nZVI v praxi. V tomto smyslu se nejčastěji používá kombinace s mikrobiologicky asistovanou reduktivní dehalogenací. Zajímavé výsledky přináší i vývoj nových typů nZVI se speciálně upravenými slupkami. Specifickou cestou zvýšení efektivity využití nZVI, kterou MEGA a.s. ve spolupráci s Technickou univerzitou v Liberci (dále TUL) dlouhodobě prosazuje, je podpora remediačních vlastností železa pomocí stejnosměrného elektrického pole.

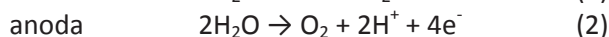
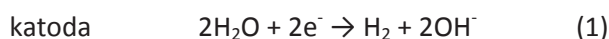
### TEORETICKÉ ZÁKLADY

Elektrochemické procesy jsou běžně používány v průmyslové praxi, především v oblasti metalurgie a povrchových úprav (galvanika, elektroforéza). Jsou založeny na schopnosti nabitých částic migrovat v elektrickém poli, respektive na změně jejich valenčního stavu na elektrodách. Elektrická pole nízkých intenzit se však běžně vyskytují i v horninovém prostředí a hrají významnou roli například v procesu zvětrávání sulfidických minerálů. Uměle vytvořené elektrické pole, tedy dotace elektronů do horninového prostředí, způsobuje specifické geochemické procesy, které mohou být využity pro eliminaci některých typů antropogenních zátěží.

Nosnou sloučeninou celého geochemického systému přírodních exogenních procesů je voda. Voda má celou řadu unikátních vlastností, které určují chování horninové matrice i biogenní složky.

Přírodní vody obsahují rozpuštěné látky, z nichž některé mají redukční nebo oxidační vlastnosti. Vzniká tak geochemická rovnováha mezi rozpouštědlem (voda), rozpuštěnými látkami a horninovou maticí, popřípadě kontaminací. Změnou těchto podmínek dochází i ke změně chemizmu vody. Významnou proměnou prostředí je alkalita a acidita, která je v přírodních vodách většinou funkcí sumy  $\text{CO}_2(\text{aq})$  a  $\text{OH}^-$ . Geochemický systém tak má jistou setrvačnost a dokáže do určité míry pufovat přírodní oscilace nebo antropogenně vyvolané změny. Další velmi důležitou složkou přírodního geochemického systému je železo. Železo v nízkých valenčních stavech ( $\text{Fe}^0$ ) je možno využít jako redukční činidlo a železo ve vysokých valenčních stavech ( $\text{Fe}^{6+}$ ) jako činidlo oxidační. Změny valenčního stavu Fe jsou vedle oxidace organické hmoty hlavním procesem, který v horninovém prostředí generuje elektronový transfer.

Obsah rozpuštěných látek v podzemní vodě v podstatě určuje elektrický odpor prostředí, tedy i maximálně předanou proudovou hustotu, tj. množství elektronů, které lze do horninového prostředí předat při určitém napětí. Na elektrodách při překročení tzv. praktického rozkladového napětí dochází k elektrolýze vody podle rovnic:



Na katodě při redukci vody vznikají hydroxidové ionty, které zvyšují pH a na anodě protony, které pH snižují. Tímto procesem se zvyšuje vodivost vody a snižuje elektrický odpor prostředí, což umožňuje zvýšení proudové hustoty v elektrickém poli.

#### PODMÍNKY NASAZENÍ ELEKTROCHEMICKÉ PODPORY REDUKTIVNÍ DEHALOGENACE

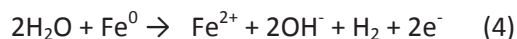
Technické podmínky nasazení technologie se odvíjí především od fyzikálně chemických podmínek lokality. Technologie je funkční v dostatečně elektricky vodivém prostředí. Reálně tedy pouze ve zvodnělém horizontu, přičemž prakticky je ověřena i funkčnost při zapojení elektrod do vzájemně hydrogeologicky izolovaných kolektorů. **Výskyt hydrogeologických izolátorů a poloizolátorů není pro průchod elektrického proudu limitující.** Elektrický odpor prostředí a použité napětí definuje rozteč elektrod pro dosažení potřebné proudové hustoty. Hodnota optimální proudové hustoty je základní know-how celého systému a v podstatě byla validována exaktně na základě celé řady pilotních experimentů i výsledků plnoprovozních sanací na lokalitách s nejrůznějšími geologickými podmínkami. Design systému se odvíjí i od výkonu komerčně dostupných AC/DC měničů. V současné době máme k dispozici návrhový SW, který s akceptovatelnou mírou nejistoty definuje základní parametry technologie. Jelikož jsou používány anody ocelové, dochází k jejich degradaci (efekt obětované anody) v závislosti opět na nastavené proudové hustotě. Na základě chemizmu zvodně, hydrogeologických poměrů lokality a dalších parametrech jsme schopni predikovat nejen dobu obměny anod, ale i potřebu dotace nZVI do kolektoru, jejich dávku a dobu reaktivity.

Elektrochemická podpora reduktivní dehalogenace CIE probíhá i bez dotace nZVI, avšak jen na některých lokalitách a v poměrně omezené míře. Obecně pouze v případě dostatečného obsahu Fe v podzemní vodě nebo v horninové matici obohacené sloučeninami  $\text{Fe}^{3+}$  schopnými redukce v DC poli. Splněny musí být i určité hydrogeologické podmínky. Na většině lokalit je tak pro zdárný průběh elektrochemické podpory reduktivní dehalogenace nutno injektovat nZVI, ovšem ve významně menším množství oproti aplikacím bez elektrochemické podpory. Princip reduktivní dehalogenace je obecně znám, je třeba zajistit hydrogenaci pozic obsazených atomy  $\text{Cl}^+$  a tyto redukovat na  $\text{Cl}^-$ . Pro úplnou dechloraci molekuly tetrachlorethylenu na ethylen je tak ve stechiometrickém poměru třeba čtyř atomů  $\text{H}^+$  a osmi elektronů podle rovnice:





Nascentní vodík i iony Fe vznikají na anodě, nicméně jejich prostorový remediační dosah není obvykle příliš velký. Pro zajištění většího prostorového dosahu se používá nZVI reagující s molekulami vody podle následujících rovnic:



Oxidací Fe teoreticky vzniká větší podíl nascentního vodíku oproti elektronům (5:3) proti potřebnému poměru 4:8. Potenciál oxidace Fe pro dehalogenaci CIE tak nemůže být plně využit bez dalšího přísunu elektronů. Tento proces může být teoreticky příčinou vyšší efektivity elektroremediace. Dalším procesem je pravděpodobně i možnost zpětné redukce nově vznikajících sloučenin  $\text{Fe}^{3+}$  a jejich opětovná oxidace.

Jedním z dalších kroků optimalizace technologie v posledních letech je vývoj nového typu reakčních náplní. Pro elektrochemicky podporovanou reduktivní dehalogenaci není nezbytně nutné zcela homogenní rozptýlení nZVI v horninovém prostředí. Je tak možno sanaci nasadit i v méně propustných horninách, kde běžný zásah nZVI nelze realizovat. Ve spolupráci s TUL a výrobcem nZVI byl vyvinut nový produkt NanoferStarDC, speciálně designovaný pro použití při elektrochemické remediaci. Využití optimalizačních postupů tak vede k dalšímu snížení nákladových cen. V současné době zahajujeme implementaci systému dálkové správy technologie včetně aktivních prvků kontroly a řízení sanace „real time“. Cílem je snížení nákladů na obsluhu technologie, automatizovaný sběr dat, signalizaci chybových stavů a dalších funkce nutné k dokumentaci průběhu sanace.

### PŘÍKLADY REÁLNÝCH APLIKACÍ

Od roku 2009 bylo za spolupráce a.s. MEGA a TUL provedeno několik desítek sofistikovaných laboratorních experimentů (reaktorové a kolonové testy) a celkem 16 terénních nasazení, většinou na kontaminaci tvořenou CIE. Aplikace byly úspěšně provedeny v průlinově dobře i omezeně propustných horninách kvartéru, puklinově propustných horninách krystalinika i křídly ve slínovcovém vývoji. Ověřena byla různá geometrie elektrodových polí, a dokonce i instalace elektrod do hydrogeologicky oddělených kolektorů. V jednom případě byla s velmi dobrými výsledky ověřena i možnou reaktivace již nefunkčních náplní reaktivních bran na bázi makročásteček Fe v podzemní těsnící stěně. Speciálním případem je využití elektroremediace v geochemických bariérách na bázi nZVI, což umožňuje řádové prodloužení doby funkce bariér. MEGA a.s. navrhuje geochemické bariéry jako nedílnou součást systému sanace, jelikož při zemních pracích nebo nasazení in-situ sanačních metod dochází ke zvýšenému přestupu kontaminantu do podzemních vod, a tím i zvýšené míře migrace znečištění do okolí. Geochemická bariéra je nejvhodnějším prvkem pro eliminaci těchto vlivů. Formát příspěvku neumožňuje uvedení konkrétních informací o jednotlivých aplikacích, nicméně v naprosté většině došlo k razantnímu urychlení sanace a trvalému dosažení sanačních limitů. Prokázala se tak univerzálnost technologie a značná nezávislost na geologických a hydrogeologických podmínkách lokalit. Důležitou skutečností je možnost efektivního nasazení i v hydrogeologicky složitých podmínkách.

### LEGISLATIVNÍ A FORMÁLNÍ PROBLÉMY PŘI NASAZENÍ TECHNOLOGIE

Sanační technologie za využití nZVI nebo dalších reagentů jsou v ČR obecně limitovány Zákonem o vodách a to § 39 Závadné látky. Výklad není zcela jednoznačný, jelikož označit železo za závadnou látku je poněkud přehnané. Výklad se opírá o přílohu 1 Zákona o vodách, kde v odstavci „nebezpečné látky“ v bodě 8 je uvedeno „látky, které mají nepříznivý účinek na kyslíkovou rovnováhu, zejména amonné soli a dusitany“. Zákonodárce tímto postupem pravděpodobně cílil na povrchové vody, nikoliv na vody podzemní. Nicméně vodoprávní úřady v naprosté většině vyžadují postup podle § 39, odst.7 písm. g) „v rámci schválených sanačních technologií“, tedy povolení k aplikaci závadné látky. Až na ojedinělé případy to nebývá problém. Je však třeba žádost doložit stanovisky dalších úřadů, což prodlužuje dobu legislativní přípravy sanace. Z dikce zákona vyplývá, že výjimka se týká látek

(chemikálií), které mění fyzikálně chemické vlastnosti vody a zákonodárce nepředpokládal možnost aplikace stejnosměrného proudu do horninového prostředí, i když vliv na podzemní vodu je obdobný (změna pH, Eh). Podle našich zkušeností není legislativní problém zahájit elektroremediaci před nabytím právní moci povolení. Navíc penetrace elektrod není považována za vrtné práce. Je tak možnost odladit potřebné parametry DC pole (především distance elektrod) v předstihu před zahájením aplikace nZVI.

Technologie elektroremediacie je chráněna patenty č. 304152 a č. 306838, jejichž vlastníky je MEGA a.s. a TUL. Využití této technologie jinými organizacemi tedy předpokládá zajištěné patentových práv. Toto je možno buď vyřízením licence nebo kooperací s vlastníky patentu, kteří nabízí plnohodnotný inženýring sanace. Tedy návrh a optimalizaci celého systému včetně pronájmu řídicích systémů, popřípadě i dodávku a aplikaci reagentů.

## ZÁVĚR

Elektrogeochemické procesy, jako nový prvek sanačních technologií, mohou mít značný aplikační potenciál, a to nejen v případě sanace CIE. Lze je přitom nasadit i na lokalitách se složitými geologickými podmínkami, kde je hydraulický zásah neefektivní nebo nespolehlivý. Jedná se však o poměrně sofistikovaný systém, kde úspěšná realizace předpokládá dokonalé zvládnutí managementu sanace a jeho optimalizaci na konkrétní podmínky lokality, které se navíc dynamicky mění při zapojení elektrického pole i při aplikaci pomocných reagentů.

V případě sanace CIE lze elektrogeochemickými procesy podstatně urychlit nejen dobu nutnou pro průběh reduktivní dechlorace, ale také významně snížit potřebnou dávku pomocných reagentů – především finančně nákladného nZVI. To vede k celkovému zlevnění sanačního zásahu. Využit lze i další prokázané efekty. Provozně významné je urychlení transportu nZVI i produktů jeho oxidace v elektrickém poli a zajištění homogenní distribuce nZVI v požadovaném prostoru potlačením agregace částic. Vhodným uspořádáním elektrod lze urychlit migraci nebo naopak stabilizovat částice v předem zvoleném místě. Tohoto efektu lze například využít při provozu geochemických reaktivních bariér, které mohou v některých lokalitách provozně spolehlivě nahradit hydraulické bariéry. Významná je i podpora bioty schopné degradace CIE (především síran redukujících bakterií), avšak jen při vhodných proudových hustotách.

Elektrogeochemické procesy umožňují i efektivní aplikaci méně reaktivních částic železa (mikroželezo, makroželezo), jelikož se zde uplatňuje synergické působení dodávaných elektronů a rozpouštěných částic železa. Tento proces je nejlépe uplatnitelný v geochemických bariérách nebo při intenzifikaci provozu nebo oživení již nefunkčních reaktivních bran na bázi makroželeza.

## PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla realizována za podpory Technologické agentury ČR v rámci výzkumného projektu TH03030374 „Pokročilé real-time řízení sanačních technologií“

## LITERATURA

- [1] Hrabal, J., Nosek, J., 2014: Použití elektrického proudu k sanaci lokalit kontaminovaných organickými látkami. Závěrečná zpráva projektu TAČR TA01021304. MEGA a.s., Stráž pod Ralskem.
- [2] Hrabal, J., Nosek, J., Beneš, P., 2017: Pokročilé in situ sanační technologie podporované elektrickým polem. Závěrečná zpráva projektu TAČR TA04020431. MEGA a.s., Stráž pod Ralskem.

## KOMBINOVANÁ METODA NZVI S ELEKTROCHEMICKOU PODPOROU PRO IN-SITU SANACI CHLOROVANÝCH ETYLENŮ

**Jaroslav Nosek<sup>1,2</sup>, Kristýna Marková<sup>2</sup>, Tomáš Pluhař<sup>2</sup>, Ondřejka Vološčuková<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> AQUATEST a.s., Geologická 4, 152 00 Praha 5, Česká republika, nosek@aquatest.cz

<sup>2</sup> Technická univerzita v Liberci, Ústav pro nanomateriály pokročilé technologie a inovace, Studentská 2, 461 17 Liberec 1, Česká republika

### ABSTRAKT

Příspěvek se zabývá hodnocením pilotní aplikace nového typu NZVI s označením STAR DC od výrobce NANO IRON, s.r.o. na lokalitě kontaminované chlorovanými uhlovodíky (CIU). Složení nanoželeza STAR DC je optimalizováno pro použití se systémem elektrochemické podpory (patent 304152, vlastník MEGA a.s. a TUL), kdy jsou při výrobě použity méně náročné technologické postupy, což se pozitivně odráží na nižší ceně produktu. V rámci pilotní aplikace bylo aplikované NZVI dále povrchově modifikováno detergentem za účelem zvýšení migračních schopností, zlepšení kontaktu s kontaminací a krátkodobému zvýšení antibakteriálních vlastností celého kombinovaného sanačního systému, které však mělo v dlouhodobém horizontu vést k nárůstu mikroorganismů rozkládajících CIU. Pilotní aplikace byla provedena na lokalitě Spolchemie a.s. – Mrak 5C s kontaminací tvořenou převážně TCE a cis-1,2-DCE. Kromě monitoringu fyzikálně-chemických parametrů vody a koncentrací sledovaných kontaminantů včetně produktů dechlorace, byl na lokalitě prováděn také mikrobiální monitoring za účelem sledování bakteriálních vlivů. Výsledky sanace prokázaly, že kombinovaný přístup a nový typ modifikovaného NZVI je vysoce efektivní. Po dobu jeho aktivní fáze klesly koncentrace sledovaných CIU o více jak 75 % (při stálé koncentraci CIU na nátoku do polygonu), včetně odpovídajícího nárůstu produktů dechlorace. Z pohledu vlivu na mikroorganismy byl pozorován pouze přechodný negativní efekt následovaný rychlým návratem na předaplikační hodnoty, přičemž z dlouhodobého pohledu kvantita sledovaných mikroorganismů dokonce narostla.

### ÚVOD

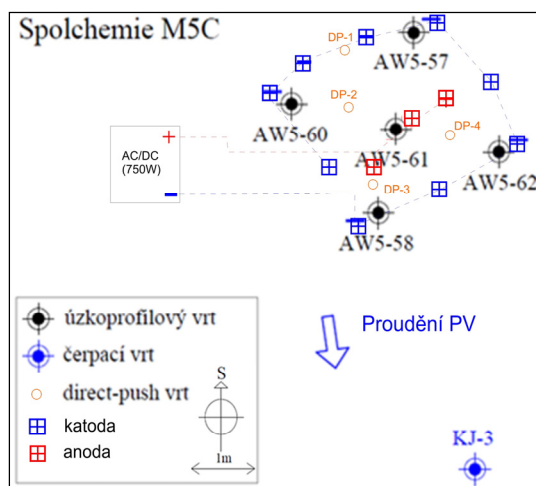
Zájmová lokalita se nachází v areálu podniku Spolchemie a.s. – Ústí nad Labem, kde společnost AQUATEST a.s. provádí průzkumné a sanační práce k odstranění staré ekologické zátěže vzniklé důsledkem dlouholeté chemické a hutní výroby a nešetrného zacházení s nebezpečnými látkami. Kontaminaci budov, nenasycených zón a PV tvoří chemické látky, se kterými se v historii tohoto chemického závodu nakládalo – zvláště CIU, aromatické uhlovodíky, nepolární uhlovodíky a kovy (převážně rtuť). Negativní dopad měla také výroba pryskyřic, netěsná kanalizace a úniky při manipulaci a skladování výrobních produktů. Hlavním kontaminantem jsou CIU, zejména TCE, PCE a DCE, kdy DCE na lokalitě vzniká postupnou dechlorací více-chlorovaných CIU.

### Popis lokality

Hlavním kontaminantem na testovacím polygonu je trichloretylen (TCE), druhotně tetrachloretylen (PCE). Přesný původ kontaminace nelze určit. Výskyt TCE je v zájmové oblasti velice pravděpodobně spojen se strojními dílnami, kde se v minulosti TCE využíval jako odmašťovadlo strojních součástí. Strojní dílny se nacházejí cca 40 m severním směrem (tj. proti směru proudění podzemní vody) od zájmového území [1]. Při budování testovacího polygonu byla pro vymapování vertikální distribuce kontaminace použita metoda ECO-MIP vyvinutá společností AQUATEST a.s. Tato metoda je levnější variantou komerčně využívané metody MIP, kdy jsou pomocí penetrační soupravy při vytváření úzkoprofilových vrtů (Ø 63 mm) odebírána neporušená vrtná jádra (Ø 40 mm) a pomocí přístroje Ecoprobe 5 je v nich měřena kontaminace. Tímto způsobem bylo na vrtech testovacího polygonu zjištěno, že převážná část kontaminace CIU je situována v intervalu 5-7 m p. t. Do tohoto intervalu byla následně koncentrována injektáž NZVI tak, aby byly zastiženy nejvíce kontaminované horizonty.

### Uspořádání na lokalitě

Monitorovací systém testovacího polygonu je tvořen úzkoprofilovými vrtvy AW5-57, AW5-58, AW5-60, AW5-61, AW5-62. Na nátoku/odtoku do/z polygonu jsou situovány dva širokoprofilové vrtvy ( $\varnothing$  160 mm): AW5-33 (nátok) a KJ-3 (odtok). Úzkoprofilové vrtvy jsou vystrojeny PP pažnicí o vnějším průměru 32 mm. Všechny úzkoprofilové vrtvy mají první 2 m od terénu pažnicí plnou, zbylá část pažnice je až na dno vrtů perforovaná a vrtvy jsou ukončeny PP zátkou. V minulosti bylo na vrtu AW5-61 provedeno hydrokarotážní měření, jehož výsledkem bylo zjištění, že nejvyšší rychlosti proudění PV zájmovým územím jsou v hloubkovém intervalu 4,5-6,8 m p. t. V horizontu 3,5-4 m p.t. proudí PV omezeně. Od 7 m p. t. až na bázi vrtu je proudění velice omezené a voda zde oproti horizontu 4,5-6,8 m p. t. prakticky stagnuje.



Obr. 1: Uspořádání na testovacím polygonu: Spolchemie a.s. Mrak 5C. Vrt AW5-33 je situován mimo vyobrazenou oblast na sever proti směru proudění PV.

Na polygonu bylo použito hvězdicovité uspořádání elektrod s centrální anodovou linií tvořenou třemi elektrodami. Všechny elektrody byly tvořeny ocelovými tyčemi ( $\varnothing$  20 mm) instalovanými přímo do horninového prostředí. Při spuštění systému byl výkon měniče cca 550 W a v průběhu sanace docházelo k jeho poklesu důsledkem pasivace a rozpouštění anod. Rozpouštění anod je přirozeným jevem, kdy je systém v režimu tzv. „obětované anody“ a při dlouhodobějších sanacích musí být anody obměňovány. V rámci prezentovaného pilotního testu nebyly anody měněny.

### Aplikace NVZI

Byly využity dva způsoby injektáže suspenze NZVI: a) metoda direct-push do čtyř nevystrojených aplikačních sond DP-1 až DP-4 do třech horizontů (5, 6 a 7 m p. t.); b) tlaková injektáž do úzkoprofilových vrtů AW5-57, AW5-60, AW5-61. Celkem bylo aplikováno 20 m<sup>3</sup> vodné suspenze s dispergovanými 60 kg NANOFER STAR DC, 1 kg detergentu a 1 kg LiCl (stopovač). Do každého aplikačního bodu bylo aplikováno cca 3 m<sup>3</sup> suspenze. U direct-push sond byl preferován svrchní horizont (5 m p. t.), kam bylo aplikováno cca 60 % dávky na sondu. Pro infiltraci NVZI do horninového prostředí byla koncentrovaná zásobní suspenze s NZVI (20 % hm.) ředěna vodou z vodovodního řádu na aplikační koncentraci 3 g/l. Takto připravená suspenze byla tlakově zasakována pomocí čerpadla (pracovní tlak 10-40 MPa).

### Metodika monitoringu

Odběr vzorků PV byl realizován po ustálení fyz.-chem. parametrů, kdy voda byla čerpána peristaltickým čerpadlem přes průtočnou celou, ve které byly umístěny elektrody. V rámci monitoringu byla měřena teplota, pH, ORP, rozpuštěný kyslík a konduktivita. V odebraných vzorcích PV byly stanovovány: koncentrace jednotlivých CIU, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, celkové Fe a produkty degradace CIU (methan, ethan a ethen) a byly odebrány vzorky pro sledování bakteriálního oživení pomocí real-time PCR analýzy.

## VÝSLEDKY

V průběhu pilotního testu bylo realizováno 8 monitorovacích kol, z toho dvě kola byla provedena před aplikací NZVI do horninového prostředí. Základní procesy jsou demonstrovány na čtyřech vybraných vrtech testovacího polygonu. AW5-33 reprezentuje nátok do polygonu, AW5-60 reprezentuje chování vrtu s aplikovaným NZVI v blízkosti katody, AW5-61 představuje vrt v blízkosti anodové linie a AW5-58 reprezentuje odtok z lokality.

### Fyzikálně-chemické parametry

Během prvních 20 dnů od aplikace NZVI došlo k rychlému razantnímu snížení Eh, které se následně vracelo k původním hodnotám. Přesto měřené Eh na všech vrtech uvnitř polygonu odpovídalo více redukčním podmínkám, než ve vodě na nátoce (vrt AW5-33), a to o cca 200 mV. Vliv aplikovaného Fe a elektrického systému lze dále pozorovat na vývoji pH, které oproti původním hodnotám vzrostlo o 1-2. Po 120 dnech lze pozorovat návrat pH k původní hodnotě, což bylo také dáno vypnutím elektrického systému v důsledku místních technologických omezení. Po opětovném spuštění elektrického systému lze v blízkosti katod pozorovat návrat do hlubších redukčních podmínek. Aplikací suspenze NZVI o nižší mineralizaci došlo k naředění PV, což vedlo k rychlému snížení měřené vodivosti v monitorovacích vrtech. V průběhu aktivní fáze NZVI a elektrického systému byly v PV redukovány sírany, což mělo také za následek snížení měřené vodivosti ve vrtech (tento efekt byl potvrzen laboratorními analýzami).

### Koncentrace CIU

Hlavními kontaminanty mraku 5C jsou především TCE, DCE a VC. V menší míře také PCE. Ve vrtu AW5-33, který slouží jako kontrolní pro monitoring kontaminace na vstupu, je nejvíce zastoupen TCE. TCE v tomto vrtu zaujímá v sumě CIU cca 55% podíl, 40 % připadá na obtížněji odbouratelný 1,2-cis-DCE (dále jen DCE) a zbytek na vinylchlorid (VC). V ostatních monitorovaných vrtech zájmového polygonu se podíl DCE pohybuje v intervalu 70-80 % a cca 10-15 % tvoří VC. Z pohledu sanace a efektivity aplikované metody je toto kritický faktor, kdy je pro rozklad DCE (a VC) nutná vyšší reaktivita materiálu a řádově delší čas reakce oproti TCE.

S výjimkou vrtu AW5-33 (kontrolní vrt na nátoce) došlo na všech vrtech k poklesu kontaminace ihned po aplikaci. Přítomné TCE velmi rychle reaguje s aplikovaným činidlem a ve všech pracovních vrtech klesá hluboko pod sanační limit. Zbývající DCE a VC degradují dle očekávání pomaleji, avšak velmi dobře reagují na aplikované činidlo (hlavně DCE) a jejich koncentrace rychle klesají a po dobu monitoringu jsou na cca 25 % počátečních koncentrací. Tento trend je o něco horší ve vrtu AW5-58 (kam nebylo aplikováno NZVI), který se nachází na okraji polygonu a natéká do něj více kontaminované vody, která neprochází přes vybudovanou geochemickou bariéru. Přesto i v tomto vrtu, lze pozorovat vysoké koncentrace produktů dechlorace, které jsou důkazem probíhající dechlorace. Při hodnocení výsledků je nutné uvažovat i to, že ošetřená oblast je po celou dobu monitoringu masivně dotována z okolí novou přítékající kontaminací. Bez odstranění zdroje kontaminace CIU nelze očekávat trvalé vyčištění místa polygonu.

Koncovými produkty reduktivní dechlorace CIU pomocí NZVI jsou ethen a v menší míře ethan, což také potvrzují výsledky měření na lokalitě. Oproti tomu přítomnost methanu v PV indikuje proces mikrobiální dehalogenace, kdy methan je produktem činnosti společenstev mikrobiálních bakterií. Masivní poklesy koncentrací CIU ve vrtech polygonu jsou ve shodě s měřenými produkty dechlorace, které dokazují probíhající dechloraci až na netoxické koncové produkty.

### Mikrobiologie, molekulární genetik

Ve všech sledovaných markerech včetně univerzálního bakteriálního markeru byl patrný výrazný pokles kvantity ve vrtech, kam byl materiál aplikován přímo (vrty AW5-57 a AW5-60). To dokládá toxický účinek použitého materiálu, což je ve shodě s předchozím laboratorním testováním. Ve vrtu AW5-61, kam byl také materiál aplikován přímo, není pokles kvantity patrný vůbec. Zdá se, že tento

rozdíl je dán umístěním vrtů vzhledem k elektrodám. Vrty AW5-57 a AW5-60 jsou v těsné blízkosti katod, zatímco vrt AW5-61 je v těsné blízkosti anod. Poměrně překvapivé je, že vlastnosti prostředí dané anodami u vrtu AW5-61 zřejmě kompenzují toxicitu použitého materiálu. Naopak kombinace toxicity aplikovaného materiálu s blízkostí katod zřejmě vytváří prostředí pro bakterie nevhodné. V ostatních monitorovacích vrtech, kam nebyl materiál aplikován přímo, není pokles kvantit patrný. V těchto vrtech je kvantita na stejné úrovni po celou dobu monitoringu, přestože se nacházejí v blízkosti katod. To znamená, že elektrický proud sám o sobě nemá na sledované bakterie negativní vliv, což je v souladu s předchozími pozorováními na této lokalitě. Tato pozorování jsou ve shodě s měřením produktů dechlorace CIU, kdy ve vrtech s lepším bakteriálním oživením lze detekovat vyšší koncentrace methanu.

## ZÁVĚR

Pro celkové hodnocení efektivity je třeba vzít v úvahu to, že v rámci pilotní aplikace NZVI STAR DC s povrchovou modifikací detergentem, bylo ošetřeno pouze malé ohnisko, do kterého z okolí neustále přitéká nová kontaminace CIU. V sumě CIU na nátok je TCE zastoupen cca 55 % a 40 % pak tvoří 1,2-cis-DCE, který je podstatně hůře redukovatelný. Tento poměr se ve směru toku dále mění a přímo v polygonu již DCE tvoří více jak 70-80 %. TCE na vstupu je rychle dechlorováno a jeho koncentrace jsou trvale pod sanačním limitem. I přesto, že většina kontaminace v polygonu je tvořena hůře redukovatelným DCE, lze ve všech vrtech zaznamenat jeho masivní pokles. Po dobu monitoringu byly koncentrace DCE na úrovni 25 % koncentrací počátečních. Vysoké reaktivitě sanačního systému odpovídají také vysoké koncentrace měřených produktů dechlorace, které jsou důkazem probíhajícího rozkladu CIU, až na netoxické plyny.

Z pohledu vlivu na mikroorganismy byl pozorován pouze přechodný negativní efekt a rychlý návrat na a nad původní hodnoty (do 15-30 dnů). Tam kde došlo v důsledku aplikovaného materiálu k úbytku sledovaných bakterií, a tím uvolnění nik ekosystému a k dočasnému nahromadění dostupného substrátu, byly následně tyto zdroje bakteriemi rychle využity a narostla jejich kvantita. Celkově měla aplikace na sledované markery malý vliv, z dlouhodobějšího hlediska došlo k zachování stávající kvantitativy nebo k jejímu mírnému nárůstu.

Navzdory výše popsaným negativním faktorům (nepřetržitá dotace kontaminace z okolí, většinové zastoupení hůře redukovatelného DCE) prokázal vyvinutý materiál své přednosti a jeví se jako velmi vhodný pro využití v praxi.

## PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla za finanční podpory jednak TAČR v rámci projektu TF02000064 „Nanomateriály pro sanace kontaminovaných vod“.

## LITERATURA

- [1] Kvapil, P., Gaňa, P. a Růžička, P., 2011: Souhrnná zpráva provozu sanace podzemních vod mraku 5 za rok 2010. SPOLCHEMIE Ústí nad Labem. AQUATEST a.s., Praha, 48 s.
- [2] Černík, M., Nosek, J., Filip, J., Hrabal, J., Elliott, Daniel W., Zbořil, R., n.d. Electric-field enhanced reactivity and migration of iron nanoparticles with implications for groundwater treatment technologies: Proof of concept. Water Res.
- [3] Hrabal, J., Černík, M., Nosek, J.: Způsob in-situ sanace horninového prostředí kontaminovaného škodlivými chemickými sloučeninami. Patent: 304152, 9.10.2013, MEGA a.s., Technická univerzita v Liberci.

## VLIV RŮZNÝCH TYPŮ REAKČNÍCH ČINIDEL NA ÚSPĚŠNOST SANACE STEJNOSMĚRNÝM ELEKTRICKÝM POLEM

**Vendula Cencerová<sup>1</sup>, Jaroslav Nosek<sup>2</sup>, Jaroslav Hrabal<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> MEGA a.s., Drahobejlova 1452/54, 190 00 Praha 9, Česká republika, vendula.cencerova@mega.cz

<sup>2</sup> Technická univerzita v Liberci, Ústav pro nanomateriály pokročilé technologie a inovace, Studentská 2, 461 17 Liberec 1, Česká republika

### KLÍČOVÁ SLOVA

Elektrogeochemie, chlorované uhlovodíky, reduktivní dechlorace, sanace podzemních vod, nanoželezo

### ÚVOD

Chlorované uhlovodíky patří v České republice mezi hlavní typy kontaminantů životního prostředí. Jejich odstraňování ze saturované zóny bývá často řešeno dlouhodobým procesem sanačního čerpání a následné dekontaminace čerpaných vod. Reduktivní in-situ dechlorace CIU za využití působení stejnosměrného elektrického pole přímo v horninovém prostředí dokáže sanaci významně urychlit i zlevnit. Na úspěch in-situ sanačních metod má zásadní vliv co nejdokonalejší poznání parametrů horninového prostředí, na základě kterých je pak zvolen vhodný typ reakčního činidla.

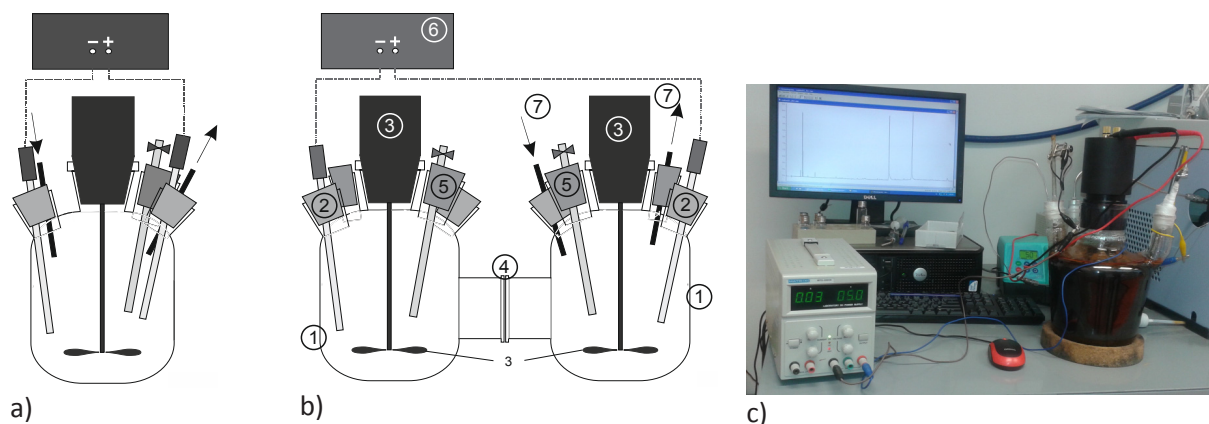
Příspěvek je součástí uceleného bloku přednášek, který je zaměřen na představení sanační metody elektrochemické podpory in-situ sanace chlorovaných uhlovodíků. Zaměřuje se na vyhodnocení série reaktorových laboratorních testů, ve kterých byl studován vliv různých typů částic železa, v kombinaci s podporou procesu dechlorace stejnosměrným elektrickým proudem i bez něj, na úspěšnost odstranění CIU z podzemní vody. Výsledky testů byly následně využity také pro modelové vyhodnocení reaktivity Fe v jednotlivých typech reaktorů.

### METODIKA REAKTOROVÝCH TESTŮ

Reaktorové testy byly zaměřeny na studium degradace CIU při různém typu zapojení reaktorů v reálné vodě z lokality kontaminované směsí chlorovaných ethylenů – CIE a chlorovaných methanů – CIM. Jako reakční činidlo bylo použito nZVI NANOFER STAR o koncentraci 0,64 g/l (s nebo bez povrchové modifikace axilátem sodným – dále Ax). Bylo používáno dvou typů uspořádání míchaných reaktorů (objem 2 l), a to buď jeden kombinovaný prostor, nebo dva oddělené reaktory (obr. 1a,b). Dva reaktory oddělené selektivní iontovou membránou byly použity pro oddělené sledování vývoje anodových a katodových procesů. Aplikované napětí v kombinovaném uspořádání reaktorů pro testy s podporou stejnosměrného elektrického proudu (dále DC) bylo 5 V, pro testy v odděleném uspořádání reaktorů 15 V. Metodika byla vyvinuta v rámci projektu TA04020431 a je chráněna užitečným vzorem jehož vlastníkem je TUL a MEGA.

Analytické stanovení CIE ve vodných vzorcích bylo prováděno na plynovém chromatografu Varian CP 3800 s hmotnostním detektorem Saturn 2200 (GC/MS) (obr. 1c). Kontinuální měření pro stanovení methanu, ethanu a ethenu a dalších analýz bylo prováděno pomocí plynového chromatografu Perkin Elmer Clarus 580 s plamenově ionizačním detektorem (GC/FID). S každým odběrem vodného vzorku bylo provedeno také stanovení fyzikálně-chemických parametrů pH, ORP, vodivosti a byl měřen procházející elektrický proud při daném napětí.

Cílem testů bylo porovnat průběh vzniku koncových produktů methanu, ethenu a ethanu a provedení doplňujících testů za účelem popsání vlivu elektrického proudu na dechloraci CIU.



Obr. 1 a) Blokové schéma reaktoru se zavedenými elektrodami v kombinovaném uspořádání; b) dvojitý reaktor oddělený iontovou membránou: 1-reaktor, 2-elektroda, 3-mechanické míchadlo, 4-iontová membrána, 5-vzorkovací port, 6-zdroj ss proudu, 7-vstup/výstup na plynový chromatogram; c) Fotografie dokumentující průběh reaktorových testů s nZVI a DC – kombinované uspořádání

### USPOŘÁDÁNÍ REAKTOROVÝCH TESTŮ

První série dvou testů sledovala reaktivitu samotného nZVI NANO FER STAR Ax bez působení DC (R02) v porovnání s reaktivitou NANO FER STAR Ax podpořenou působením DC (R07) vždy v jednom míchaném reaktoru. Druhá série testů byla prováděna v oddělených reaktorech a sledovala úspěšnost degradace přímo v katodovém a anodovém prostoru. V tomto uspořádání proběhly tři sady reaktorových testů: a) NANO FER STAR Ax. podpořený působením DC (R08, R09), b) NANO FER STAR podpořený působením DC (R11, R12), c) reaktor pouze s DC bez aplikace nZVI (R13, R14).

### GEOCHEMICKÝ MODEL REAKCE Fe S VODOU

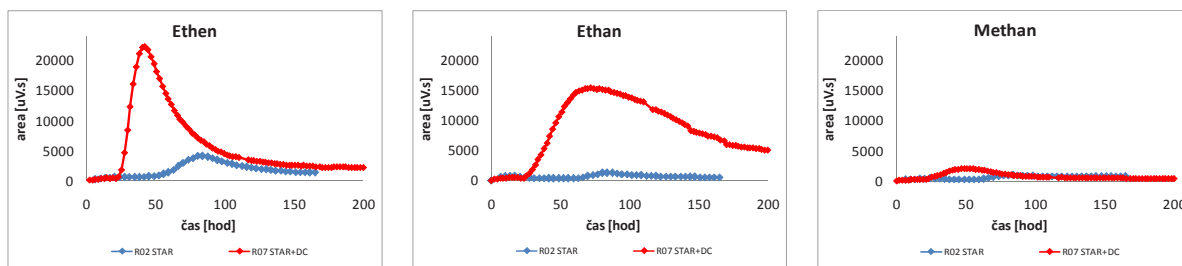
Za účelem zjištění, do jaké míry dochází k využití reakčního potenciálu aplikovaného Fe a ve formě jakých specií se Fe v průběhu experimentu ve vodě vyskytuje byl na základě získaných dat sestaven geochemický model prostředí. Model byl konstruován v geochemickém modelovacím programu Geochemist's Workbench v. 11. Vstupní data tvořil úplný chemický rozbor vod z lokality. V modelovém prostředí reálné vody byl následně simulován průběh reálné reakce dotací stejného množství nulamocného Fe jako v reálných reaktorových testech. Tato reakční cesta byla následně vynesena do pole stabilitního diagramu pro Fe v roztoku a byla dále doplněna reálnými Eh-pH měřeními z průběhu testů.

### VÝSLEDKY

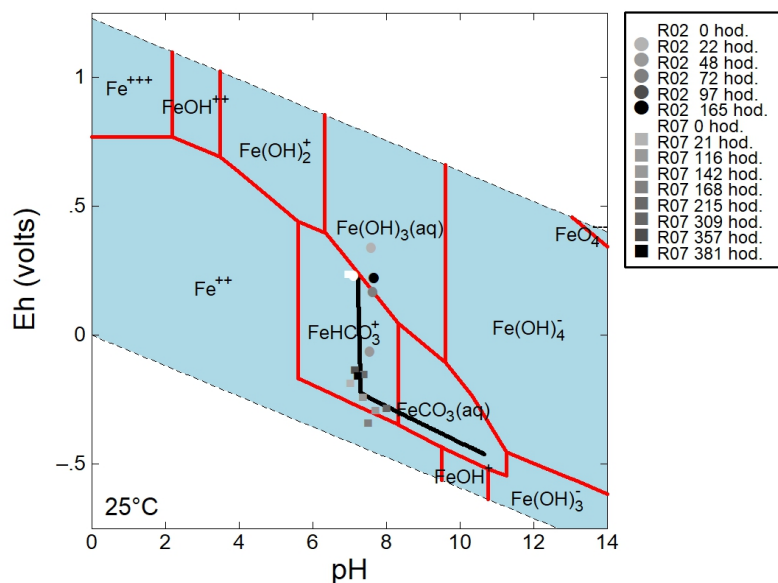
U prvních dvou testů (R02 a R07) bylo do každého reaktoru aplikováno 0,64 g/l NANO FER STAR Ax a v případě reaktoru s elektrickým proudem bylo použito napětí 5 V. Suma koncentrací kontaminantu ve vodě před zahájením testů byla 10 mg/l CIE a 2,5 g/l CIM. Po vyhodnocení výsledků bylo zjištěno, že reaktor R07 s nZVI podpořeným elektrickým proudem dosáhl v probíhající dechloraci řádově lepších výsledků (obr. 2). Kratší účinnost procesu z pohledu ethenu je dána rychlou redukcí všech CIU (jak CIE, tak CIM).

V poli stabilitního diagramu na obr. 3 lze pozorovat přetrvávající redukční podmínky u R07 i na konci testu, kde se systém stále nacházel v oblasti výskytu aktivního  $\text{Fe}^{2+}$ . Oproti tomu u samotného nZVI bez el. proudu bylo všechno reakční Fe kompletně pasivováno už při druhém měření (po 22 hodinách provozu reaktoru) a v roztoku se vyskytovalo v podobě  $\text{Fe}^{3+}$ . Vstup do reakce (bod 0 hod.), který je u obou reaktorů označený bílým bodem na hranici mezi speciemi  $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{aq})$  a  $\text{FeHCO}_3^+$  značí, že stabilita tohoto systému byla před začátkem obou reakcí určována rovnováhou mezi  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$ .





Obr. 2 Porovnání vývoje produktů dechlorace v headspace prostoru reaktorů R02 a R07

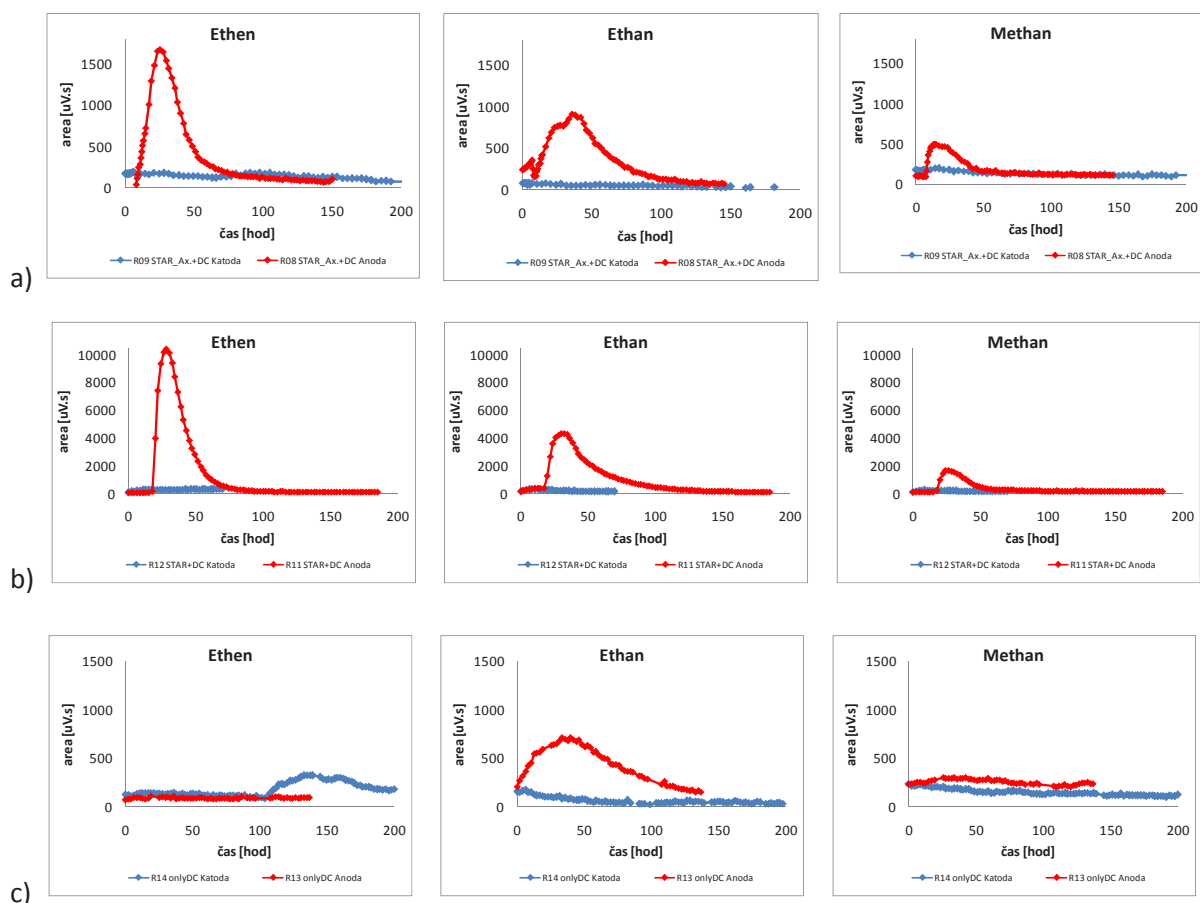


Obr. 3 Stabilitní Eh-pH diagram s vyneseními body měření pro reaktory R02, R07 a znázorněnou reakční cestou (černá linie)

Druhá sada testů byla zaměřena na detailní studium procesů probíhající zvláště v anodovém a katodovém prostoru. Do reaktorů bylo aplikováno také 0,64 g/l NANOFER STAR s Ax i bez něj. Napětí bylo zvýšeno na 15 V, což odpovídalo stejné proudové hustotě jako v případě kombinovaného reaktoru – cca 1 V/cm. Suma koncentrací kontaminantu ve vodě u jednotlivých sad testů kolísala v závislosti na aktuálních podmínkách lokality s ohledem na delší interval průběhu experimentů.

U reaktorů, do kterých bylo aplikováno nZVI bylo z naměřených koncentrací plynů pozorováno, že na obou anodách (červená linie v grafu) v obou testovaných variantách (s a bez povrchové modifikace) bylo do cca 70 té hodiny experimentu možné pozorovat nárůst koncentrací plynů prokazující reduktivní dehalogenaci. Rozdílné výšky píků jsou dány jinými počátečními koncentracemi počátečních ClU, průběhy dechlorace všech plynů v anodových reaktorech s nZVI jsou však velmi podobné (obr. 4a, b). Oproti tomu katodové reaktory (modrá linie v grafu) jsou z pohledu dechlorace a produktů plynů zcela bez aktivity.

Výsledky reaktorového testu s DC bez aplikace nZVI prokazují, že samotný elektrický proud nelze využít k efektivní in-situ reduktivní dechloraci (obr. 4c). K dechloraci sice dochází, avšak v menší míře, zajímavý je přitom rozdíl produktů dechlorace na katodě (ethen) a na anodě (ethan).



Obr. 4 Porovnání vývoje produktů dechlorace v headspace prostoru reaktorů, a) R08, R09; b) R11, R12; c) R13, R14

## ZÁVĚR

Výsledky reaktorových testů jednoznačně prokázaly násobně lepší účinnost nZVI v reaktorech, kde byla reaktivita železa podpořena aplikací DC. Detailnější výsledky budou z důvodu omezení rozsahu písemného sdělení prezentovány na konferenci.

Všeobecně lze shrnout, že na základě všech dostupných dat získaných mnohaletým výzkumem sanační metody elektrochemické podpory in-situ sanace chlorovaných ethylenů lze konstatovat, že působení stejnosměrného elektrického pole při reduktivní dechloraci CIU snižuje potřebnou dávku aplikovaného železa do podzemní vody až na 30 % původního množství, omezuje agregaci železných částic ve vodě a současně prodlužuje jejich reakční dobu až desetinásobně. Na základě rozmístění elektrod v sanačním polygonu lze také urychlit migraci částic, nebo je naopak stabilizovat na jednom místě.

## PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla realizována za podpory Technologické agentury ČR v rámci výzkumného projektu TH03030374 „Pokročilé real-time řízení sanačních technologií“.

## LITERATURA

- [1] Hrabal, J., Nosek, J., Beneš, P., 2016: Pokročilé in-situ sanační technologie podporované elektrickým polem. Průběžná roční zpráva projektu TAČR TA04020431. MEGA a.s., Stráž pod Ralskem.

## VÝVOJ POSTUPOV BIOREMEDIÁCIE ANORGANICKÉHO ZNEČISTENIA

**Iveta Štyriaková, Katarína Čechovská, Ľubica Kovaničová, Jaroslav Šuba, Marián Košuth, Ivana Semjanová**

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, regionálne centrum Košice, Jesenského 8, 040 01 Košice, Slovenská republika, iveta.styriakova@geology.sk

### KĹÚČOVÉ SLOVÁ

Bioremediácia, biolúhovanie, pôda, toxické prvky, minerály

### ABSTRAKT

Biologický potenciál, ako jeden z hlavných geologických činiteľov je zanedbávaný, nakoľko je neviditeľný a tým nepoznaný. Pritom výrazne ovplyvňuje mobilizáciu a imobilizáciu toxických prvkov v horninovom prostredí, pôde, sedimentoch, v povrchovej a podzemnej vode. Túto silu prírodných procesov je možné regulovať a vhodným spôsobom využiť ako proces bioremediácie v sanáciách životného prostredia. Kombináciou chemických procesov a biologických procesov sa môže získať úspešná a efektívna technológia odstraňovania toxických prvkov z pôd a dnových sedimentov.

### ÚVOD

Súčasná vyspelá priemyselná produkcia krajín EU naráža na problém znečistených území anorganickými látkami, pričom účinná aplikácia sanácie životného prostredia je závislá od druhu lokality. Každá lokalita je výnimočná z pohľadu kontaminácie, fyzikálno-chemických a mikrobiologických podmienok a mineralógie prostredia. Tieto rozdiely v lokalitách obmedzujú využívanie rovnakých postupov v mnohých krajinách. Každý postup by mal byť overený v laboratórnych podmienkach. Slovenská republika má mnoho lokalít s anorganickým znečistením, preto je nutné vyvíjať technológiu transformácie, znižovania alebo odstraňovania toxických prvkov zo životného prostredia a overiť postup pre jednotlivé lokality.

Úprava znečistených pôd je realizovaná buď fyzikálnymi alebo chemickými metódami. Hoci boli tieto techniky extenzívne aplikované v praxi, preukázali obmedzenia vo forme nízkej účinnosti a vysokej ceny. Biologickým metódam dekontaminácie (bioremediácii) znečistených zložiek životného prostredia je v posledných rokoch venovaná väčšia pozornosť najmä v zahraničí s cieľom ich využitia pre zníženie ekonomickej náročnosti konvenčných fyzikálno - chemicko - technologických postupov sanácie anorganického znečistenia v geologickom prostredí.

Chelát vo forme  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  je veľmi efektívna zlúčenina využívaná na odstraňovanie toxických prvkov premývaním pôdy. Táto zlúčenina je odolná v životnom prostredí z dôvodu nízkej biodegradovateľnosti. To umožňuje recyklovať roztok  $\text{Na}_2\text{EDTA}$ , pričom chelát nepoškodzuje štruktúru pôdy v porovnaní s anorganickými kyselinami, ktoré spôsobujú výrazné zmeny vlastností pôd. Nevýhodou je, že tento chelát zostáva v pôde po sanáciach. V súčasnosti EDDS predstavuje sľubnú náhradu nebiodegradovateľnej EDTA v pôdnej remediácii, pretože je biodegradovateľná, ale túto zlúčeninu nie je možné recyklovať, čo zvyšuje ekonomickú náročnosť procesu remediácie [1].

Bioremediácia je prirodzený proces, ktorý využíva mikroorganizmy a ich metabolické procesy na odstránenie, alebo transformáciu kontaminantov na menej toxické produkty. Mikrobiálna produkcia organických kyselín počas heterotrófného biolúhovania je viac využívaná v úprave pôdnej kontaminácie, než autotrófné lúhovanie [2].

V našich pokusoch sme testovali cheláty v chemickom lúhovaní a v biologicko-heterotrófnom lúhovaní na vzorkách pôdy z lokality Richnava, z dôvodu dlhodobej kontaminácie okolia hutníckym

priemyslom. Bola overená prítomnosť a mobilizácia toxických prvkov zo vzoriek perkolačným lúhovaním, pričom sa overil účinok remediácie anorganického znečistenia tromi médiami s prídavkom chelátov v nesterilných *ex-situ* podmienkach.

## METÓDY

Pôda bola odobratá o hmotnosti 20 kg z troch miest (R1, R2, R3) v lokalite Richnava, pričom jedno odberové miesto (R1) bolo často zaplavované riekou Hornád. Chemické zloženie odobratých vzoriek je uvedené v tab. 1.

Biolúhovací dvojmesačný experiment zahŕňal porovnávanie koncentrácie vylúhovaných prvkov a účinnosti využívania perkolačného média pre budúcu aplikáciu podmienok lúhovania na haldách. Nestabilné *ex-situ* podmienky boli overované v paralelných vzorkách s využitím modifikovaného média M1 (2mM Na<sub>2</sub>EDTA), M2 (2mM Na<sub>3</sub>EDDS) a M3 (2mM Na<sub>2</sub>EDTA + 2mM Na<sub>3</sub>EDDS) s biogénnymi prvkami a živinami (300 ml) a navážkou vzorky 300 g. Vzorky boli pravidelne zalievané po 20 ml počas 2 mesačného pokusu. Biogénne prvky a živiny boli pridané v 2. a 4. výluhu. Počiatočná hodnota pH biolúhovacieho média bola pH 7,8 ± 0,04. Chemické lúhovanie prebiehalo 10 mM chelátmi.

Koncentrácie sledovaných potenciálne toxických prvkov vo vzorkách výluhov, ako aj zmeny obsahu v priebehu biolúhovacieho procesu boli stanovené metódou absorpčnej atómovej spektrometrie (AAS) na prístroji AGILENT – spektrometer (AA – 200, USA). Analýzy obsahov toxických prvkov vo vzorkách pôd pred a po biolúhovaní boli uskutočnené na výtavkoch použitím energiodisperzného röntgen - fluorescenčného spektrometra (Spectro X-LAB 2000, Nemecko) v akreditovanom laboratóriu ŠGUDŠ v Sp. Novej Vsi.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

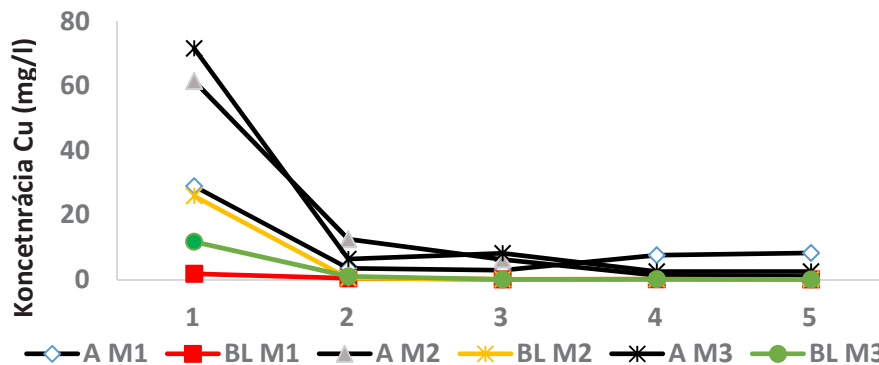
Chemická analýza vzoriek pôd preukázala oveľa vyššiu kontamináciu Ba > As > Hg > Sb > Cu pri vzorke R1, ktorá je často zaplavovaná riekou Hornád, než pri vzorkách R2 a R3, ktoré sú vzdialené od záplavovej oblasti (tab. 1). Minerálne častice kontaminovaných riečnych sedimentov výrazne kontaminujú pôdu R1 počas záplav. Z toho dôvodu bol biolúhovací test realizovaný na kontaminovanej vzorke R1. Na vzorke kontaminovanej pôdy R1 rástli zemiaky a cibuľa po hnojení, pričom analýzy týchto plodín potvrdili prítomnosť nadlimitnej koncentrácie len As (0,7 ppm). Ďalšie sledované nadlimitné prvky boli v plodinách v podlimitných koncentráciách Cu (0,7 – 1,5 ppm), Ba (0,5 – 0,7 ppm), Sb (<0,1 ppm), Hg (<0,01 ppm).

Prvky [mg/kg]	As	Hg	Sb	Cu	Zn	Ba	Ni	Pb	Cd
R1	364	31	61	692	541	3303	86	143	1
R2	56	<2	28	200	329	465	54	80	<1
R3	40	<2	17	104	187	478	49	46	<1
IT	70	10	40	600	2500	1000	250	300	20

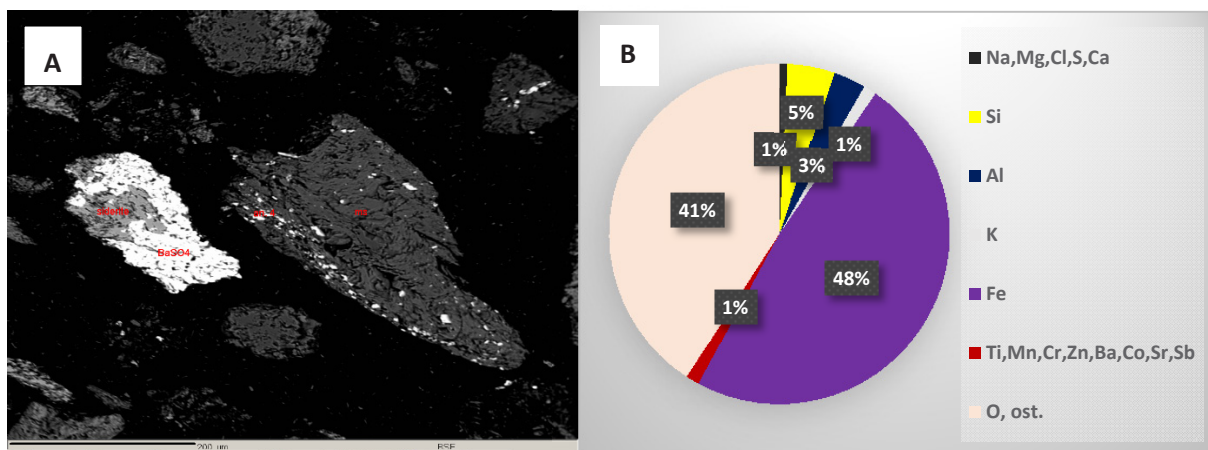
Tab. 1: Chemické zloženie pôd z lokality Richnava s prekročením intervenčného kritéria (IT) pri vzorke R1

Vzorka R1 bola chemicky a biologicko-chemický lúhovaná perkolačným médiami M1, M2, M3. V pravidelných časových intervaloch po pretečení 300 ml média bol výluh päťkrát odobraný pre chemickú analýzu koncentrácie Cu, As a Ba. V grafoch na obrázku 1, 3, 4 sú uvedené sledované koncentrácie nadlimitných prvkov. Z extrakcie Cu je evidentná inhibícia vylúhovania Cu do média počas biologického lúhovania. Z toho vyplýva, že ak je pôda kontaminovaná nadlimitnou koncentráciou Cu, tak tento prvok je možné odstrániť pred biologickým lúhovaním médiami M2 alebo M3, ktorý extrahuje mobilné Cu už počas prvej perkolačnej fázy média (obr. 1).

Iný prípad extrakcie nastal pri biologickom lúhovaní As, kde sa jasne prejavuje vplyv biologického činiteľa pri využití všetkých troch médií a prísunu biogénnych prvkov a živín v 2. a 4. výluhu. Môžeme predpokladať, že hnojenie pôdy stimuluje biologickú extrakciu As a jeho kumuláciu v plodinách (obr. 2), čo potvrdila aj analýza plodín so zvýšenou koncentráciou As.

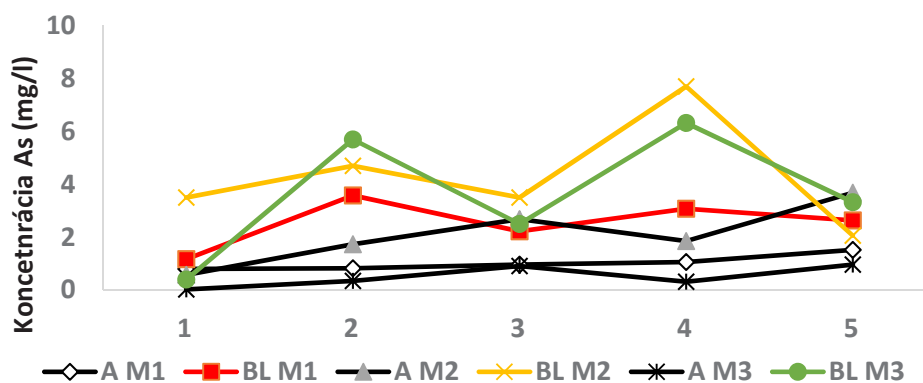


Obr. 1: Koncentrácia Cu vo výluhu po perkolácii média M1, M2, M3 v abiotickej (A) a biologickej vzorke (BL)

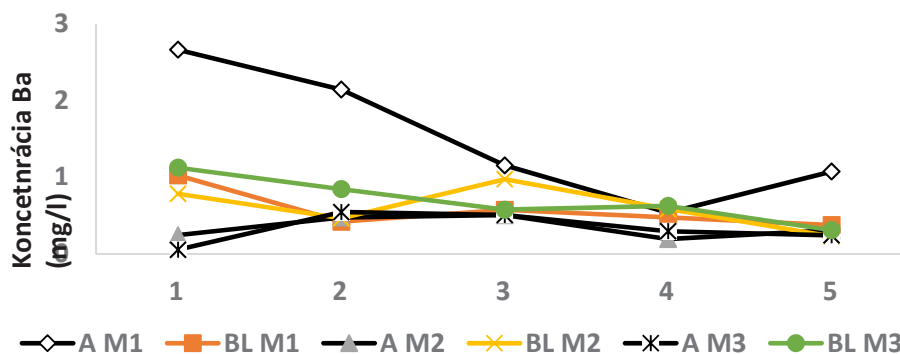


Obr. 2: Fotodokumentácia (A) a analýza minerálnych zŕn baritu, sideritu a slúď na mikrosone (B)

Nadlimitné bárium je viazané v časticach minerálnych fáz baritu (obr. 3), ktoré sú viac odolné a menej extrahovateľné pri heterotrófnom lúhovaní (obr. 4). Chemické lúhovanie médiom M1 umožňuje extrahovať mobilné Ba. V pôde sú taktiež prítomné sulfidické a silikátové minerály, ktoré viažu rôzne toxické prvky. Analýza na mikrosone potvrdila prítomnosť Fe, Cr, Zn, Co, Sr, Sb v slúďach (obr. 2A, B).



Obr. 3: Koncentrácia As vo výluhu po perkolácii média M1, M2, M3 v abiotickej (A) a biologickej vzorke (BL)



Obr. 4 Koncentrácia Ba vo výluhu po perkolácii média M1, M2, M3 v abiotickej (A) a biologickej vzorke (BL)

Analýza pevných fáz potvrdila zníženie obsahov toxických prvkov, pričom aj biologické a aj chemické lúhovanie je účinné pri odstraňovaní nadlimitných koncentrácií kovov v poradí Cu > As > Ba, avšak odstránenie As je možné stimulovať heterotrónym lúhovaním hlavne médiom M2. Porovnanie účinnosti odstránenia sledovaných prvkov je uvedené v tab. 2. Chemické lúhovanie je účinnejšie pri odstraňovaní Cu a Ba, ale biologické lúhovanie je účinnejšie pri odstraňovaní As zo vzorky R1. Pri biologickom lúhovaní je postačujúca koncentrácia chelátu 2 mM, pri chemickom lúhovaní je potrebná minimálna koncentrácia 10 mM chelátu.

Účinnosť (%)	BL	CHL	Rozdiel
Cu	61,41	68,35	- 6,9
As	42,86	37,08	+ 5,8
Ba	20,31	21,53	- 1,22

Tab. 2 Porovnanie percentuálnej účinnosti odstránenia vybraných toxických prvkov biologickým (BL) a chemickým (CHL) lúhovaním

## ZÁVER

V záplavových územiach často dochádza ku kontaminácii pôd riečnymi sedimentami. Z toxických prvkov sa kumuluje nadlimitný As v plodinách zemiakov a cibule. Tento toxický polokov bol účinnejšie odstraňovaný z pôdy biologickým lúhovaním. Chemické lúhovanie bolo účinnejšie v extrakcii Cu a Ba pri využívaní päťnásobne vyššej koncentrácie chelátu. Kombináciu chemického a biologického lúhovania je možné využiť pre odstránenie mobilných fáz toxických prvkov v závislosti od koncentrácie a mobility toxických prvkov v kontaminovaných pôdach, ktoré vstupujú do potravinového reťazca cez plodiny.

## POĎAKOVANIE

Táto práca bola finančne podporovaná geologickou úlohou GÚ - 02 18 „Vývoj technológií v procese sanácie znečisteného prostredia“ MŽP SR.

## LITERATÚRA

- [1] Karthika, N., Jananee, K., Murugaiyan, V., 2016: Remediation of contaminated soil using soil washing – a review. International Journal of engineering Research and Applications, 6, 13-18.
- [2] Gadd, G.M., 2000: Bioremedial potential of microbial mechanisms of metal mobilization and immobilization. Current Opinion in Biotechnology, 11(3), 271-279.

## VYUŽITÍ BIOLOGICKÝCH EXPOZIČNÍCH TESTŮ PRO HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK

**Mgr. Zdeněk Vilhelm, Mgr. Jiří Kamas, Ph.D., Mgr. Lucie Hertlová, Mgr. Michal Nožička, Mgr. Jiří Vaněk, Mgr. Karel Waska, Ph.D., Ing. Miroslav Minařík, Mgr. Boris Bodác, MUDr. Eva Rychlíková, Ph.D.<sup>1)</sup>**

EPS biotechnology, s.r.o., V Pastouškách 205, 686 04 Kunovice, Česká republika, eps@epsbiotechnology.cz

<sup>1)</sup> Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Moskevská 15, 400 01 Ústí nad Labem, Česká republika

### ÚVOD

Těžba a zpracování kovových rud je spjata s Kaňkem u Kutné hory již od raného středověku. Za toto období zde bylo v podobě odvalů dolů a úpravárenských hald deponováno několik set tisíc tun horniny s vysokým obsahem kovů a také arsenu. V měřítku katastru obce má znečištění plošný charakter. Extrémní obsahy arsenu v haldovině dosahují až jednotek procent. Pro lokalitu byla stanovena hodnota místního geochemického pozadí As v zeminách o velikosti 1000 mg/kg sušiny, což je ve srovnání s platnými legislativními limity pro zeminy hodnota o více než jeden řád vyšší. I po stránce výskytu kovů představuje Kaňk pozoruhodnou geochemickou anomálii v evropském měřítku.

V rámci hodnocení zdravotního rizika ekologických zátěží nebývá běžné, že lokalitou je vlastní intravilán obce (viz. obr. 1), a dokonce část obyvatel trvale žije přímo v ohniscích znečištění.

Prozkoumanost lokality je velmi dobrá. Podzemní prostory a historie těžby byla zevrubně zpracována nadšenými amatéry i profesionály montánní geologie. Obsahy jednotlivých kontaminantů ve složkách životního prostředí se zabývala řada odborníků. Podrobně bylo mapováno plošné rozšíření haldoviny, její složení, zvětvování a interakce minerálních fází, šíření kontaminantů do okolí apod. Zkoumáno bylo vstřebávání kovů a arsenu zemědělskými rostlinami, jejich působení na rostlinné společenstvo hald, případně na zdravotní stav lesní zvěře. Cílem prací společnosti EPS biotechnology, s.r.o. na přelomu let 2017 a 2018 bylo provést hodnocení rizika v rámci realizované analýzy rizika.

### ŘEŠENÝ PROBLÉM

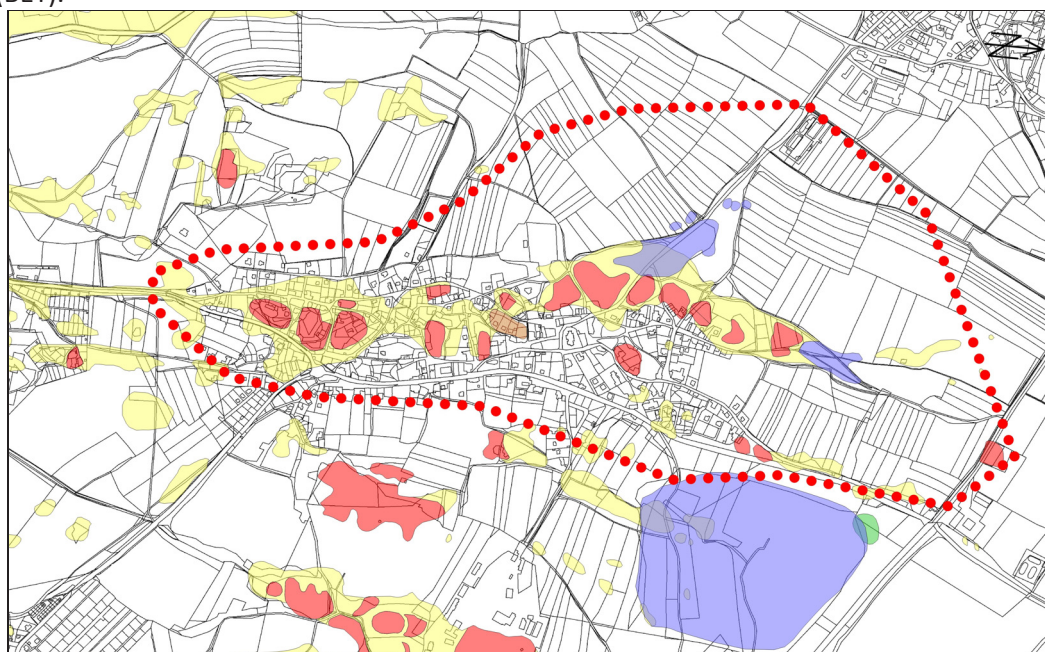
Tak jako na Slovensku je i v ČR jádrem hodnocení zdravotního rizika celosvětově etablovaná metodika US EPA, která byla včleněna do příslušného metodického pokynu MŽP ČR. Předností metodiky US EPA je její rozšířenost a tedy srovnatelnost výsledků takřka v rámci celého světa. Tato metodika je také značně robustní v tom smyslu, že vstupními parametry jsou koncentrace toxických látek v půdě, podzemní vodě či ovzduší a soubor předpokladů o chování příjemců rizika. Samotné vyčíslení zdravotního rizika pak představuje parametrický odhad. Tento odhad je z logiky věci tzv. konzervativní, to znamená, že nereprezentuje střední hodnotu souboru příjemců rizika, ale spíše něco jako nejhorší pravděpodobný scénář. Toto může představovat významné úskalí v případech, kdy výsledná kvantifikace rizika určí hodnotu kvocientu nebezpečnosti sice větší než 1, avšak menší než řekněme 10<sup>2</sup>. V rámci analýzy rizika (AR) je další postup zřejmý – stanoví se cílové limity a navrhnou se adekvátní nápravná opatření.

Nicméně v praxi často takový výsledek představuje značný problém při odůvodnění závažnosti identifikovaného rizika, zejména ve vztahu odůvodnění spjatých finančních nákladů. V případě lokalit, kde existuje větší skupina příjemců zdravotního rizika, pak nastává problém s přesvědčením obyvatel, místní samosprávy, politiků, případně orgánů státní správy o závažnosti situace.

Problematika interpretace nižších nadlimitních hodnot HQ je přímým důsledkem dvojice nejistot implicitně obsažených v postupech vyčíslení zdravotního rizika odvozených od metodiky US EPA. První nejistotu představuje vztah mezi obsahem toxické látky v těle a souvisejícími zdravotními

následky. Tato oblast je vědecky velmi živá a aktuální, nicméně z hlediska míry nadhodnocení při vyčíslení rizika poměrně jasná. Referenční dávka (Reference Dose-RfD), se kterou poměřujeme obsah toxické látky v organismu je „odražena“ několika faktory nejistoty (UF) o velikosti typicky 3-10 od obsahu, při kterém ještě nebyly pozorovány negativní účinky na zdraví (NOAEL). Někdy taková data chybí, v takovém případě vstupuje ještě UF pro odvození z LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level), případně s převodem zvířecího modelu na člověka apod. Nejistota v této oblasti je principiálně těžko odstranitelná, nicméně je obsažena v konstantách typu RfD přejímaných jednotlivými řešiteli a je tedy zaručena relativní srovnatelnost vyčíslení vztahu expozice – zdravotní riziko.

Druhá množina nejistot je spjatá právě s odvozením obsahu toxické látky v organismu - s tzv. expozicí. Expozice osob je z velké míry odrazem životního stylu, a ten je velmi individuální. Řečí čísel ovlivňuje expozici v rozpětí několika řádů při stejných podmínkách prostředí. Kromě toho, že parametrický odhad dle metodiky US EPA nereflektuje povahu statistického rozdělení expozice ve zkoumané populaci, je zvolená parametrizace do značné míry věcí volby daného řešitele. Právě tuto množinu nejistot jsme v rámci výše uvedené AR značně eliminovali použitím biologických expozičních testů (BET).



Obr. 1. Hranice zájmové lokality (červeně), důlní odvaly (lososová), rozvlečená haldovina (žlutá), úpravárenské haldy a odkaliště (fialová). Podklad ČÚZK 2018.

#### ZAPOJENÍ BET DO VYČÍSLNÍ EXPOZICE

Řešení bylo nalezeno ve spolupráci s odborníky ze Zdravotního ústavu se sídlem v Ústí nad Labem, s jejichž pomocí bylo provedeno přímé měření obsahu sledovaných toxických látek v organismu pomocí biologických expozičních testů (BET). Opakovaně bylo navštíveno všech 326 nalezených stavení v intravilánu a v rámci osobního oslovení bylo získáno 181 respondentů zdravotní studie. Z teoretického počtu 818 obyvatel Kaňku (2015) to představuje jednak statisticky významný výběr a jednak patrně maximum osob, který bylo možné získat ke spolupráci. Ta spočívala ve vyplnění podrobného anonymního asistovaného dotazníku o životním stylu a poskytnutí vzorku vlasů a moči. Zpracováním výsledků byla získána reálná statistická distribuce obsahu arsenu a kovů ve tkáních příjemců rizika. Z hlediska identifikace expozičních cest byla velice přínosná možnost korelace expozice s aspekty životního stylu respondentů.

Stručnou popisnou statistiku pro arsen ukazuje tab. 1. Hodnoty obsahu arsenu v moči respondentů jevily log-normální statistické rozdělení s rozpětím 2 řády. Medián statistického výběru 7  $\mu\text{g/g}$  kreatininu byl nižší než nejnižší referenční hodnoty publikované pro nezatíženou populaci (10  $\mu\text{g/g}$ ).



Celosvětově běžné referenční hodnotě 10 µg/g kreatininu odpovídal 75. percentil našeho souboru měření. Výsledky měření že expozice arsenem byla poměrně nízká oproti očekávání na podkladě vysokých obsahu As v zeminách na lokalitě. Přibližně ve 24 % případech byly nalezeny zvýšené individuální expozice As. U 3 % respondentů byly zjištěny hodnoty vysoké, zasluhující zvláštní pozornost.

Tab. 1: Základní statistika stanovení obsahu arsenu v moči respondentů zdravotní studie

Statistika	Arsen (mg/g kreatininu)
počet stanovení	168
aritmetický průměr	0,0107
směrodatná odchylka	0,0158
minimum	0,0012
percentil 25	0,0040
medián	0,0067
percentil 75	0,0103
percentil 95	0,0253
maximum	0,1243

Asociativní vyhodnocení dotazníků naznačilo, že mezi aspekty životního stylu zvyšující riziko expozice As na zkoumané lokalitě patří:

- kontakt se zeminou, případně konzumace výpěstků (alimentární expozice),
- existence zbytků po dolování na pozemku, kde je se zeminou nakládáno (viz body a, d),
- stavební profese,
- rekonstrukce obývané nemovitosti (expozice obyvatel při provádění oprav nemovitosti).

Je patrné, že v případě vyšších hodnot se jednalo o expozice tzv. aktivní, způsobené vědomým chováním jedinců, které lze poměrně dobře intervenovat.

Ze změřených obsahů As v biologických matricích byl pomocí biokinetického modelu pro arsen vyjádřen odpovídající obsah v tělech respondentů. Při znalosti věku, pohlaví a hmotnosti jednotlivých respondentů jsme získali statistické rozdělení průměrné denní dávky arsenu – CDI v pojmosloví metodiky AR. Přepočtení na hazard kvocient HQ byl proveden podílem průměrné denní dávky a RfD o velikosti 0,3 µg/kg/d (US EPA).

Výslednou statistiku HQ shrnuje tab. 2 **Chyba! Nenašel sa žiaden zdroj odkazov..**

Tab. 2: Hodnoty HQ pro prahové působení As

Skupina	děti 6-11	děti 11-16	ženy 16+	muži 16+
Statistika	HQ – prahové působení As			
počet	19	5	63	64
ar. prům.	1,29	2,71	1,10	1,74
sm. odch.	0,59	1,10	1,17	2,93
minimum	0,37	1,35	0,09	0,11
perc. 25	0,79	1,50	0,49	0,46
medián	<b>1,30</b>	<b>2,96</b>	<b>0,71</b>	<b>0,88</b>
perc. 75	1,67	3,86	1,17	1,54
perc. 95	2,28	3,88	3,90	8,14
maximum	2,49	3,88	5,72	18,05

Medián HQ dospělé populace se pohyboval v intervalu 0,71-0,88. Respondentů mladších 11 let bylo 19, což je mezní počet pro reprezentativní statistické hodnocení, nicméně při absenci odlehých

vysokých hodnot považujeme výslednou statistiku za reprezentativní. Střední hodnota 1,30 představovala 1,5 – 1,9-násobek střední hodnoty souborů dospělých. Vysvětlení zde může spočívat v přirozené vyšší expozici dětí:

- jiná úroveň dýchací zóny,
- vyšší příjem vzduchu, vody, potravy (na kg hmotnosti),
- větší povrch kůže (na kg hmotnosti),
- jiné chování (olizování předmětů, rukou),
- vyšší vstřebávání v zažívacím traktu,
- metabolické odlišnosti této skupiny (pomalejší vylučování As).

Dílem lze příčinu spatřovat ve skutečné vyšší individuální expozici, kterou dokládají jednotlivé případy spojené například se stavebními pracemi na nemovitosti. Výsledný HQ o velikosti 1,30 jsme na podkladě vysoké relevance hodnocení mohli považovat za hodnotu nepřijatelnou, jež naznačuje existenci rizika prahového působení As pro děti mladší 11 let. Střední hodnota HQ 2,96 pro adolescenty není statisticky významná a může představovat artefakt malého statistického souboru (n = 5).

Arsen je zařazen IARC do skupiny 1, tj. jako prokazatelně karcinogenní pro člověka. Proto bylo nutné zhodnotit též tzv. bezprahové (karcinogenní) působení arsenu. Stanovit bezpečnou mez z principu nelze. Volí se přijatelná míra incidence nádorových onemocnění. Kvantifikaci karcinogenity arsenu pro perorální příjem vyjádřila US EPA pomocí Oral Slope Factor (SF) o velikosti 1,5 per mg/kg/den. Rozbor výsledků uvádí tabulka 3. Riziko karcinogenního působení As jsme s ohledem na velikost populace příjemců rizika shledali neúnosným.

**Tab. 3: Hodnoty ILCR pro bezprahové působení As**

Skupina	děti 6-11	děti 11-16	ženy 16+	muži 16+
<b>Statistika</b>	ILCR – bezprahové působení As			
<b>počet</b>	19	5	63	64
<b>ar. prům.</b>	5,8E-04	1,2E-03	5,0E-04	7,8E-04
<b>sm. odch.</b>	2,7E-04	5,0E-04	5,3E-04	1,3E-03
<b>minimum</b>	1,7E-04	6,1E-04	4,1E-05	5,1E-05
<b>perc. 25</b>	3,6E-04	6,8E-04	2,2E-04	2,1E-04
<b>medián</b>	<b>5,8E-04</b>	<b>1,3E-03</b>	<b>3,2E-04</b>	<b>3,9E-04</b>
<b>perc. 75</b>	7,5E-04	1,7E-03	5,3E-04	6,9E-04
<b>perc. 95</b>	1,0E-03	1,7E-03	1,8E-03	3,7E-03
<b>maximum</b>	1,1E-03	1,7E-03	2,6E-03	8,1E-03

### IMPLIKACE PRO NÁVRH NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ

Zásadní poznatek plynoucí ze znalosti reálné distribuce zdravotního rizika prahového působení As ve sledované populaci bylo zjištění, že střední hodnota souboru je podlimitní, a riziková expozice se týká pouze zlomku obyvatel, u kterých bylo navíc na základě analýzy výsledků dotazníkového šetření možné identifikovat rizikové aspekty životního stylu. Z vyčíslení zdravotního rizika je patrné, dílčí snížení expozice povede patrně k eliminaci rizika. Tento výsledek byl s ohledem na geochemické parametry lokality nečekaný. Oponenti AR nijak nezpochybňovali vyčíslení zdravotního rizika. Díky setkávání s obyvateli v rámci odběrů BET vzrostla významně jejich důvěra v proces AR a výsledky práce.

Nápravná opatření byla navržena ve dvou rovinách – opatření plošná spočívající v systémových řešeních na straně státní správy či samosprávy a opatření apelující na individuální odpovědnost

jednotlivců. Při podrobné znalosti struktury zdravotního rizika byl sestaven soubor konkrétních praktických opatření spjatých s životním stylem obyvatel, jejichž dodržování významně sníží expozici As. K zajištění informovanosti obyvatel byla navržena několikaletá profesionální informační kampaň. K omezení expozice směřuje také navržené snížení prašnosti komunikací, úprava vegetačního krytu hald či soubor doporučení pro územní plánování, případně projektování a provádění staveb.

V případě komplikované lokality Kaňku s významným počtem příjemců zdravotního rizika se projevila efektivita nasazení BET při vyčíslení expozice osob a výhody zapojení takového postupu v rámci hodnocení zdravotního rizika. S ohledem na stále dostupnější chemickou analytiku a rostoucí toxikologické poznatky představují BET možnost kvalitativního posunu hodnocení zdravotního rizika podle standardní metodiky US EPA v rámci AR.

#### LITERATURA

- [1] Vilhelm, Z. et al., 2018: Analýza rizik znečištění pocházejícího z těžebních odpadů v lokalitě Kaňk, Závěrečná zpráva, Green Gas a.s.

Projekt byl realizován s finanční podporou SFŽP ČR.



EVROPSKÁ UNIE  
Fond soudržnosti  
Operační program Životní prostředí



STÁTNÍ FOND  
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
ČESKÉ REPUBLIKY



Ilustračné foto

## INTEGRÁCIA BIOREMEDIÁCIE A NANOREMEDIÁCIE NA DEKONTAMINÁCIU POLYCHLÓROVANÝCH BIFENYLOV (PCB)

**Katarína Dercová, Hana Horváthová**

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Ústav biotechnológie, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovenská republika, katarina.dercova@stuba.sk

PCB sú hydrofóbne, toxické látky s tendenciou perzistovať v pôde a sedimentoch a bioakumulovať sa v tukových tkanivách organizmov na všetkých trofických úrovniach. Tým vstupujú do potravného reťazca a spôsobujú vážne zdravotné ťažkosti aj ľudskej populácii. Ich odstránenie zo životného prostredia je nevyhnutné a platí pre všetkých signatárov Štokholmského dohovoru vrátane zákazu výroby a používania. Mnohé fyzikálno-chemické technológie vyvinuté na ich odstránenie sú však finančne náročné a environmentálne neprijateľné. Ako ekonomická a ekologická alternatíva sa javí bioremediácia [1,2], odstránenie PCB biokatalýzou bioaugmentovanými baktériami [3] s degradačnou schopnosťou. Takýto prídavok baktérií do kontaminovanej pôdy alebo sedimentu je však vhodný len pre degradáciu nižšie chlórovaných kongenéro PCB. Vyššie chlórované kongenéry nedokážu baktérie aeróbne rozkladať.

V našej práci bola študovaná účinná remediačná hybridná metóda, integrácia nanoremediácie a bioremediácie dvomi sekvenčnými prístupmi: „nano-bio“ a „bio-nano“ prístupom: prvý predstavuje prídavok nanočastíc nulmocného železa (nZVI, nanoscale zerovalent iron) a následne inokuláciu bakteriálneho kmeňa izolovaného zo sedimentov kontaminovaných PCB s degradačnou schopnosťou rozkladať PCB; druhý prístup zahŕňa opačný postup, najprv inokuláciu baktériami a následne prídavok nanočastíc železa. Hypotéza: nanočastice znižujú počet substituentov chlóru na molekule PCB procesom redukčnej dechlorácie, vyššie chlórované kongenéry sa prídavkom nanočastíc teda menia na nižšie chlórované, ktoré sú prístupnejšie baktériám na aeróbnou biodegradáciu. V druhom prístupe najprv baktérie degradujú nižšie chlórované kongenéry PCB a vyššie sú vystavené redukčnej dechlorácii následne pridanými nanočasticami. Experimenty boli realizované v kvapalnom definovanom minerálnom médiu umelo kontaminovanom PCB, ako aj v sedimente historicky kontaminovanom PCB, odobratom zo Strážskeho odpadového kanála, ktorý vyteká z areálu bývalého výrobcu PCB Chemko Strážske.

### SEKVENČNÁ APLIKÁCIA NANOČASTÍC A JEDNOTLIVÝCH GRAMNEGATÍVNYCH BAKTERIÁLNYCH KMEŇOV

Keďže použité prístupy majú rozdielne nároky na prísun kyslíka, každá fáza prebiehala v rozdielnych nádobách. 1. Sekvenčný prístup „nano-bio“ bol naštartovaný v reagenčných fľašiach (nanočastice vyžadujú minimálny prísun kyslíka, nakoľko ich deaktivuje, pasivuje) a až následne po redukčnej dechlorácii bolo médium s PCB a nanočasticami prenesené do kultivačných baniek s prísunom kyslíka potrebným pre biodegradáciu PCB a pridané bolo inokulum baktérií *Stenotrophomonas maltophilia* alebo *Ochrobactrum anthropi* za aeróbnych podmienok. 2. Sekvenčný prístup „bio-nano“ bol naštartovaný v 500 ml kultivačných bankách prídavkom PCB (100 mg/l) a bakteriálneho inokula *Stenotrophomonas maltophilia*, *Achromobacter xylosoxidans* a *Ochrobactrum anthropi* (1 g/l) pri 28°C. Po 14 dňoch sa obsah baniek premiestnil do uzatvárateľných reagenčných fliaš vhodnejších pre redukčnú dechloráciu PCB prídavkom nanočastíc nulmocného železa s limitovaným obsahom kyslíka. Po ďalších 14 dňoch bolo reziduálne množstvo PCB extrahované n-hexánom a analyzované plynovou chromatografiou s ECD detektorom. „Nano-bio“ postup, sekvenčná aplikácia nZVI a následne prídavok baktérií sa ukázal ako účinnejší z hľadiska degradácie PCB (tab. 1). Bakteriálne izoláty boli získané z kontaminovaného

sedimentu, identifikované pomocou molekulárno-biologických metód a rozsiahle študované [4,5,6,7,8,9,10,11].

**Tab. 1: Degradácia PCB sekvenčnými prístupmi prídavkom jednotlivých gramnegatívnych bakteriálnych kmeňov a nanočastíc.**

Prístup	Degradácia PCB (%)		
	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	<i>Ochrobactrum anthropi</i>	<i>Achromobacter xylosoxidans</i>
1 sekvenčný bio-nano	55	67	48
2 sekvenčný nano-bio	89	99	74

### SIMULTÁNNÁ APLIKÁCIA NANOČASTÍC A DVOJKONZORCIOM BAKTÉRIÍ

Okrem sekvenčného prístupu bol realizovaný aj simultánny, teda súčasný prídavok nanočastíc a biomasy. Išlo o simultánne prídavky nanočastíc Nanofer S25 a bakteriálnej biomasy dvojkonzorcií vytvorených prídavkom  $G^-$  a  $G^+$  bakteriálnych kmeňov [4] (*Achromobacter xylosoxidans* a *Rhodococcus ruber*) (tab. 2).

**Tab. 2 Degradácia PCB bakteriálnym dvojkonzorciom *Achromobacter xylosoxidans* a *Rhodococcus ruber*.**

Prístup	Degradácia PCB (%)
1 sekvenčný bio-nano	46
2 sekvenčný nano-bio	78
3 simultánny bio-nano	65
4 simultánny nano-bio	44

V minerálnom médiu umelo kontaminovanom PCB bez prídavku nanočastíc degradovalo toto samotné dvojkonzorcium 61 % stanovených kongenéroov PCB. Sekvenčný nano-bio prístup č. 2 toto percento výrazne navýšil (78 %).

### BIODEGRADÁCIA PCB GRAMPOZITÍVNÝMI BAKTERIÁLNYMI KMEŇMI

Na biodegradáciu PCB sme použili najprv gramnegatívne bakteriálne kmene (tab. 1), ktoré sú zvyčajne odolnejšie a rezistentnejšie na hydrofóbne látky ako grampozitívne v dôsledku rozdielnej stavby bunkovej steny [11]. Testovali sme však aj dva grampozitívne kmene *Rhodococcus ruber* a *Rhodococcus erythropolis*. Percento degradácie nanobioremediáciou dosiahlo u oboch baktérií cca 60 %, čo je výrazne viac ako len samotnými bakteriálnymi kmeňmi (31 %, resp. 17 %) alebo len nanočasticami (44 %) (tab. 3).

**Tab. 3: Sekvenčná nanobioremediácia PCB nanočasticami železa nZVI Nanofer S25 a grampozitívnym bakteriálnym kmeňom rodu *Rhodococcus***

Kmeň	Degradácia PCB (%)	
	individuálny kmeň	sekvenčná nano-bio-remediácia (nZVI + baktéria)
<i>R. erythropolis</i>	31	64
<i>R. ruber</i>	17	60

\*Degradácia PCB samotnými nanočasticami železa nZVI predstavovala 44 %.

### REINOKULÁCIA BAKTÉRIÍ A NANOČASTÍC V DEFINOVANOM MINERÁLNO MÉDIU UMELO KONTAMINOVANOM PCB: OSOBITNÉ AJ SEKVENČNÉ PRÍDAVKY

Súčasťou experimentov bol okrem jednorázového prídavku nanočastíc aj 28-dňový experiment s postupným prídavkom nZVI, ktorý mal za úlohu posúdiť efektivitu jednorázového a opakovaného prídavku nZVI na dechloráciu PCB (100 mg/l). Jednorázovým prídavkom nZVI v koncentrácii 2 g/l sa odstránilo 58 % sumy 7 sledovaných kongenéroov PCB. Pri opakovanom prídavku nZVI sa experiment

inicioval prídavkom 0.5 g/l nZVI a každý týždeň sa pridali nanočastice nZVI v koncentrácii 0.5 g/l (spolu 4×), teda množstvo nZVI bolo rovnaké ako pri jednorazovom prídavku (2 g/l). Takýmto spôsobom sa eliminovalo 80 % sumy sledovaných kongenérov PCB, čiže experiment s opakovaným prídavkom nanočastíc bol za rovnaký čas o 20 % efektívnejší. Minerálne médium je definovaný systém, kde nedochádza k sorpcii a iným javom, ktoré dechloráciu nanočasticami limitujú. Reinokulácia baktériami bola tiež úspešnejšia ako jednorazový prídavok, rovnako úspešná bola aj sekvenčná reinokulovaná nano-bio-remediácia.

#### **DEGRADÁCIA PCB KONZORCIOM BAKTÉRIÍ V SEDIMENTE HISTORICKY KONTAMINOVANOM PCB**

Prístup nano-bio bol následne overený v reálnom historicky kontaminovanom sedimente s prídavkom nanočastíc železa a laboratórne vytvoreného bakteriálneho „superkonzorcium“ pozostávajúceho zo 7 bakteriálnych izolátov (7K). Konzorcium baktérií lepšie simuluje prirodzenú mikrobiotu na kontaminovanom mieste ako jednotlivé bakteriálne kmene. Diverzita kmeňov v konzorcium môže byť kľúčová pri degradácii medziproduktov rozkladu PCB, ktoré sú často toxické, nakoľko sú hydrofilnejšie ako pôvodné PCB. Degradčné produkty jedného kmeňa môžu totiž slúžiť ako zdroj uhlíka pre iný kmeň a takto sa môže dosiahnuť vyššie percento konečného rozkladu daného kontaminantu. Integrovanú remediáciu považujeme za účinnú a úspešnú vtedy, ak sa jej aplikáciou dosiahne vyššie percento degradácie PCB ako pri osobitnej aplikácii biologického (baktérie) a fyzikálno-chemického (nanočastice) prístupu.

V definovanom minerálnom vodnom médiu umelo kontaminovanom PCB degradovalo 7-konzorcium počas 30 dní 57 % a nanočastice 70 % PCB. Integrovanou sekvenčnou nanobioremediáciou sa dosiahla 78 %-ná degradácia PCB. Koncentrácia biomasy sa počas degradácie nezmenila, čo je dôkazom stability konzorcium v porovnaní s degradáciou jednotlivými kmeňmi, u ktorých koncentrácia biomasy pomerne rýchlo klesala. V riečnom historicky kontaminovanom sedimente degradovalo 7-konzorcium za 30 dní 59 % PCB, pričom na degradácii sa okrem pridanej biomasy podieľala pravdepodobne aj autochtónna mikrobiota prítomná v sedimente. Nanoremediáciou, teda prídavkom disperzie nanočastíc nulmocného železa Nanofer 25S sa degradovalo len 45 % PCB, zrejme dôsledkom známej limitácie - obmedzenej pohyblivosti nanočastíc v sedimente. Integrovanou nanobioremediáciou sa odstránilo 65 % PCB [12].

#### **TOXICITA NANOČASTÍC VOČI BAKTÉRIÁM A ADAPTÁCIA BAKTÉRIÍ NA PRÍTOMNOSŤ NANOČASTÍC**

V rámci experimentov bola pozornosť zameraná aj na toxicitu nanočastíc voči použitým baktériám. Ich inhibičný vplyv na bunku je pri jednotlivých bakteriálnych kmeňoch rozdielny. Najmenej citlivý kmeň na expozíciu disperziou nanočastíc sa z našich izolátov javia baktérie *A. xylosoxidans*. Naša úvaha však spočívala v nasledovnom: pri sekvenčnom prístupe sa počíta s tým, že nanočastice vykonajú redukčnú dechloráciu a po prísune kyslíka sa pasivujú a tým sú neškodné pre následne pridané baktérie. V opačnom prístupe sú nanočastice pridané až po biodegradácii PCB baktériami, čiže opäť ich vplyv na baktérie už neovplyvní ich metabolickú aktivitu. Takže pri nami použitej koncentrácii 2 g/l nanočastíc s výraznou inhibíciou procesu nanočasticami na bakteriálnu bunku neuvažujeme. Navyše, niektoré baktérie sú schopné sa na prítomnosť nanočastíc aj adaptovať. Z prác iných autorov je známe, že sa môže vytvoriť tzv. rezistentnejší fenotyp [13] odolnejší voči prítomnosti nanočastíc. My sme za týmto účelom exponovali nanočasticami baktérie *R. ruber*. Vopred exponované baktérie lepšie degradovali nižšie chlórované kongenéry PCB, neexponované lepšie degradovali vyššie chlórované kongenéry PCB. Celkové percento degradácie PCB je však vyššie takmer o 10% u kmeňa vopred exponovaného nanočasticami nulmocného železa (tab. 4).

**Tab. 4: Nanobioremediácia PCB neexponovanými vs. exponovanými baktériami *Rhodococcus ruber*.**

Kongenér PCB	Degradácia PCB (%)	
	Baktérie neexponované nanočasticami	Baktérie exponované nanočasticami
PCB 8	53	83
PCB 28	68	71
PCB 52	40	58
PCB 101	28	42
PCB 118	66	52
PCB 153	60	28
PCB 138	65	21
Suma	64	72

### DEGRADAČNÉ PRODUKTY

Pôsobením nanočastíc, ktoré dechlorujú vyššie chlórované kongenéry PCB, sme prírastok nižšie chlórovaných kongenérov pomocou GC ECD nezaznamenali, takže dechlorácia bola úplná, išla zrejme až na bifenyly, nechlórovaný štruktúrny analóg PCB. Baktérie degradujú aeróbne nižšie chlórované kongenéry bifenylovou dráhou, pričom koncovým produktom sú príslušné chlórbenzoové kyseliny a kyselina pentadiénová, ktoré sme potvrdili v predchádzajúcej práci [14].

### DEGRADÁCIA PCB BIONANOČASTICAMI

Experimenty boli okrem syntetických nanočastíc realizované aj s bionanočasticami pripravenými zelenou syntézou z rastlinných extraktov (listov magnólie, brečtanu, zeleného čaju a banánových šupiek) v našom laboratóriu. Jedná sa o ekologickejší prístup [15], aj keď je zatiaľ účinnosť degradácie PCB bionanočasticami (19% – 40%) v priemere výrazne nižšia ako s použitím syntetických nanočastíc (60 – 80%). Nanočastice pripravené z extraktu z banánových šupiek degradovali lepšie vyššie chlórované kongenéry PCB, z extraktu zeleného čaju nižšie chlórované kongenéry PCB. Za účelom zvýšenia degradácie PCB bude potrebné otestovať ďalšie rastliny s obsahom polyfenolov, reakciou ktorých s roztokom  $\text{FeSO}_4$  vznikajú bionanočastice nulmocného železa.

### ZÁVER

Použitá inovatívna metóda nano-bio-remediácia uskutočnená v mikrokozme sa javí ako efektívna na degradáciu PCB a je potenciálne aplikovateľná v praxi. Avšak je potrebné si uvedomiť, že v reálnych podmienkach bude vplývať na dechloráciu nanočasticami železa ako aj na aeróbnou biodegradáciu PCB viaceré environmentálne faktory, ktoré v laboratóriu nebolo možné simulovať a preto je potrebné realizovať scale-up, overiť získané výsledky v makrokozme, priamo na mieste kontaminácie (pôda, riečny sediment a pod.) v malom meradle a až následne použiť v praxi.

### POĎAKOVANIE

Výskum bol finančne podporený projektami VEGA (1/0295/15) a APVV (0656-12) MŠVVaŠ SR. Nanočastice Nanofer S25 boli dodané od firmy NANOIRON, s.r.o., ČR.

### POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] Gaur, N., Narasimhulu, K., Pydisetty, Y., 2018: Recent advances in the bio-remediation of persistent organic pollutants and its effect on environment. *J Clean Prod* 198: 1602-1631.
- [2] Jing, R., Fusi, S., Kjellerup, V., 2018: Remediation of polychlorinated biphenyls (PCBs) in contaminated soils and sediment: State of knowledge and perspectives. *Front Env Sci Eng* 6: article 79.


 SLOVENSKO-ČESKÁ KONFERENCIA  
**ZNEČISTENÉ ÚZEMIA 2019**

PIEŠŤANY 19. – 21. 06. 2019

**PROGRAM**

30. 04. 2019

**POSTEROVÁ SEKCIA**

1	<b>Elena Bradiaková</b>	NÁRODNÝ PROJEKT INFOAKTIVITY A AKADEMICKÁ VEREJNOSŤ
2	<b>Martina Laubertová</b> Kristina Gregová Jarmila Trpčevská	KOVONOSNÝ POTENCIÁL ENVIRONMENTÁLNEJ ZÁŤAŽE PRI OBCI SLOVINKY
3	<b>Jarmila Trpčevská</b> Martina Laubertová Katarína Blašková	ENVIRONMENTÁLNE ASPEKTY ŽIAROVÉHO ZINKOVANIA
4	<b>Hana Kroová</b> Martina Jiroutová Lenka Zárubová	OPERAČNÍ PROGRAM ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ PRO OBDOBÍ 2014 – 2020
5	<b>Jan Bartoň</b>	HODNOCENÍ RIZIK MOTOLSKÉ SKLÁDKY V PRAZE
6	<b>Petr Lacina</b> Tomáš Weidlich Michal Hegedüs Miroslav Plotěný Jaroslav Lev	VYUŽITÍ REDUKTIVNÍ TECHNOLOGIE NA BÁZI HYDROGENAČNÍCH KOVOVÝCH KATALYZÁTORŮ PRO RYCHLOU A EFEKTIVNÍ DEGRADACI HALOGENOVANÝCH ORGANICKÝCH LÁTEK V KONTAMINOVANÝCH VODÁCH
7	<b>Ondrej Brachtýr</b> Peter Šottník Ľubomír Jurkovič Jaroslav Vozár	VYUŽITIE OXYHYDROXIDOV Fe PRI ÚPRAVE KONTAMINOVANÝCH BANSKÝCH VÔD Z VYBRANÝCH LOKALÍT SLOVENSKA
8	<b>Monika Heřmánková</b> Karel Waska Petr Beneš Vlastimil Píštěk Miroslav Minařík	ZLEPŠENÍ PÉČE O PŮDU POMOCÍ BIOAKTIVÁTORU ZALOŽENÉHO NA PŘEPRACOVÁNÍ HNOJE Z DRŮBEŽÁREN – PROJEKT EU LIFE POREM
9	<b>Karel Waska</b> Monika Heřmánková Vít Paulíček Vojtěch Vašíček Miroslav Minařík	VYUŽITÍ VYTĚŽENÝCH SEDIMENTŮ K PRODUKCI INOVATIVNÍCH SUBSTRÁTŮ A TECHNOSOLŮ PRO ROSTLINNÉ ŠKOLKY A REKULTIVACE – PROJEKT EU LIFE AGRISED
10	<b>Hana Horváthová</b> Katarína Dercová	NANOBIOREMEDIÁCIA POLYCHLÓROVANÝCH BIFENYLOV (PCB): BIOREMEDIÁČNÝ POTENCIÁL BAKTERIÁLNEJ ZMESNEJ KULTÚRY
11	<b>Jana Frankovská</b> Michal Rejduga	NOVÉ TECHNOLOGIE NA ZHOTOVENIE TESNIACICH PODZEMNÝCH STIEN
12	<b>Vít Baldík</b> <b>Martin Dostalík</b>	ZHODNOCENÍ NEGATIVNÍHO VLIVU STRUSKOVÉ DEPOZICE NA JESKYNNÍ SYSTÉM RUDICKÉ PROPADÁNÍ – BYČÍ SKÁLA

Konferencia 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.





## POSTEROVÁ SEKCIA

13	<b>Bronislava Lalinská-Voleková</b> Ivona Kautmanová Darina Arendt Dana Szabóová Eliška Gbúrová Štubňová	Fe OXYHYDROXIDY: MINERALÓGIA, MIKROBIOLÓGIA A ICH ÚLOHA V PROCESSE MIGRÁCIE POTENCIÁLNE TOXICKÝCH PRVKOV
14	<b>Katarína Paluchová</b>	INICIATÍVY EURÓPSKYCH SPOLOČENSTIEV V OBLASTI KONTAMINOVANÝCH LOKALÍT
15	<b>Elena Bradiaková</b> Zuzana Ďuriančíková Jaromír Helma Katriína Paluchová	PROJEKTY SAŽP V OBLASTI ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ (OP ŽP, 2007 – 2013)
16	<b>Michaela Borošová</b> Andrej Machlica Vladimír Kečlák Martin Kolesár	VYUŽITIE POKROČILÝCH OXIDAČNÝCH PROCESOV PRI PILOTNOM TESTOVANÍ TECHNOLÓGIE NA ČISTENIE HETEROGÉNNEJ ZMESI KONTAMINANTOV V PODZEMNÝCH VODÁCH
17	<b>Tomáš Faragó</b> Tatsiana Kulikova Ľubomír Jurkovič Martina Vítková	EFEKTIVITA VYBRANÝCH STABILIZAČNÝCH ČINIDIEL PRI CHEMICKEJ FIXÁCII ARZÉNU V TECHNOZEMI
18	<b>Jaroslav Řeřicha</b> Zdeněk Suchánek Jan Krhovský	STATISTICKÉ VÝSLEDKY IDENTIFIKACE INDICIÍ KONTAMINOVANÝCH MÍST POMOCÍ METOD DPZ NA ÚZEMÍ ČR
19	<b>Ľubica Kovaničová</b> Iveta Štyriaková Katarína Čechovská Jaroslav Šuba Ivana Semjanová	UCELENÁ TECHNOLÓGIA BIOREMEDIÁCIE ZÍSKAVANÍM ÚŽITKOVÝCH ZLOŽIEK

Konferencia 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.

## NÁRODNÝ PROJEKT 3 INFOAKTIVITY A AKADEMICKÁ VEREJNOSŤ

Ing. arch. Elena Bradiaková

Slovenská agentúra životného prostredia, Odbor environmentálnych služieb,  
Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica, Slovenská republika, elena.bradiakova@sazp.sk

### ABSTRAKT

Národný projekt 3 *Zlepšovanie informovanosti a poskytovanie poradenstva v oblasti zlepšovania kvality životného prostredia na Slovensku* zastrešuje množstvo rôznorodých informačných aktivít (IA) na širokú škálu environmentálnych tém, ktoré sú určené rôznym cieľovým skupinám. Aktivity sa tematicky delia do 6 hlavných aktivít. Problematike znečistených území sa venuje hlavná aktivita projektu č. 5 (HAP 5) pod názvom *Informačné aktivity v oblasti environmentálnych záťaží*. Cieľovou skupinou výraznej časti HAP 5 sú pedagógovia, doktorandi a študenti slovenských vysokých škôl so študijným programom súvisiacim s problematikou znečistených území resp. environmentálnych záťaží. Informačné aktivity určené tejto cieľovej skupine predstavujú predovšetkým exkurzie, workshopy a publikácie. Program týchto IA sa zabezpečuje pod odbornou gesciou a s výrazným organizačným príspevkom pedagógov a doktorandov zainteresovaných vysokých škôl (VŠ).

### NÁRODNÝ PROJEKT 3 INFOAKTIVITY – ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE

Názov projektu: **Zlepšovanie informovanosti a poskytovanie poradenstva v oblasti zlepšovania kvality životného prostredia na Slovensku**

Akronym projektu: INFOAKTIVITY

Realizátor projektu: Slovenská agentúra životného prostredia (SAŽP)

Trvanie projektu: 10/2018 – 12/2022

Výstupy projektu INFOAKTIVITY [1] sú naplánované v nasledovnom rozsahu:

- Plánovaný počet osôb zapojených do informačných aktivít 5 955 513,
- Plánovaný počet zrealizovaných informačných aktivít 1 035.

Národný projekt 3 sa podieľa na zlepšovaní ochrany životného prostredia prostredníctvom osvetu a zvyšovania informovanosti verejnosti a dotknutých subjektov v oblasti jednotlivých zložiek životného prostredia prostredníctvom realizácie rôznych typov informačných aktivít, osvetových programov a poradenstva, čo má zlepšiť prístup k informáciám a zvýšiť environmentálne povedomie verejnosti, a tým aj podporiť jej účasť na rozhodovacích a riadiacich procesoch v oblasti životného prostredia. Zároveň sa predpokladá lepšia komunikácia pri objasňovaní problémov, požiadaviek a zosúladovaní záujmov jednotlivých zainteresovaných skupín a strán v rámci týchto procesov.

Národný projekt významnou mierou prispieje k naplneniu cieľov Operačného programu Kvalita životného prostredia (OP KŽP, 2014 – 2020) [2] v oblasti informovanosti a poradenstva. Aktivity projektu prierezového charakteru sa orientujú na zlepšenie informovanosti o kvalite životného prostredia, na udržateľné využívanie prírodných zdrojov prostredníctvom rozvoja environmentálnej infraštruktúry a na adaptáciu na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy s dôrazom na ochranu pred povodňami.

Národný projekt INFOAKTIVITY sa člení do 6 hlavných aktivít (HAP), a to:

- HAP 1 – Informačné aktivity v oblasti odpadov,
- HAP 2 – Informačné aktivity v oblasti vôd a vodného hospodárstva,
- HAP 3 – Informačné aktivity v oblasti ochrany prírody a krajiny,
- HAP 4 – Informačné aktivity v oblasti ochrany ovzdušia a IPKZ (IPPC),
- HAP 5 – Informačné aktivity v oblasti environmentálnych záťaží,
- HAP 6 – Informačné aktivity v oblasti zmeny klímy.

### HAP 5 – INFORMAČNÉ AKTIVITY V OBLASTI ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ

Ide o aktivity zamerané na zlepšenie informovanosti o problematike environmentálnych záťaží (EZ), ktoré budú priamo nadväzovať na aktivity prieskumu, sanácie a monitorovania EZ v mestskom prostredí, ako aj v opustených priemyselných lokalitách vrátane oblastí, ktoré prechádzajú zmenou. Cieľom informačných aktivít je zvýšenie povedomia rozličných skupín širokej verejnosti o problematike EZ počas ich životného cyklu. Informačné aktivity sa realizujú rôznymi formami a ich program je čo do obsahu šitý na mieru jednotlivým cieľovým skupinám. Nosnými typmi informačných aktivít, ktoré sa zameriavajú na problematiku EZ, resp. znečistených území, sú:

- konzultácie a priame poradenstvo v rámci národnej environmentálnej služby,
- konferencie, semináre, webináre, terénne kurzy či exkurzie a workshopy,
- školské programy (ENVIRÓZA, [www.enviroza.sk](http://www.enviroza.sk)) vrátane metodických dní, exkurzií a festivalu ŠÍŠKA pre pedagógov a pracovníkov environmentálnej výchovy,
- periodické a neperiodické odborné a náučné publikácie a tlačoviny,
- webové aplikácie (mobilná aplikácia školského programu, terminologický slovník, ...),
- aktívna účasť na konferenciách, seminároch či iných podujatiach organizovaných inými subjektmi.

Informačné aktivity projektu v rámci HAP 5 sa výraznou mierou orientujú na školopovinnú mládež a na akademickú verejnosť – študentov, doktorandov a pedagógov VŠ. Výrazné zastúpenie tu majú najmä terénne informačné aktivity – exkurzie a workshopy.

5-dňová exkurzia študentov, doktorandov a pedagógov spojená s prednáškami je ojedinelý typ informačnej aktivity určený pre vybranú cieľovú skupinu – študentov magisterského a doktorandského štúdia v študijných programoch environmentalistika, geológia, ale aj geografia a v environmentálnych študijných programoch chémia, biológia, a pod. Pedagógovia či predstavitelia odbornej geologickej verejnosti sa uplatňujú najmä v úlohe lektorov a školiteľov. Exkurzie sa zameriavajú na práce v teréne, monitorovanie vlastností vôd, pôd a odber ich vzoriek na analytické spracovanie. Súčasťou exkurzií sú návštevy vybraných lokalít, na ktorých prebieha prieskum, sanácia alebo monitorovanie EZ, prípadne aj laboratórií, bankských prevádzok, kameňolomov a pod.

Cieľom aktivity je širšie zapojenie akademickej verejnosti do riešenia problematiky EZ. Počas trvania projektu INFOAKTIVITY každoročne rátame s realizáciou minimálne 3 exkurzií pre viac ako stovku účastníkov v rôznych regiónoch Slovenska. Základné informácie o pripravovaných aktivitách sa zverejňujú na stránke projektu v časti kalendár udalostí HAP 5:

<http://www.sazp.sk/projekty-eu/infoaktivity/kalendar-udalosti-hap5-environmentalne-zataze/>.

SAŽP sa podarilo v spolupráci so slovenskými VŠ zrealizovať niekoľko pozoruhodných aktivít, ktoré si získali u tejto cieľovej skupiny náležitú pozornosť a zaslúžený ohlas.

Ako príklad uvádzame exkurzie, ktoré sa konali v r. 2018 a 2019, a pripájame zopár obrázkov z terénu:

#### **EXKURZIA ŠTUDENTOV FZKI SPU V NITRE I**

Spoluorganizátor: Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre

Termín konania: 9. – 13. apríl 2018

Miesto konania: Banská Bystrica a okolie



**EXKURZIA ŠTUDENTOV PRIF UK BRATISLAVA I**

Spoluorganizátor: Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave

Termín konania: 28. máj – 1. jún 2018

Miesto konania: Spišská Nová Ves a okolie (región Spiš)

**EXKURZIA ŠTUDENTOV PRIF UK BRATISLAVA II**

Spoluorganizátor: Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave

Termín konania: 25. – 28. september 2018

Miesto konania: Humenné a okolie (regióny Zemplín a Šariš)



**EXKURZIA ŠTUDENTOV FZKI SPU V NITRE II**

Spoluorganizátor: Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre, Stavebná fakulta Technická univerzita

Termín konania: 8. – 12. apríl 2019

Miesto konania: Banská Bystrica a okolie



Táto aktivita sa momentálne pripravuje:

**EXKURZIA ŠTUDENTOV PRIF UK BRATISLAVA III**

Spoluorganizátor: Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave

Termín konania: 3. – 7. jún 2019

Miesto konania: Jelšava a okolie

Pri príprave projektu sa dôsledne uplatňoval a pri jeho implementácii sa naďalej rešpektuje princíp odbornej gescie, spolupráce a vzájomnej koordinácie informačných aktivít medzi envirorezortnými a ostatnými zainteresovanými orgánmi a organizáciami. V tejto súvislosti ide najmä o mimovládne organizácie, ktorých odborníci sú kľúčovými partnermi a odbornými garantmi viacerých aktivít národného projektu 3 INFOAKTIVITY, a o orgány štátnej správy a miestnej či regionálnej samosprávy a samozrejme, v súvislosti s aktivitami pre akademickú obec, pedagógovia našich vybraných univerzít.

**LITERATÚRA**

[1] <http://www.sazp.sk/projekty-eu/infoaktivity/>

[2] <http://www.op-kzp.sk/>



*Aktivity sa realizujú v rámci národného projektu Zlepšovanie informovanosti a poskytovanie poradenstva v oblasti zlepšovania kvality životného prostredia na Slovensku. Projekt je spolufinancovaný z Kohézneho fondu Európskej únie prostredníctvom Operačného programu Kvalita životného prostredia (2014 – 2020).*

## KOVONOSNÝ POTENCIÁL ENVIRONMENTÁLNEJ ZÁŤAŽE PRI OBCI SLOVINKY

Ing. Martina Laubertová, PhD., Ing. Kristina Gregová, doc. Ing. Jarmila Trpčevská, CSc.

Technická univerzita v Košiciach, Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie, Ústav recyklačných technológií, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská republika, martina.laubertova@tuke.sk

### KLÚČOVÉ SLOVÁ

Environmentálna záťaž, Slovinky, odpad, charakteristika

### ABSTRAKT

Práca je zameraná na možné využitie kovonosného potenciálu environmentálnej záťaže odkaliska pri obci Slovinky s názvom Kaligrund. V odkalisku sa nachádza približne 6 miliónov m<sup>3</sup> flotačných kalov. Vzhľadom na množstvo kalu, ktoré sa na odkalisku nachádza, možno túto lokalitu považovať nie len za environmentálnu záťaž pre región dolný Spiš, ale predovšetkým za potenciálny zdroj technicky využiteľných kovov. Cieľom práce je analyzovať a zhodnotiť environmentálnu záťaž odkaliska (ako je charakteristika flotačných kalov z chemického, fázového a granulometrického hľadiska) pri Slovinkách, teoreticky preštudovať spôsob získavania vybraných kovov z odpadov a navrhnúť možný spôsob získavania kovov z reprezentatívnej vzorky odkaliska Kaligrund.

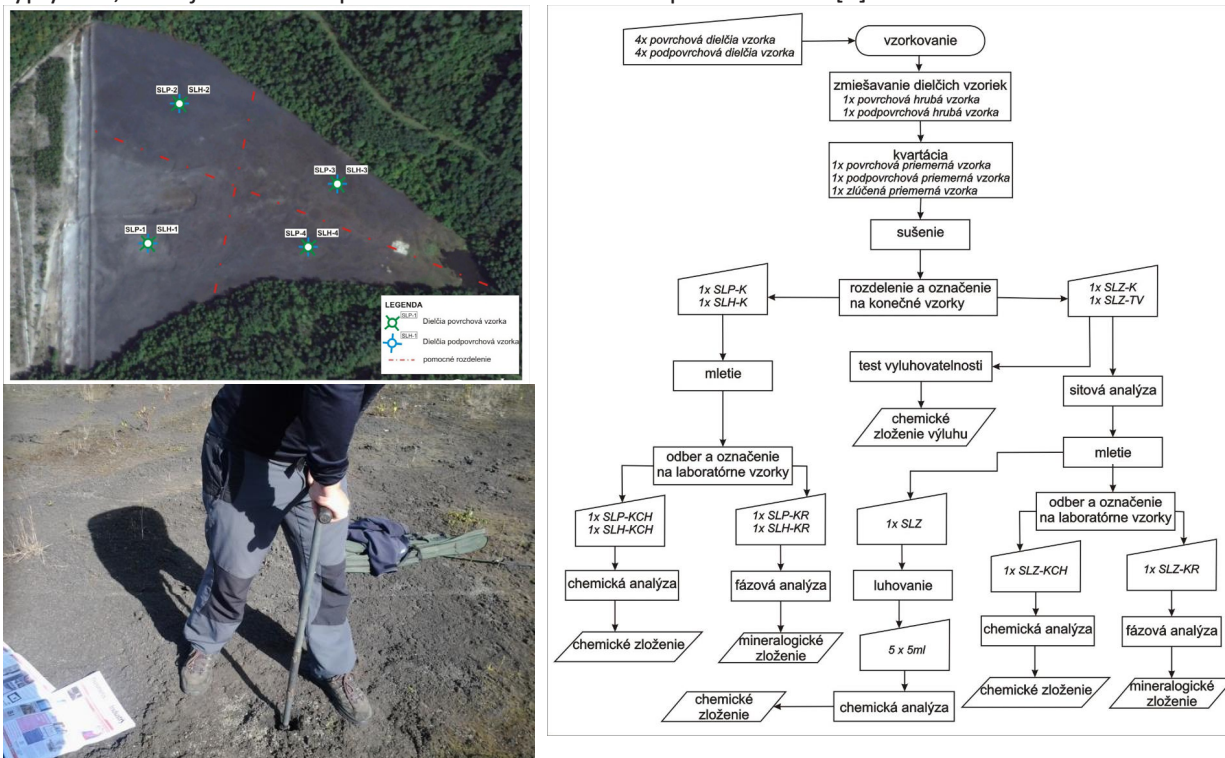
Súčasný nárast inováčných technológií a výrobkov, ktoré si vyžadujú nové špecifické materiály, je závislý na surovinách, ktorými Slovensko ako súčasť Európskej únie nedisponuje vôbec, alebo iba minimálnym množstvom nebilančných zásob. Z doterajšej analýzy vyplynulo, že jednotlivé skúmané environmentálne záťaže v sebe ukrývajú zaujímavý potenciál, hlavne z hľadiska obsahu kovov [1]. Odkalisko nazývané Kaligrund vzniklo v roku 1968 a bolo v prevádzke do roku 1999. Podľa informačného systému environmentálnych záťaží je odkalisko zaradené do „registra A“ obsahujúceho evidenciu pravdepodobných environmentálnych záťaží (viď Tab.1) [2].

**Tab. 1 Údaje z Informačného systému Environmentálnych záťaží**

Názov EZ	Register	Identifikátor	Obec	Okres	Kraj
SN (007) / Slovinky - ťažba a úprava rúd	A	SK/EZ/SN/900	Slovinky	Spišská Nová Ves	Košický

Lokalita sa nachádza v extraviláne obce Slovinky, pričom objem odkaliska je cca 6 mil. m<sup>3</sup> flotačných kalov z úpravy medených rúd, hlavne chalkopyritu. Hrádza je nezrekultivovaná a čiastočne zabezpečená, ale bez dlhodobej údržby. Okolie odkaliska je čiastočne zalesnené s náletovými drevinami, pričom na pláži odkaliska sa v zadnej časti vytvoril prírodný ekosystém s vodnou nádržou a vegetáciou. Spod odkaliska vyteká priesaková voda, ktorá je odvádzaná odvodovými rúrami do miestneho potoka. Plánovaný maximálny objem odkaliska je 6 468 000 m<sup>3</sup>. V danej oblasti dochádzalo aj k akumulácií v dnešnej dobe využiteľného množstva kovov v odpadoch. Preto je potrebné túto starú environmentálnu záťaž, pôvodne vzniknutú z banských a hutníckych odpadov, chápať aj ako potenciálny kovonosný zdroj (Cu, Fe, Zn a pod.). V blízkosti ťažobného závodu sa nachádza niekoľko flotačných hald, ktorých materiál vykazuje vysoké koncentrácie Cu, Fe a SiO<sub>2</sub>. Prekvapujúci je aj vysoký obsah As v jednotlivých haldách. Potenciálne toxické prvky sú viazané hlavne v štruktúre sulfidov. Taktiež z hľadiska zloženia kalu, jemnozrnnosti materiálu a nižších prevádzkových nákladov sú hydrometalurgické metódy spracovania priaznivejšie ako pyrometalurgické. Pri pyrometalurgických metódach by bolo nutné flotačné kaly nakoncentrovať o využiteľnú zložku (napr. Cu) a z dôvodu jemnozrnnosti zväčšovať kusovosť materiálu (napr. pelletizáciou), čo by zvyšovalo celkové náklady na technológiu. Pri samotnom spracovaní tohto odpadu pyrometalurgickými metódami by taktiež dochádzalo ku uvoľňovaniu nebezpečných emisií do ovzdušia (SO<sub>2</sub>). Bloková schéma odberu reprezentatívnych vzoriek z odkaliska, úpravy vzoriek a

prerozdelenie na jednotlivé analýzy je znázornená na Obr. 1 [3]. Vstupná chemická analýza bola vykonaná atómovou absorbnou spektrometriou na zariadení Variant spektrofotometer AA20+. Chemické zloženie zmiešanej vzorky z odkaliska je následovné: 0,64 % Cu; 22,32 % Fe; 3,76%; 0,04% Ni; 0,14% Pb; 2,64% Mg; 14,53% Si. RTG analýza potvrdila, že pravdepodobné fázy vo vzorke sú fayalit, magnetit, kremeň, jadeit, hlinitan draselný a willemit. Chalkopyrit, ktorý bol hlavnou ťaženou medenou rudou, nebol v analýze detekovaný pre nízky obsah cca 0,65 % Cu. Zo sitovej analýzy vyplynulo, že najväčšie zastúpenie má zrnitostná frakcia pod 0.08 mm [4].



Obr. 1 Odber a úprava vzorky z odkaliska Kaligrund

## ZÁVER

Vzhľadom na množstvo kalu, ktoré sa na odkalisku nachádza, možno túto lokalitu považovať nie len za environmentálnu záťaž pre región dolný Spiš, ale predovšetkým za potenciálny zdroj technicky využiteľných kovov a ako nový zdroj druhotnej suroviny s obsahom Cu, Zn a pod. V konečnom dôsledku využitie tohto potenciálu kalov môže v prípade ich spracovania znamenať zvýšenie zamestnanosti v „hladovej“ doline, čo by znamenalo zvýšenie príjmu občanov a ich sociálneho zabezpečenia. Prínosom pre vedu by bola aplikácia najnovších poznatkov z vedeckých výskumov do praxe, z hospodárskeho hľadiska by to bola obnova spracovateľskej činnosti v regióne a v neposlednom rade, v prípade rekultivácie, by to bolo zníženie environmentálneho záťaženia regiónu.

## POĎAKOVANIE

Táto práca vznikla v rámci riešenia grantu VEGA MŠ SR 1/0442/17 a KEGA 017TUKE-4/2019.

## LITERATÚRA

- [1] Gerhartová, K., Laubertová, M., Havlik, T., 2012: Využitie informačného systému environmentálnych záťaží pri analýze starých environmentálnych záťaží v Spišskom regióne. Odpady. Roč. 12, č. 11 (2012), s. 30 – 34. ISSN 1335-7808
- [2] Informačný systém Environmentálnych záťaží SR on line <<http://envirozataze.enviroportal.sk/>>
- [3] Laubertová, M., Kristina, G., 2013: Analýza starých environmentálnych záťaží s kovonosným potenciálom v Spišskom regióne na Slovensku. Odpady. Roč. 13, č. 9 (2013), s. 16 – 22.
- [4] Gregová, K., 2014: Možné využitie kovonosného potenciálu z odkaliska v Slovinkách. Technická univerzita v Košiciach, diplomová práca, 75 s.

## ENVIRONMENTÁLNE ASPEKTY ŽIAROVÉHO ZINKOVANIA

**doc. Ing. Jarmila Trpčevská, CSc., Ing. Martina Laubertová, PhD., Ing. Katarína Blašková**

Technická univerzita v Košiciach, Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská republika, jarmila.trpcevska@tuke.sk

Žiarové zinkovanie je najrozšírenejší spôsob povrchovej úpravy ocelí s cieľom zvýšenia ich koróznej odolnosti. Vo vidieckom prostredí môže protikorózna ochrana pri dostatočných hrúbkach zinkového povlaku pôsobiť často viac ako 50 rokov. Proces žiarového zinkovania sa realizuje ponorom predupraveného oceľového dielca do roztaveného zinku pri teplote približne 450-460°C. Výsledkom je vznik zinkového povlaku. Medzi výhody žiarového zinkovania patria nízke vstupné náklady a dlhá životnosť, a tým aj nízke náklady na opravy konštrukčných dielcov. Voľba povrchovej úpravy s dlhou životnosťou a nízkymi nákladmi počas životnosti znamená významný príspevok k ochrane životného prostredia, pretože sa šetria suroviny a energia a znižujú sa emisie CO<sub>2</sub>. Použitý zinok možno recyklovať. V Európe smeruje vysoké percento pozinkovanej ocele do stavebníctva.

Venovať pozornosť trvanlivosti oceľových konštrukcií prináša významné ekologické, ekonomické a sociálne dôsledky. V niektorých krajinách sa zisťovali celkové straty spôsobené koróziou. Ich výška sa odhaduje až na úrovni 4% hrubého domáceho produktu. Zinkovanie zaisťuje dlhodobú životnosť pri pomerne malej ekologickej záťaži z hľadiska energie a ďalších globálne závažných vplyvov, obzvlášť v porovnaní s energetickou náročnosťou výroby ocele, ktorú zinkový povlak chráni. Rozborom dostupných štúdií životného cyklu, ktorý realizovala spoločnosť Life Cycle Engineering v Taliansku, boli zistené typické hodnoty (uvedené v tab. 1). Rozmedzie vyjadruje rozdiely medzi typmi oceľových dielcov, geografickými faktormi a použitou metodikou. Údaje v tab. 1 sú založené na rozbere dostupných štúdií LCA. Hodnoty nezahŕňajú ekologickú záťaž ocele a recyklácie [1].

Tab.1 Údaje o energetickej ekologickej záťaži [1]

Typické hodnoty pre zinkovanie 1 kg ocele podľa normy EN ISO 1461	
Celková energia	3,4 – 5,3 MJ
Potenciál ku globálnemu otepľovaniu	0,1 – 0,33 kg ekvivalentu CO <sub>2</sub>

Ekologická záťaž sa merala na základe úplného životného cyklu, od ťažby surovín po dopravu ku zákazníkovi. Získané informácie o ekologickej záťaži, ktorá vzniká použitím protikoróznej ochrany zinkovaním umožnili porovnanie dôsledkov rôznych typov protikoróznej ochrany. Niekoľko štúdií preukázalo vysoké ekonomické a ekologické náklady spojené s opakovaným nanášaním náterov v rámci údržby oceľových konštrukcií.

Žiarové zinkovanie sa vždy realizuje v závode, kde prebiehajú všetky fázy procesu. Na začiatku procesu vstupuje oceľ a na konci vystupuje hotový pozinkovaný výrobok. Vo väčšine krajín sa na ich území nachádza niekoľko zinkovní, ktoré sú rovnomerne rozložené. To zaručuje, že sa oceľ nemusí dopravovať na veľkú vzdialenosť, vďaka čomu sú náklady na dopravu a vplyv na životné prostredie čo najnižšie. Zinok sa v priebehu zinkovania efektívne využíva. Pri ponore zostáva zinok, ktorý nie je súčasťou povlaku v zinkovacom kúpeľi. Zinok, ktorý oxiduje na povrchu, sa odstraňuje ako popol a jednoducho sa recykluje, niekedy aj priamo v zinkovni. Tvrdý zinok, ktorý sa vytvára na dne zinkovacej vane, sa pravidelne odstraňuje. V dôsledku vysokého obsahu zinku (nad 90%) predstavuje cennú druhotnú surovinu, ktorá sa využíva pri výrobe oxidu zinočnatého [2,3].

Na ohrev zinkovacieho kúpeľa sa väčšinou používa zemný plyn. Hoci odvetvie zinkovania nepatrí k energeticky náročným priemyslovým odvetviám, je snaha o čo najefektívnejšie využitie energie. Pri žiarovom zinkovaní je spotreba energie pri jednomennej prevádzke 600 až 650 kWh, pri trojsmennej



prevádzke 350 kWh na tonu ocele. Cieľom v tejto oblasti je zlepšovať technológiu horákov pre dosiahnutie vyššej energetickej náročnosti, ako aj snaha o lepšie využitie odpadného tepla na ohrev vaní pred-úpravy.

Emisie sa v zinkovniach starostlivo kontrolujú. Zinkovne podliehajú smernici EU o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania. Odvetvie zinkovania spolupracovalo na publikácii referenčného dokumentu pre BAT (BREF) pre žiarové zinkovanie. Pri ponore do zinkovacej taveniny vznikajú prachové častice, ktoré sa zhromažďujú na filtroch. Nevznikajú žiadne exhalácie s obsahom oxidu uhličitého alebo oxidu dusíka. Pri žiarovom zinkovaní v uzavretých zariadeniach sú emisie zinku do vzduchu len minimálne [2,3].

Hlavnou úlohou technologických krokov pred-úpravy je očistiť oceľový povrch. Pri látkach, ktoré sa v priebehu procesu používajú ako je napr. kyselina chlorovodíková a roztoky tavidla, existuje metóda recyklácie a/alebo regenerácie. Vyčerpaný roztok HCl sa používa napríklad pri výrobe chloridu železnatého, ktorý sa používa v čističkách odpadových vôd. Vďaka zlepšenej kontrole a údržbe tavidlového roztoku dochádza k jeho nahradzovaniu len výnimočne a likviduje sa iba malá časť kalu. Oplachová voda, ktorá sa používa v procese pred-úpravy medzi jednotlivými krokmi, sa bežne v procese využíva a nevypúšťa sa [1,4,5].

Pozinkovaná oceľ na konci životnosti sa jednoducho recykluje spolu s ostatným oceľovým šrotom pri výrobe oceli, najmä v elektrickej oblúkovej peci (EOP). Zinok sa v priebehu tavenia ocelí odparuje a zhromažďuje v úletoch, ktoré sa následne recyklujú. Úlety z elektrickej oblúkovej pece (EOP) predstavujú dôležitý sekundárny zdroj viacerých kovov ako je zinok, olovo, železo, chróm a kadmium. Recyklácia EOP úletu je výhodná nie len z hľadiska jeho zvyšujúceho sa ekonomického potenciálu pri získavaní cenných kovov, ale aj z hľadiska riešenia skládkovania a environmentálnych problémov spojených s obsahom ťažkých kovov (olovo, chróm a kadmium) [5,6].

Pri nových investičných zámeroch týkajúcich sa zariadení, ktorých prevádzkovanie môže mať vplyv na životné prostredie, sa pred ich realizáciou posudzuje vplyv na životné prostredie v procese EIA (Environmental Impact Assessment). Účelom posudzovania vplyvov na životné prostredie je získať objektívny podklad pre vydanie rozhodnutia, poprípade opatrení, a tak prispieť k udržateľnému rozvoju spoločnosti. Posudzujú sa vplyvy na verejné zdravie a vplyvy na životné prostredie, zahrňujú sa vplyvy na živočíchy a rastliny, ekosystémy, pôdu, vodu a ovzdušie. Hluk zo zariadení žiarových zinkovní je spravidla nízky a neovplyvňuje okolie. Po takmer 200 rokoch využívania žiarového zinkovania v praxi možno konštatovať, že neboli zistené žiadne negatívne vplyvy na zdravie, dokonca boli pozorované i pozitívne efekty [2,3]. Žiarové zinkovne už mnoho rokov aktívne pracujú v oblasti životného prostredia. Táto činnosť zahrňuje hospodárenie s energiami a surovinami, obmedzovanie emisií a spracovanie odpadných produktov vhodných k recyklácii. Proces sa vyvíja tak, aby bol šetrný k životnému prostrediu a ľuďom.

## POĎAKOVANIE

Táto práca vznikla v rámci riešenia grantu VEGA MŠ SR 1/0442/17 a KEGA 017TUKE-4/201.

## LITERATÚRA

- [1] Woolley, T., 2008: Zinkování a udržitelná výstavba, příručka pro uživatele. Ostrava: Asociace českých zinkoven, 48 s. ISBN 978-80-254-6238-6
- [2] Kulík, V., Kudláček, J., 2014: Žárové zinkování. 1<sup>st</sup> ed., AČSZ Praha.
- [3] Příručka žárového zinkování, AČSZ, 2009.
- [4] Trpčevská, J. 2018: Zinok, jeho aplikácia, výroba a recyklácia. 1. vyd. Technická univerzita v Košiciach, 117 s.
- [5] <https://www.steeldust.com/>
- [6] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785416302253>

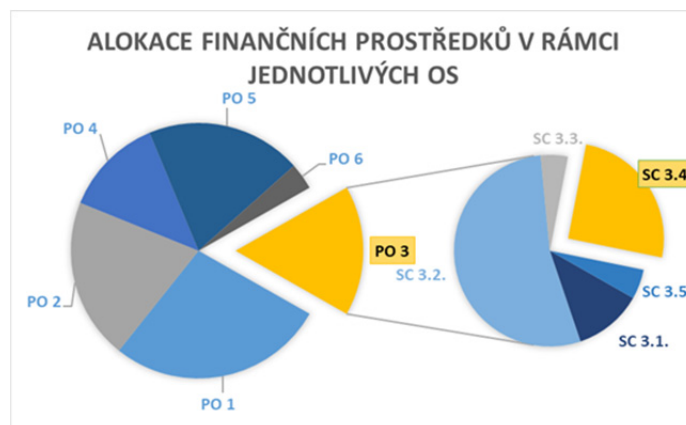
## OPERAČNÍ PROGRAM ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ PRO OBDOBÍ 2014 – 2020

Martina Jiroutová, Hana Kroová, Lenka Zárubová

Státní fond životního prostředí ČR, Olbrachtova 2006/9, 140 00 Praha 4, Česká republika, martina.jiroutova@sfzp.cz

Program obsahuje 6 prioritních os s celkovou alokací - 2 789 613 540 €

Prioritní osa 3 - specifický cíl 3.4: Dokončit inventarizaci a odstranit ekologické zátěže



alokace programu	2 789 613 540 €	100%
proiritní osa 3	458 819 995 €	16,45%
<b>specifický cíl 3.4.</b>	<b>115 468 727 €</b>	<b>4,14%</b>

Podporované aktivity:

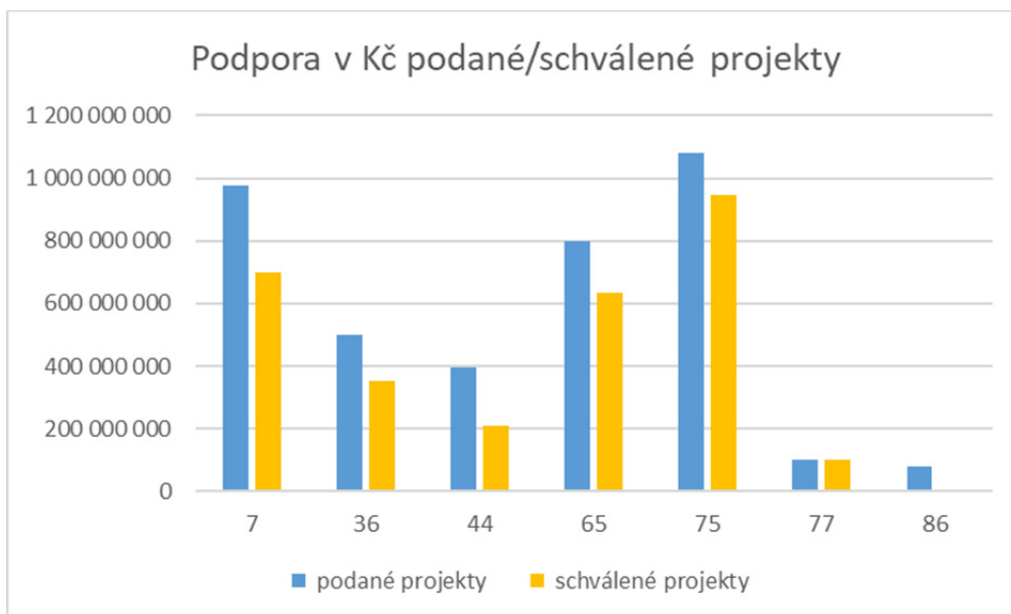
- aktivita 3.4.1 – inventarizace kontaminovaných a potenciálně kontaminovaných míst, kategorizace priorit kontaminovaných míst podle závažnosti
- aktivita 3.4.2 – realizace průzkumných prací (včetně doprůzkumů), analýzy rizik
- aktivita 3.4.3 – sanace vážně kontaminovaných lokalit

Výše finanční podpory činí až 85 % z celkových způsobilých výdajů.

Dosud bylo vyhlášeno 7 výzev na příjem projektů:

výzva číslo	alokace výzvy	počet podaných žádostí	podpora EU v Kč	počet schválených projektů	podpora EU v Kč
7	560 000 000	46	975 366 605	30	699 204 458
36	600 000 000	35	501 304 818	29	353 437 335
44	500 000 000	23	395 649 399	16	208 161 697
65	400 000 000	31	796 895 215	21	635 089 794
75	400 000 000	16	1 079 597 134	8	944 555 711
77*	150 000 000	1	99 133 104	1	99 133 104
86*	200 000 000	3	78 518 577	1	1 783 164
			<b>celkový počet projektů</b>	<b>106</b>	<b>2 941 365 263</b>

\*jedná se o ITI výzvu (Integrovaná územní investice)



Programové ukazatele výstupů SC 3.4:

- Inventarizovaná místa s hodnocenou prioritou
- Počet zpracovaných analýz rizik
- Celková rozloha sanovaných lokalit v ČR vztažená k určitému datu

specifický cíl 3.4	indikátor	cílová hodnota (2023)	zazávkováno	splněno
3.4.1.	Inventarizovaná místa s hodnocenou prioritou	8 952	9 053	101,13%
3.4.2.	Počet zpracovaných analýz rizik	80	76	95%
3.4.3.	Celková rozloha sanovaných lokalit v ČR vztažená k určitému datu	500 000	5 281 622	1056,32%

## 2. ETAPA NÁRODNÍ INVENTARIZACE KONTAMINOVANÝCH MÍST

**Příkladem aktivity 3.4.1.** – inventarizace kontaminovaných a potenciálně kontaminovaných míst, kategorizace priorit kontaminovaných míst podle závažnosti, je projekt 77. výzvy OPŽP 2014 -2020 s názvem „**2. etapa Národní inventarizace kontaminovaných míst**“. Jedná se o akci žadatele CENIA, česká informační agentura životního prostředí, s celkovými způsobilými náklady 117 mil. Kč (zaokrouhlo). Dotace této akce je ve výši 99, 133 mil. Kč (zaokrouhlo). Účelem dotované akce je úspěšná realizace projektu spočívající v zabezpečení vypracování komplexní databáze kontaminovaných míst s hodnocenou prioritou za celé území České republiky pro dlouhodobé univerzální využití. Závazným indikátorem akce je 9 053 inventarizovaných míst s hodnocenou prioritou. Závazný termín ukončení realizace akce je stanoven na 31. 12. 2021 a závazný termín pro předložení dokumentace k závěrečnému vyhodnocení akce je 1. 8. 2022. Příjemce dotace umožní využití výsledné databáze kontaminovaných míst oprávněným subjektům pro další využití a nakládání s územím, kterého se inventarizace týká a ke splnění legislativních požadavků v oblasti ochrany životního prostředí.

Očekáváme rovněž, že výsledek projektu bude podkladem pro nastavení cílů pro příští programové období OPŽP 2021-2028 a zároveň bude zohledněn při nastavení hodnotících kritérií pro výběr jednotlivých projektů v příštím operačním období.

## HODNOCENÍ RIZIK MOTOLSKÉ SKLÁDKY V PRAZE

**Jan Bartoň**

GEOtest, a.s., Šmahova 1244/112, 627 00 Brno, Česká republika, barton@geotest.cz

### KLÍČOVÁ SLOVA

Analýza rizik, skládka, koncepční model, sesuvy, odpady

### ÚVOD

Článek se zabývá hodnocením rizik nezrekultivované, ale částečně upravené skládky, založené v druhé polovině 20. století jako skládka inertního materiálu zejména pro deponování vytěžených hornin a zemin při stavbě pražského metra. Intenzivní ukládání odpadu probíhalo prakticky po celou dobu až do současnosti, a to zcela živelně bez zásadnější koncepce rekultivace, systematického hutnění, monitoringu a dodržování objemových limitů. Skládka se nachází vedle motolské nemocnice a její mocnost je až 60 m, délka 800 m a šířka 150 až 270 m.

### STAV ÚZEMÍ

Sklony svahů (po částečných úpravách) lze podle geodetického zaměření lokality odhadnout na cca 1:2 až 1:2,5 na severní straně, přičemž ve spodní části svahu skládky je sklon až 1:1,5, při patě svahu až 1:1 a strmější. Naopak jižní svah má sklon téměř jednotný, a to 1:2,5 ve východní části a cca 1:1 až 1:1,5 v západní části.

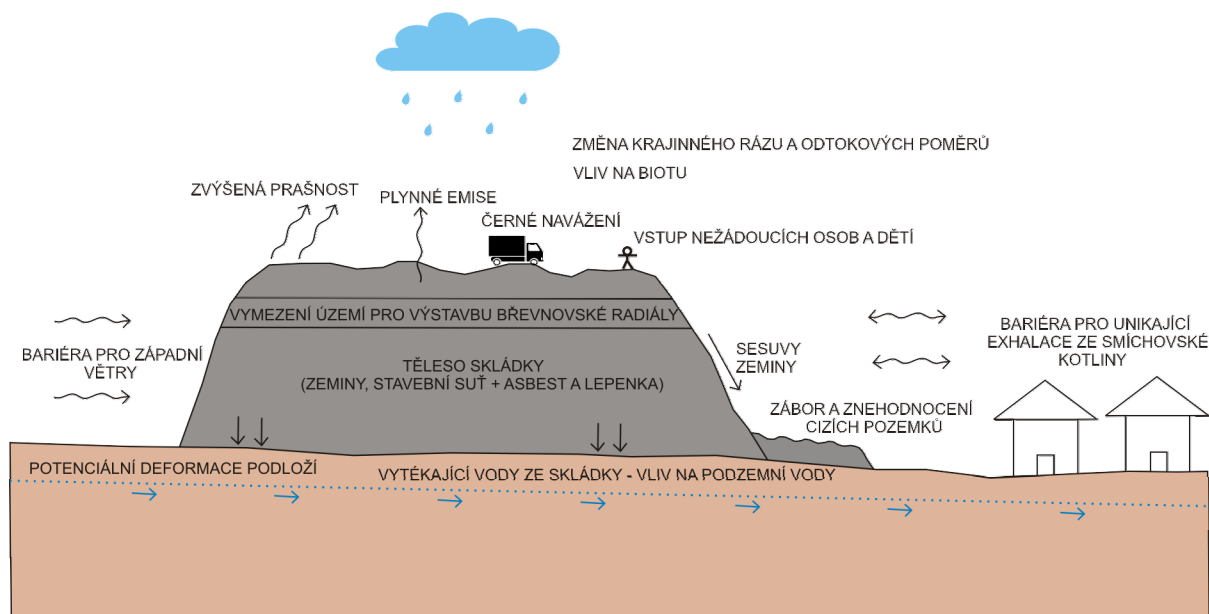
Dle platného územního plánu se skládka nachází převážně na plochách s využitím pro sport a rekreaci s tím, že západní část skládky se nachází na ploše určené pro sportovní využití a východní pro účely oddechu. Jižní část (svah) by měla být využívána jako lesní porost a městská a krajinná zeleň. Severní část skládky, resp. její severní pata, má v územním plánu již od 80. let určení pro komunikaci a okolí jako izolační zeleň – jedná se o variantu Břevnovské magistrály.

Byl zjištěn nesoulad se zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech. Navážení na skládku Motol společností EkoMotol CZ s.r.o. bylo dle vyjádření zástupců Městské části Praha 5 z právního hlediska řešeno jako rekultivace, nikoli skládkování, a z toho důvodu údajně nebyl vypracován provozní řád skládky, ani nebylo zajištěno řádné hutnění.

Rovněž byl zjištěn nesoulad s vyhláškou č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu ve znění pozdějších předpisů v platném znění. Na základě terénní rekognoskace byly v uloženém odpadu zjištěny materiály z asbestu – eternitové desky (krytiny), tyto nesmějí být ukládány na skládku inertního odpadu. Skládka navíc nebyla zabezpečena proti vstupu nepovolaných osob (na skládce jsou pouze upozorňující výstražné cedule).

### PROVEDENÉ PRÁCE

V rámci aktuálních průzkumných prací byly provedeny geologické, hydrogeologické, geofyzikální, geodetické a geotechnické průzkumy včetně vrtných prací, karotážních měření, měření ručním rentgenovým analyzátozem, hydrodynamických zkoušek, atmogeochemických měření, vzorkovacích a analytických prací. Součástí prací byl i model proudění podzemní vody a transportu částic, zpracování výškopisných dat digitálního modelu terénu, analýza vývoje území na základě leteckých měřických snímků (obr. 1).



Obr. 1: Konceptní model lokality

### POTENCIÁLNÍ NEGATIVNÍ VLIVY

- Změna krajinného rázu a odtokových poměrů
- Potenciální deformace podloží a hydrogeologického kolektoru vlivem tíhy tělesa skládky – možnost vzdouvání podzemní vody
- Bariéra pro západní větry a pro unikající exhalace ze Smíchovské kotliny (vznik smogových situací), zvýšená prašnost
- Vliv na biotu (výskyt chráněných druhů)
- Přítomnost nebezpečných odpadů (asbest, lepenka, TKO)
- Transfer skládkových výluhů do podzemní vody, podmáčení terénu
- Sesuvy zeminy – zábor a znehodnocení cizích pozemků
- Potenciální únik plyných emisí ze skládky
- Vstup nežádoucích osob vč. dětí na skládku (černá skládka)
- Zdravotní rizika (pracovníci, bezdomovci, návštěvníci)
- Potenciální ohrožení rybníků na Motolském potoce
- Potenciální ohrožení vysokotlakého plynovodu pod skládkou (riziko vytlačování plastických zemin při patě svahu)

### ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

Byly navrženy cílové parametry navržené v následujícím rozsahu:

- Úprava sklonu svahů – resp. částečná odtěžba a vytvoření přitěžovací lavice
- Odvodnění severní paty svahu a zamezení přítoku podzemní vody do podloží skládky
- Vymístění nebezpečného odpadu a jeho bezpečná likvidace
- Zamezení vyluhování odpadů atmosférickými srážkami do podzemní vody
- Zamezení dalšímu ukládání odpadů na skládku (zejména nelegální navážení)

### LITERATURA

- [1] Bartoň, J., Oberhelová, J. et al., 2017: Praha – Motolská skládka, Analýza rizik kontaminovaného území. GEOtest, a.s., Brno.

## VYUŽITÍ REDUKTIVNÍ TECHNOLOGIE NA BÁZI HYDROGENAČNÍCH KOVOVÝCH KATALYZÁTORŮ PRO RYCHLOU A EFEKTIVNÍ DEGRADACI HALOGENOVANÝCH ORGANICKÝCH LÁTEK V KONTAMINOVANÝCH VODÁCH

**Petr Lacina<sup>1</sup>, Michal Hegedüs<sup>1</sup>, Miroslav Plotěný<sup>2</sup>, Jaroslav Lev<sup>2</sup>, Tomáš Weidlich<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> GEOtest, a.s., Šmahova 1244/112, 627 00 Brno, Česká republika, lacina@geotest.cz

<sup>2</sup> ASIO, spol. s r.o., Kšírova 552/45, 619 00 Brno, Česká republika

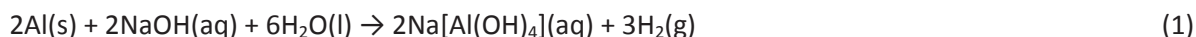
<sup>3</sup> Ústav environmentálního a chemického inženýrství, Fakulta chemicko-technologická, Univerzita Pardubice, Studentská 95, 532 10 Pardubice, Česká republika

### KLÍČOVÁ SLOVA

Halogenované organické kontaminanty, odpadní voda, podzemní voda, reduktivní reakce, hydrogenační kovové katalyzátory, čištění odpadních vod

### ÚVOD

Halogenované organické látky (AOX – adsorbovatelné organicky vázané halogeny) se v posledních letech staly významnými kontaminanty nejen odpadních, ale i podzemních vod ať už v důsledku průmyslové výroby či jako důsledek starých ekologických zátěží. Vzhledem k tomu, že se ve většině případů jedná o perzistentní a těžko biologicky odbouratelné látky, nedochází v průběhu standardního biologického čištění odpadních vod k jejich úplnému odbourání a dostávají se tak do povrchových vod, kde může docházet k jejich kumulaci v živých organismech, transportu do vod podzemních, resp. pitných, a výrazně tak narůstá riziko pro zdraví lidí. Efektivní a rychlé odstraňování halogenovaných organických látek z vod se proto stává stále více vyhledávaným technickým procesem v mnoha průmyslových odvětvích. V současné době je nejčastějším způsobem odstraňování AOX z odpadních a obecně kontaminovaných vod sorpce na aktivní uhlí. Jeho sorpční kapacita však bývá omezená a po snížení sorpční účinnosti je nutné provést výměnu. S použitým materiálem je pak nutné nakládat jako s nebezpečným odpadem a buď provést jeho velmi nákladnou regeneraci nebo jeho řízené spálení, čímž můžou vznikat vedlejší a velmi stabilní toxické produkty jako polyhalogenované dibenzo-p-dioxiny (PCDD) či dibenzofurany (PCDF). Jednou z možných alternativních cest k sorpčním procesům je využití silných redukčních účinků slitin na bázi hydrogenačních katalyzátorů jako je např. Raneyho slitina hliníku s niklem, jejíž silné redukční vlastnosti se projevují v alkalickém prostředí. Technologie, popsána v této studii, byla vyvinutá pro environmentální aplikace a je postavena na reduktivních schopnostech slitiny Al-Ni. Použitím této technologie je možno dosáhnout rychlé degradace široké škály organických halogenovaných látek přímo ve vodném prostředí za běžné teploty a tlaku. Principem je proces katalytické hydrogenace na povrchu katalyzátoru (niklu). Slitina Al-Ni (1 : 1 hm) je dávkována do alkalického vodného prostředí (roztok NaOH), kde dochází k rozpouštění Al (reakci s NaOH) a uvolňování plynného vodíku (1), který na povrchu Ni způsobuje hydrodehalogenaci halogenovaných organických kontaminantů. Během této reakce se organicky vázané halogeny uvolňují v podobě anorganických solí (halogenidů) a vznikají dehalogenované organické látky s nižší toxicitou a vyšší biodegradabilitou.



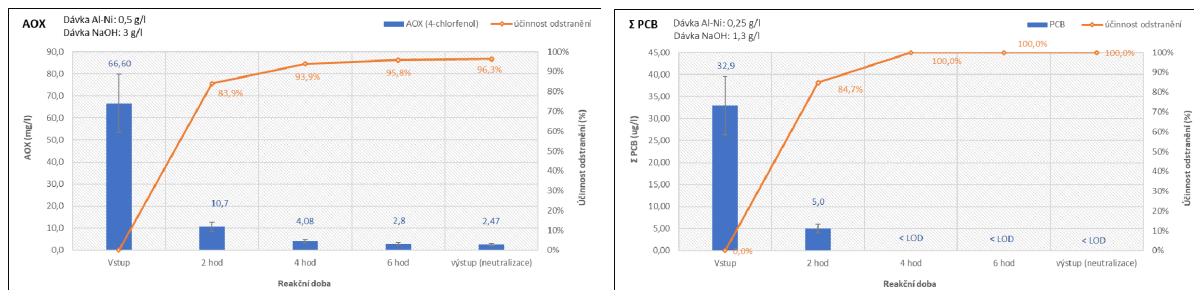
V rámci této studie byly v první fázi provedeny laboratorní experimenty, které ověřily rychlou účinnost reduktivní dehalogenace, na které navázal návrh a konstrukce čtvrtprovozního automatizovaného zařízení (Obr. 1) pro ověření technologie na reálných vzorcích kontaminovaných vod ve větších objemech.



Obr. 1 Čtvrtprovozní zařízení pro ověření účinnosti technologie na reálných vzorcích vod

## VÝSLEDKY A DISKUZE

Na základě přechodných laboratorních experimentů byly nastaveny procesní parametry pro čtvrtprovozní zařízení, na kterém byly testovány reálné vody s obsahem halogenovaných organických látek. Zařízení (Obr. 1) sestává z dvou nádob (reakční – levá a neutralizační – pravá). Po napuštění reakční nádoby kontaminovanou vodou dochází k nadávkování požadovaného množství práškové slitiny Al-Ni (v rozmezí dávek od 0,1 – 1 g/l dle složení kontaminovaných vod) a NaOH (v molárním poměru 1 : 6 vůči obsahu hliníku v nadávkované slitině). Poté se celá směs intenzivně míchá (1200 ot/min) tak, aby byla slitina rovnoměrně rozvrstvena v celém objemu vodního sloupce. Po ukončení reakce, která se pohybuje v rozmezí od 1 do 6 hodin, dochází k sedimentaci a separaci Ni a následnému přečerpání vody z reakční nádoby do neutralizační nádoby, kde je vodný roztok neutralizován na pH 7 roztokem 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Výsledky z vybraných experimentů s reálnou vodou jsou uvedeny v následujících grafech (Obr. 2, levý graf – odstranění AOX z průmyslové odpadní vody z textilního závodu; pravý graf – odstranění PCB z podzemní kontaminované vody).



Obr. 2 Vývoj sledované kontaminace a účinnosti procesu během experimentů s reálnou vodou

Z výsledků je patrné, že během několika hodin dochází k rychlé dehalogenaci i perzistentních halogenovaných organických látek jako jsou PCB a to přímo v kontaminované vodě. Po reakci zůstane na dně reakční nádoby nerozpuštěný Ni, který lze regenerovat a znovu použít v procesu. Hliník, který je během reakce rozpuštěn ve vodě, se na konci neutralizačního kroku vyloučí a odseparuje v podobě nerozpustného Al(OH)<sub>3</sub>.

## ZÁVĚR

Využití Raneyovy slitiny Al-Ni pro odbourání halogenovaných organických látek (AOX) přímo v kontaminovaných vodách za alkalických podmínek se jeví jako velmi perspektivní metoda především pro čištění silně kontaminovaných či zakontaminovaných vod s obsahem takovýchto látek. Během několika hodin dochází k téměř úplné dehalogenaci i velmi perzistentních AOX.

## PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla za podpory Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky, projekt č. CZ.01.1.02/0.0/0.0/16\_084/0009123.

## VYUŽITIE OXYHYDROXIDOV Fe PRI ÚPRAVE KONTAMINOVANÝCH BANSKÝCH VÔD Z VYBRANÝCH LOKALÍT SLOVENSKA

Ondrej Brachtýr<sup>1</sup>, Peter Šottník<sup>1</sup>, Ľubomír Jurkovič<sup>1</sup>, Jaroslav Vozár<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4, Slovenská republika, brachtyr1@uniba.sk

<sup>2</sup> EL spol. s r. o., Radlinského 17A, 052 01 Spišská Nová Ves, Slovenská republika, vozar@elsro.sk

### KĽÚČOVÉ SLOVÁ

banské vody, oxyhydroxidy, atenuácia, sanačná metóda

### ABSTRAKT

Jedným z cieľov nášho výskumu bolo porovnanie účinnosti prirodzenej a podporovanej atenuácie ako sanačnej metódy pre odstraňovanie potenciálne toxických prvkov (PTP) z banských vôd vytekajúcich z opustených banských diel. Tieto opustené banské diela predstavujú riziko pre životné prostredie vo forme zvýšených obsahov PTP v ich okolí. Ďalším cieľom bolo skúmanie vlastností oxyhydroxidových zrazenín, ktoré z banských vôd vypadávajú. Vzorky pre náš výskum boli odobrané z lokalít Pezinok, Dúbrava a Merník. Podarilo sa nám dokázať, že prirodzená atenuácia je účinnou sanačnou metódou pre banské vody kontaminované potenciálne toxickými prvkami, ale použitím podporovanej atenuácie (prevzdušňovaním) sa nám podarilo dosiahnuť zvýšenie množstva precipitujúcej pevnej fázy vo forme oxyhydroxidových zrazenín.

### METODIKA

V rámci výskumu boli použité vzorky banských vôd z lokality Pezinok a okrových usadenín z opustených banských lokalít Dúbrava a Merník. Vzorky banských vôd boli použité pre porovnanie účinnosti prirodzenej a podporovanej atenuácie, na určenie celkového množstva potenciálne toxických prvkov a taktiež na stanovenie kvantity vznikajúcich oxyhydroxidov Fe, Mn a Al. Vzorky oxyhydroxidových fáz boli použité na určenie ich kvalitatívnych vlastností, ich chemického zloženia, obsahu potenciálne toxických prvkov a mineralogického zloženia.

### VÝSLEDKY

Na základe kvantitatívnej analýzy vzoriek z Pezinka (tab. 1) môžeme konštatovať, že už krátke 1-dňové prevzdušnenie (vzorka PK-5) pomohlo dvojnásobne zvýšiť množstvo vznikajúcej pevnej fázy v porovnaní s 5-dňovou sedimentáciou bez prevzdušnenia (vzorka PK-4). 5-dňové prevzdušnenie (vzorka PK-6) sa preukázalo ako najúčinnjšie, a podarilo sa ním dosiahnuť takmer trojnásobné zvýšenie množstva vznikajúcich oxyhydroxidov.

Vzorka	Množstvo zrazeniny [g]	
	5 litrov	1 liter
PK-2	0,1111	0,02222
PK-4	0,0919	0,01838
PK-5	0,2102	0,04204
PK-6	0,3286	0,06572

Tab. 1: Kvantitatívna analýza oxyhydroxidových zrazenín vznikajúcich vo vzorkách z lokality Pezinok

Z chemickej analýzy uvedenej v tab. 2 vyplýva že prevzdušnenie prispelo k zvýšeniu tvorby oxyhydroxidových zrazenín, pretože koncentrácia Fe, Al a najmä Mn sa znižovala s úrovnou ovplyvnenia vzorky (sedimentáciou a prevzdušnením). Podporovaná atenuácia sa v našom prípade potvrdila ako účinnejšia pri získavaní množstva vznikajúcich zrazenín. Pre odstraňovanie potenciálne toxických prvkov však nebol zistený významný rozdiel medzi prirodzenou a podporovanou atenuáciou. To je pravdepodobne spôsobené nedostatkom vzniknutých Fe oxyhydroxidov.



Vzorka	Al	As	Ca	Fe	Mn	Sb	Si	Zn
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
PK-1	2,17	1,56	174,01	2,67	0,55	0,41	11,28	0,15
PK-2	0,03	1,07	166,90	0,60	0,49	0,39	9,85	0,02
PK-3	0,03	1,04	166,83	0,39	0,50	0,39	9,92	0,04
PK-4	0,04	0,86	165,84	0,00	0,41	0,39	9,28	0,01
PK-5	0,06	1,02	166,84	0,00	0,37	0,41	9,45	0,00
PK-6	0,05	0,89	145,34	0,00	0,06	0,41	9,32	0,00

Tab. 2: Chemická analýza vzoriek vôd z lokality Pezinok

Mineralogická analýza vznikajúcich oxyhydroxidov pomocou röntgenovej práškovej difrakcie dokazuje, že vzorky z lokalít Dúbrava a Merník sú tvorené prevažne minerálom ferrihydrit. Širšie, menej výrazné vrcholy na XRD zázname sú pravdepodobne zapríčinené veľmi slabou kryštalickou povahou prírodne vznikajúcich oxyhydroxidov.

Fe oxyhydroxidy sú hlavnými prirodzene sa vyskytujúcimi sorbentmi Sb v prírodnom prostredí. Sú schopné precipitovať v širokom rozpätí hodnôt pH [1]. Tieto Fe oxyhydroxidy výrazne napomáhajú k znižovaniu mobility rozpustených kontaminantov vo vodných prostrediach [2]. Filella et al. (2002) [3] poukazujú na dôležitosť Fe oxyhydroxidov pre znižovanie mobility Sb, najmä v prostrediach kyslých pôd a vôd.

## ZÁVER

Podarilo sa nám dokázať, že prevzdušňovaním podporovaná atenuácia je účinnejšou sanačnou metódou ako prirodzená atenuácia. Vznikajúce oxyhydroxidy sú účinnými sorbentmi potenciálne toxických prvkov vyskytujúcich sa v banských vodách s vysokým obsahom rozpusteného Fe. XRD analýza dokazuje, že vznikajúce pevné fázy sú tvorené hlavne minerálom ferrihydrit. Avšak tieto pevné fázy sú veľmi slabo kryštalické a ich mineralogické určenie je komplikované. Vznikajúce oxyhydroxidy Fe sú často nestabilné a po čase majú tendenciu sa premieňať na viac stabilný goethit.

## POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporená projektmi APVV-0344-11, APVV-17-0317, VEGA 1/0597/17 a grantom Univerzity Komenského číslo UK82/2018.

## LITERATÚRA

- [1] Wilson, S.C., Lockwood, P.V., Ashley, P.M., Tighe, M., 2010: The chemistry and behavior of antimony in the soil environment with comparisons to arsenic: a critical review. *Environmental Pollution*, vol. 158/issue 5, p. 1169-1181
- [2] Lintnerová, O., Šoltés, S., Šottník, P., 2010: Environmentálne riziká kyslých banských vôd na opustenom ložisku Smolník. Univerzita Komenského v Bratislave, 157 s.
- [3] Filella, M., Belzile, N., Chen, Y., 2002: Antimony in the environment: a review focused on natural waters II. Relevant solution chemistry. *Earth-Science Reviews*, vol. 59, p. 265 – 285

## ZLEPŠENÍ PÉČE O PŮDU POMOCÍ BIOAKTIVÁTORU ZALOŽENÉHO NA PŘEPRACOVÁNÍ DRŮBEŽÍ MRVY PROJEKT EU LIFE POREM

**Monika Heřmánková, Karel Waska, Petr Beneš, Vlastimil Píštěk, Miroslav Minařík**

EPS biotechnology, s.r.o., V Pastouškách 205, 686 04 Kunovice, Česká republika, eps@epsbiotechnology.cz

### KLÍČOVÁ SLOVA

drůbeží trus, bioaktivátor, enzymy, hnojivo, vyčerpaná půda/úhor, zavádění do praxe/implementace, opakovatelnost, trvale udržitelný rozvoj ŽP, EU Life, POREM

### ÚVOD

#### Zaměření programu LIFE

Základním rysem projektů LIFE je inovativnost a kreativita při praktickém řešení konkrétního environmentálního problému. Program LIFE byl založen již v r. 1992 k financování projektů zaměřených na ochranu životního prostředí v Evropě, a to nejen v členských státech Unie, ale i v některých kandidátských a sousedních zemích. Podporuje projekty v oblasti ochrany přírody, krajiny, životního prostředí a klimatu. V prvních etapách byla hlavním tématem prevence ztráty biodiverzity. Přes 100 projektů financovaných z programu LIFE řešilo výskyt invazivních druhů v ekosystémech EU (například norka amerického, křídlatku japonskou a nepůvodní druhy raků). Celkem program LIFE podpořil v období 1992-2013 realizaci 5 000 špičkových projektů v celé EU za více než € 5 mld. V současné době probíhá již 5. etapa (období 2014-2017 a 2018-2020), na kterou byly vyčleněny prostředky o objemu € 3,4 mld. Tato etapa je více zaměřena aktuálně na zmírnění dopadů extrémních projevů klimatické změny. Podporuje praktické projekty zaměřené na demonstraci ekoinovativních technologií v reálných podmínkách, pečlivé doložení opakovatelnosti testovaných výstupů a jejich aktivní zavádění do praxe, trhu EU a legislativy EU. Významnou součástí realizace projektů LIFE v 5. etapě jsou osvětové informační kampaně velkého rozsahu zaměřené na koncového uživatele a státní správu. Cílem programu LIFE je přispět k rozvoji nízko-emisního hospodářství a podpora cirkulární ekonomiky, které efektivně využívají lokální zdroje, jsou ohleduplné vůči klimatu a přispívají k ochraně a zlepšení stavu životního prostředí.

#### Cíl projektu POREM

Cílem projektu POREM je demonstrovat vhodnost aplikace inovativních nízko-nákladových technologií pro zlepšení vlastností půd s nízkým obsahem organických látek a umožnit efektivnější péči o půdy v polopouštních oblastech. Konkrétně se projekt zaměřuje na zdůraznění využitelnosti drůbežního trusu přepracovaného pomocí enzymatického přípravku dle evropského patentu EP 1314710 na výsledný produkt pojmenovaný bioaktivátor POREM. Bioaktivátor POREM bude následně v různých koncentracích aplikován na testovací pole, na kterém budou pěstovány plodiny obvyklé v daném klimatickém pásmu. Porovnávají budou výsledky pilotních testů ze tří typů degradovaných půd: semiaridní půdy v regionech Murcia (Španělsko), Apulie (Itálie) a vyčerpané půdy/úhory v Česku v okolí Uherského Hradiště. Jedná se o novou technologii svým významem přesahující běžné hnojení, která novým způsobem využívá drůbeží trus. Projekt si klade za cíl podpořit obecné povědomí o popsané technologii pořádáním technických seminářů a workshopů. K zásadním úkolům projektu patří poskytnut veřejné správě dostatek relevantních informací pro optimalizaci legislativních předpisů a norem týkajících se obnovy půdy a podílet se na uvádění těchto norem do praxe. Řešitelský tým se skládá celkem z šesti partnerů, z toho tři pochází z Itálie, dva ze Španělska a jeden z České republiky. Členy jsou dvě technologicko-výzkumné agentury, výzkumný ústav, biotechnologická firma (= EPS biotechnology s.r.o.), zemědělsko-potravinářský podnik a start-up. Projekt byl zahájen v říjnu 2018 a bude ukončen v září 2021. Detailní informace o projektu jsou dostupné na pravidelně aktualizovaném webu [www.lifeporem.it](http://www.lifeporem.it).

### Demonstrační aktivity projektu POREM

Drůbeží trus bude přepracován podle jednotného protokolu na bioaktivátor POREM pomocí patentovaného přípravku (dle EP obsahujícího enzymy EP 1314710) obsahujícího klíčové enzymy. Pilotní testy s aktivátorem POREM budou realizovány na zemědělských lokalitách ve 3 evropských zemích a třech různých klimatických podmínkách (Itálie, Španělsko, Česko). Na každé lokalitě bude zpracováno stejné množství drůbežního trusu z místní drůbežárny. Celkem 12 t drůbežního hnoje bude smícháno se 45 kg enzymaticky bohatého rostlinného přípravku VAP (Vegetable Active Principles) a upraveno do 3 homolí po 4 tunách. Takto ošetřené homole budou po dobu 120 dní ponechány maturaci pod přístřeškem, během níž budou podrobně monitorovány emise metabolických plynů a změny složení. Vzorky pro laboratorní analýzy kontrolující průběh transformace slepičího hnoje budou odebírány 30. den, 60. den a 120. den maturity. Vyvrálý bioaktivátor POREM bude aplikován na výzkumné pole/úhor o celkové ploše 1 ha rozdělené na 4 stejné sektory. První sektor bude bezzásahový s funkcí kontroly, na další sektory budou aplikována různá množství bioaktivátoru – 1 díl, 1,5 dílu a 3 díly. Bioaktivátor bude ihned zaorán do půdy do hloubky 30 cm. Na všechny sektory testovacího pole bude vyseta/osázena běžná zemědělská plodina v souladu s osevním plánem. Vliv bioaktivátoru POREM na testovací rostliny pěstované v jednotlivých sektorech bude vyhodnocen a porovnán. Pro zlepšení možností uplatnění aktivátoru POREM na trhu bude rovněž testována možnost jeho peletizace.

### Monitoring a laboratorní metody využívané v projektu POREM

U drůbežního trusu pro přípravu bioaktivátoru POREM budou sledovány fyzikální, chemické a mikrobiologické charakteristiky. Obdobně budou stanoveny fyzikální, chemické a mikrobiologické agrochemické charakteristiky půdy z testovacího pole/úhuru před aplikací bioaktivátoru POREM a po pěstební sezóně. U testovacích rostlin pěstovaných na poli s různými dávkami bioaktivátoru POREM bude hodnocen habitus rostlin a výnos plodin. Plánované fyzikálně-chemické analýzy a stanovení budou zahrnovat pH, obsah vlhkosti, salinitu, celkový organický uhlík, uhlík rozpustný ve vodě, nutrienty (N, P, K, Ca, S), mikronutrienty (B, Cu, Zn, Mn...), metabolické plyny – CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>,... V souboru mikrobiologických analýz jsou zahrnuty následující parametry: celková biodiverzita stanovena pomocí PLFA, mikrobiální populace – kulturační a fluorescenční metody, respirační testy, aktivátory rostlinného růstu stanovené jako IAA (kyselina indolyl-3-octová) a GA (kyselina giberelová), enzymatická aktivita vztážená na cykly C, N, P. Mezi plánované fyzikální metody pro charakterizaci struktury a textury zkoumaných pevných matric byly zařazeny termogravimetrická analýza (TGA), rentgenová difraktometrická analýza (XRD) a skenovací elektronová mikroskopie – elektronově-disperzní spektroskopie (SEM-EDS).

### Plánované výstupy projektu POREM

- 1) Demonstrovat zlepšení vlastností půdy po aplikaci aktivátoru POREM vyrobeného přepracováním drůbežního trusu pomocí enzymatického přípravku VAP. Porovnány budou výsledky pilotních testů ze tří typů degradovaných půd: semiaridní půdy v regionech Murcia (Španělsko) a Apulie (Itálie) a vyčerpané půdy/úhory v Česku v okolí Uherského Hradiště.
- 2) Podpořit obecné povědomí o popsání technologii pořádáním technických seminářů a workshopů. Zároveň budou k tomuto účelu v průběhu celého projektu využívána všechna dostupná informační média s působností na místní, národní i evropské úrovni.
- 3) Poskytnout veřejné správě, zabývající se environmentální problematikou, dostatek relevantních informací pro optimalizaci legislativních předpisů a norem týkajících se obnovy půdy a následně se podílet na projektech uvádějících tyto normy do praxe.

### PODĚKOVÁNÍ

Projekt POREM (LIFE17 ENV/IT/000333) je podporován z prostředků EU v rámci programu EU Life.

## VYUŽITÍ VYTĚŽENÝCH SEDIMENTŮ K PRODUKCI INOVATIVNÍCH SUBSTRÁTŮ A TECHNOSOLŮ PRO ROSTLINNÉ ŠKOLKY A REKULTIVACE PROJEKT EU LIFE AGRISED

**Karel Waska, Monika Heřmánková, Vít Paulíček, Vojtěch Vašíček, Miroslav Minařík**

EPS biotechnology, s.r.o., V Pastouškách 205, 686 04 Kunovice, Česká republika, eps@epsbiotechnology.cz

### KLÍČOVÁ SLOVA

sediment, biomasa, ko-kompostování, pěstební substrát, zahradnictví, rekultivace, parky, trvale udržitelný rozvoj ŽP, EU Life, AGRISED

### ÚVOD

#### Zaměření programu LIFE

Základním rysem projektů LIFE je inovativnost a kreativita při praktickém řešení konkrétního environmentálního problému, na který se projekt zaměřuje. Program LIFE byl založen v r. 1992 k financování projektů zaměřených na ochranu životního prostředí v Evropě, a to nejen v členských státech Unie, ale i v některých kandidátských a sousedních zemích. Podporuje projekty v oblasti ochrany přírody, krajiny, životního prostředí a klimatu. V počátečních letech programu LIFE byla hlavním tématem prevence ztráty biodiverzity. Program LIFE podpořil v období 1992-2013 realizaci 5000 špičkových projektů v celé EU za více než € 5 mld. V současné době probíhá již 5. etapa programu LIFE (období 2014-2017 a 2018-2020), na kterou byly vyčleněny prostředky o objemu € 3,4 mld. Tato etapa je více zaměřena na praktické projekty reagující na aktuální problémy ŽP v Evropě – extrémní projevy klimatu. Náplní projektů poslední výzvy je demonstrace eko-inovativních technologií v reálných podmínkách, pečlivé doložení opakovatelnosti testovaných výstupů a jejich aktivní zavádění do praxe, trhu EU a legislativy EU. Významnou součástí realizace projektů LIFE v 5. etapě jsou osvětové informační kampaně velkého rozsahu zaměřené na koncového uživatele a státní správu. Cílem programu LIFE je přispět k rozvoji nízko-emisního hospodářství a podpora cirkulární ekonomiky, které efektivně využívají lokální zdroje, jsou ohleduplné vůči klimatu a přispívají k ochraně a zlepšení stavu životního prostředí.

#### Cíl projektu AGRISED

Projekt AGRISED je zaměřen na přepracování sedimentů a technosolů (zemin po rekultivaci) metodou ko-kompostování na optimální zahradnické substráty, které jsou vhodné pro produkci okrasných rostlin, keřů a stromů v pěstitelských školkách, pro údržbu městské zeleně a pro obnovu bývalých průmyslových areálů. Výstupy ko-kompostování dle postupu AGRISED povedou ke vzniku pěstitelských substrátů s předem definovanými vlastnostmi – vysokým obsahem živin, kvalitní strukturou, vysokou zádržností vody a významnou biologickou aktivitou. Tyto substráty budou alternativou pro tradiční materiály, jako jsou rašelina či dřeň z kokosových vláken. Využitím vytěžených sedimentů bude zároveň naplněn princip trvale udržitelného rozvoje ŽP – bude využit odpadní produkt bohatý na makronutrienty a budou ušetřeny stávající přírodní zdroje, které je nutno těžít. Nezbytné je doložit, že při využívání substrátů AGRISED jsou dodržovány vysoké standardy ochrany lidského zdraví a bezpečnost cílových ekosystémů. Důležitou součástí projektu je spolupráce na odstraňování legislativních překážek praktického využití postupů AGRISED v rámci jednotlivých zemí EU.

Řešitelský tým projektu AGRISED se skládá celkem z šesti partnerů, z toho pět pochází z Itálie a jeden z České republiky. Členy týmu jsou univerzita, výzkumný ústav, dvě biotechnologické firmy (jednou z nich je EPS biotechnology s.r.o.), zemědělsko-pěstitelský podnik a rodinné zahradnictví. Projekt byl zahájen v říjnu 2018 a bude ukončen v září 2021. Detailní informace o projektu je možné sledovat na pravidelně aktualizovaných webových stránkách projektu AGRISED: [www.lifeagrised.com](http://www.lifeagrised.com).

### Demonstrační aktivity projektu AGRISED

Nejprve bude v Itálii odtěženo 10 m<sup>3</sup> nekontaminovaného sedimentu. Sediment bude následně podroben ko-kompostování s definovanou biomasou dle receptury AGRISED, tak aby bylo zajištěno optimální složení výsledného produktu. Ko-kompostován bude sediment a biomasa v objemových poměrech 3:1, 1:1 a 1:3. Následně budou na třech vyrobených pěstebních substrátech a jednom kontrolním substrátu pěstovány dva druhy modelových okrasných rostlin – Blýskalka Fraserova (*Photinia x fraseri*) a Kalina modroplodá (*Viburnum tinus*). Porovnávána bude úspěšnost pěstování testovacích rostlin v podmínkách středomořského (Itálie) a středoevropského klimatu (Česká republika). Při pěstování testovacích rostlin budou dodržovány na všech testovacích lokalitách identické pěstební postupy, bude sledována a vyhodnocena rostlinná produkce a vitalita po dlouhodobém/víceletém pěstování. Paralelními testy bude ověřována opakovatelnost a přenositelnost testovaného postupu, což je důležitým faktorem pro úspěšný vstup na evropský trh pěstebních substrátů. Aby byla doložena bezpečná kvalita vyrobených pěstebních substrátů, budou vstupní materiály – sediment a biomasa – i výsledný produkt charakterizovány rozsáhlým souborem laboratorních analýz.

### Monitoring a laboratorní metody využívané v projektu AGRISED

Obsah živin i potenciálních kontaminantů v odtěženém sedimentu bude sledován souborem fyzikálních a chemických analýz. Podrobně bude charakterizována i mikroflora přítomná v sedimentu, včetně sledování její aerobní biologické aktivity. Kvalita biomasy použité pro ko-kompostování bude, kromě dodržení skladby dle receptury AGRISED, sledována i na obsah potenciálních kontaminantů.

Výsledné produkty ko-kompostování = pěstební substráty, budou podrobeny fyzikálním, chemickým a mikrobiologickým analýzám zahrnujícím stanovení koncentrací živin, huminových látek, stupně humifikace, skladbu a aktivitu mikrobiální komunity, pH, objemovou hustotu, celkovou pórovitost a kvantifikaci anorganických a organických polutantů. Zařazeno bude i ekotoxikologické posouzení. U testovaných rostlin bude sledována a vyhodnocena rostlinná produkce a vitalita po dlouhodobém pěstování.

### Plánované výstupy projektu AGRISED

- 1) Ko-kompostování sedimentů a biomasy povede ke vzniku pěstebních substrátů charakterizovaných vysokým obsahem živin, kvalitní strukturou, vysokou zádržností vody a významnou biologickou aktivitou. Tyto substráty budou alternativou pro tradiční substráty, jako jsou rašelina či dřeň z kokosových vláken.
- 2) Vyvinuté substráty a technosoly budou přísně hodnoceny z hlediska jejich bezpečnosti pro ekosystémy a lidské zdraví.
- 3) U pokusných rostlin pěstovaných na substrátech z ko-kompostovaných sedimentů a na technosolech bude sledována a vyhodnocena rostlinná produkce a vitalita po dlouhodobém/víceletém pěstování. Porovnány budou výsledky pěstování testovacích rostlin ve středomořských a středoevropských podmínkách
- 4) Socio-ekonomická analýza a analýza životního cyklu (LCA) budou zaměřeny na zavedení inovativních růstových substrátů a technosolů AGRISED do praxe komerčních zahradnictví a rekultivačních projektů.
- 5) Realizační konsorcium projektu AGRISED podnikne kroky nezbytné k překonání eventuálních legislativních překážek praktického využití navržených postupů AGRISED v zemích EU.
- 6) Využitím vytěžených sedimentů bude naplněn princip trvale udržitelného rozvoje životního prostředí – bude využit odpadní produkt bohatý na makronutrienty a zároveň budou ušetřeny stávající přírodní zdroje substrátů, které je aktuálně nutno těžit.

### PODĚKOVÁNÍ

Projekt AGRISED (LIFE17 ENV/IT/000269) je podporován z prostředků EU v rámci programu EU Life.

## NANOBIOREMEDIÁCIA POLYCHLÓROVANÝCH BIFENYLOV (PCB): BIODEGRADAČNÝ POTENCIÁL BAKTERIÁLNEJ ZMESNEJ KULTÚRY

**Hana Horváthová, Katarína Dercová**

Ústav Biotechnológie, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Slovenská technická univerzita, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovenská republika, hana.horvathova@stuba.sk

### KLÚČOVÉ SLOVÁ

baktérie, biodegradácia, nanoremediácia, nZVI, konzorcium, zmesná kultúra, sediment

### ÚVOD

Polychlórované bifenyly (PCB) sú nebezpečné organické chlóraromáty, ktorých najväčšie rezervoáre predstavujú pôdy a sedimenty. Na ich odstránenie zo životného prostredia možno použiť rôzne fyzikálne a biologické metódy, či už samostatne, alebo integrované. Nanobioremediácia integruje fyzikálno-chemickú redukciu PCB nanočasticami nulmocného železa (nZVI) a biodegradáciu bakteriálnymi kmeňmi. Reduktívne častice nZVI znížia stupeň chlorácie kongenéroov PCB, tie sú potom prístupnejšie adaptovaným baktériám, ktoré svojim metabolizmom dokážu štiepiť štruktúru bifenylového jadra PCB. Bakteriálne zmesné kultúry – umelo vytvorené konzorciá viacerých bakteriálnych kmeňov sú v porovnaní s individuálnymi kmeňmi príbuznejšie autochtónnej mikroflóre kontaminovanej lokality, sú ľahšie aplikovateľné, a stabilnejšie v prítomnosti PCB/nZVI, čo z nich robí účinný nástroj na integrovanú remediáciu [1].

### MATERIÁLY A METÓDY

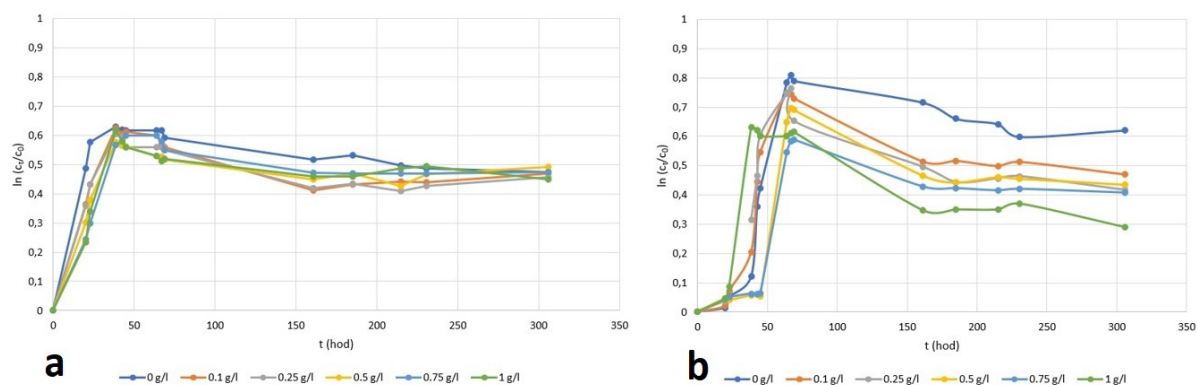
Bakteriálne konzorcium (7K) pozostávalo zo siedmich individuálnych kmeňov – izolátov zo sedimentu Strážskeho kanála [2]. Jednotlivé prístupy, biodegradácia a nanoremediácia sa najskôr testovali individuálne. Degradáčne testy prebiehali v mikrokozme v minimálnom minerálnom médiu (MM médium) umelo kontaminovanom priemyselnou zmesou PCB Delor 103 a v reálne kontaminovanom sedimente s obsahom PCB 22,137 mg.kg<sup>-1</sup> (suma siedmich sledovaných kongenéroov). Nanoremediácia prebiehala v zatvárateľných reagenčných fľašiach na reciprokej trepačke (100 ot.min<sup>-1</sup>), aby sa zamedzilo oxidácii nZVI a bioremediácia v kultivačných bankách na rotačnej trepačke (180 ot.min<sup>-1</sup>; pri sedimente stacionárne), aby sa zabezpečila aerácia bakteriálnych kmeňov. Nanobioremediácia bola realizovaná sekvenčne, začínala prídavkom nZVI (2 g.l<sup>-1</sup>) a v polovici trvania (15 dní) sa obsah reagenčnej fľaše preliat do kultivačnej banky s prídavkom inokula 7K (10 % v/v). Nedegradované PCB boli vyextrahované do n-hexánu a analyzované GC-ECD. Záznamy boli spracované podľa Mills a kol. [3].

### VÝSLEDKY

Konzorcium pozostávalo zo siedmich bakteriálnych kmeňov, ktorých individuálna schopnosť degradovať PCB vo vodnom médiu umelo kontaminovanom Delorom 103 je nasledovná: *Ochrobactrum anthropi* 60 %, *Achromobacter xylosoxidans* 41 %, *Stenotrophomonas maltophilia* 40 %, *Brevibacterium casei* 34 %, *Starkeya novella* 18 %, *Pseudomonas mandelii* 17 %, *Rhodococcus ruber* 17 % [1]. 7K je odolné aj voči vysokej koncentrácii PCB (Obr. 1a), pri koncentráciách v rozsahu 0 – 1 g.l<sup>-1</sup> bol sledovaný takmer uniformný rast. Nepriamo úmerne s rastúcou koncentráciou bifenyly (Obr. 1b) sa vyprodukovalo menej bakteriálnej biomasy, avšak ani pri PCB ani pri bifenyle nenastala fáza odumierania ani po 12 dňoch.

Vo vodnom médiu 7K degradovalo v priebehu 21 dní 57 % a nanoželezo za 30 dní 70 % PCB (Tab. 1). Integrovanou sekvenčnou nanobioremediáciou sa dosiahla 78 % degradácia PCB. Na začiatku a na konci biodegradáčného testu sa stanovovala koncentrácia biomasy meraním absorbancie pri 620 nm a počítaním kolóniotvorných jednotiek (CFU). Koncentrácia biomasy 7K sa za 21 dní nezmenila, počet CFU v 1 ml média ostal na rovnakej úrovni, resp. mierne stúpol z hodnoty 9.10<sup>9</sup> na 19.10<sup>9</sup>. To je

dôkazom stability konzorcia v porovnaní s individuálnymi kmeňmi, ktorých koncentrácia počas biodegradácie klesá oveľa rýchlejšie [1].



Obr. 1 Rastové krivky bakteriálnej zmesnej kultúry v prítomnosti rôznych koncentrácií Deloru 103 (a) a bifenyly (b).

Umelo kontaminované vodné médium je modelovým médiom experimentov v mikrokozme, avšak kontaminácia lipofilnými PCB sa skôr týka pôd a riečnych sedimentov. Z toho dôvodu boli tieto prístupy aplikované aj na reálny kontaminovaný sediment odobratý zo Strážskeho kanála (Tab.1). 7K degradovalo za 21 dní 59 % PCB, na čom sa podieľala aj autochtónna mikroflóra prítomná v sedimente. Nanoremediáciou pomocou vodnej disperzie nanočastíc nZVI Nanofer 25S sa za 30 dní degradovalo 45 % PCB, čím sa prejavila jedna zo základných limitácií nanočastíc – ich obmedzená pohyblivosť v sedimentoch. PCB sú zároveň do veľkej miery sekvestrované v organickej zložke sedimentu, a teda ťažšie dostupné pre reaktívne nanočastice. Integrovanou nanobioremediáciou sa degradácia PCB zvýšila na 65 %.

Tab. 1 Degradácia PCB vo vodnom médiu umelo kontaminovanom PCB (0,1 g.l<sup>-1</sup>) a v reálnom kontaminovanom sedimente (22,137 mg.kg<sup>-1</sup>) aplikáciou konzorcia, nZVI, alebo ich integráciou.

Degradácia sumy siedmich kongenéro PCB (%)	Bakteriálna zmesná kultúra (7K)	nanoželezo (nZVI)	sekvenčná nanobioremediácia
Umelo kontaminované vodné médium	57	70	78
Historicky kontaminovaný sediment	59	45	65

## ZÁVER

Výhodou 7K je, že v porovnaní s individuálnymi kmeňmi lepšie simuluje prirodzenú mikroflóru kontaminovanej matrice. Dokázalo sa, že 7K je schopné rásť v prítomnosti vysokých koncentrácií (až do 1 g.l<sup>-1</sup>) zmesi PCB Delor 103 a bifenyly. Integrovaná remedácia – nanobioremediácia sa považuje za efektívnu vtedy, ak sa jej aplikáciou dosiahne vyššia degradácia ako pri použití biologického a fyzikálno-chemického prístupu osobitne. Túto podmienku spĺňa nanobioremediácia PCB v umelo kontaminovanom vodnom médiu, aj v reálne kontaminovanom sedimente, kedy sa sledovala 78, resp. 65 % biodegradácia PCB. Práca bola podporená projektami Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR VEGA (projekt č. 1/0295/15) a APVV (projekt č. 0656-12).

## LITERATÚRA

- [1] Horváthová H., Lásylová K., Dercová K., 2019. The remediation potential of bacterial cultures for the biodegradation of polychlorinated biphenyls (PCBs). *Acta Chimica Slov* 12: 1-7; doi: 10.2478/acs-2019-0001
- [2] Dudášová H., Lukáčová L., Murínová S., Puškárová A., Pangallo D., Dercová K., 2014. Bacterial strains isolated from PCB-contaminated sediments and their use for bioaugmentation strategy in microcosms. *J Basic Microbiol* 54: 253-260; doi: 10.1002/jobm.201200369
- [3] Mills S.A., Thal D.I., Barney J., 2007. A summary of the 209 PCB congener nomenclature. *Chemosphere* 68: 1603-1612; doi: 10.1016/j.chemosphere.2007.03.052

## NOVÉ TECHNOLOGIE NA ZHOTOVENIE SANAČNÝCH PODZEMNÝCH STIEN

Jana Frankovská

Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, Slovenská republika, jana.frankovska@stuba.sk

Michal Rejduga

SOLHYDRO, spol. s r.o., Panónska cesta 17, 850 00 Bratislava 5, michal.rejduga@solhydro.sk

### KLÚČOVÉ SLOVÁ

Tesniace podzemné steny, reaktívne bariéry, sanačné technológie

V znečistenom prostredí je možné vytvoriť nepriepustné hydrodynamické bariéry (tesniace podzemné steny), ktoré slúžia na zastavenie alebo nasmerovanie prúdenia vody (obrázok 1), alebo reaktívne bariéry (PRB - priepustné reaktívne bariéry), ktoré odstraňujú nečistoty z prúdu vody (obrázok 2). Hydrodynamické bariéry by mali byť umiestnené tak, aby obmedzovali prúdenie a množstvo škodlivých látok a zabezpečili prietok priamo cez reaktívnu bariéru. V krajinách EÚ sa čoraz častejšie presadzuje využívanie reaktívnych bariér.



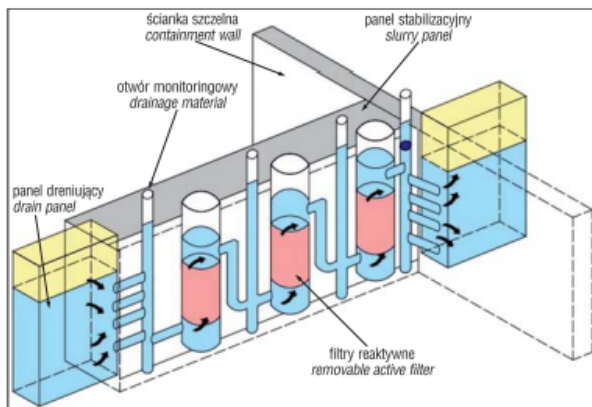
Obr. 1 – Nepriepustné bariéry – zhotovovanie tesniacich podzemných stien (foto archív Menard)

Konštrukcia reaktívnych bariér (Obr. 2 vľavo) je technológia, ktorá sa vyvíja posledných desať až dvadsať rokov. Tieto konštrukcie môžu mať formu súvislej línie alebo formu takzvaného lievika a brán. Znečistenie vody sa odstraňuje pomocou geochemických reakcií, ktoré nastanú pri kontakte kontaminantov s reaktívnym materiálom bariéry [3, 4, 7].

Najúčinnejším spôsobom eliminácie nečistôt v podzemnej vode s rôznymi vlastnosťami a chemickým zložením je použitie bariéry naplnenej sekvenciou reaktívnych materiálov, nazývaných viacvrstvová priepustná reaktívna bariéra (WPBR). Touto metódou je možné znížiť koncentráciu znečisťujúcich látok na hodnoty, pri ktorých je možné odstrániť zostatkové látky prirodzeným čistením. Proces čistenia vody prebieha na základe sorpcie znečisťujúcich látok na povrchu aktívneho uhlia, ktoré vyplňuje bariéru. Druhým najbežnejším reaktívnym materiálom používaným v bariérach je nano-železo, ktoré umožňuje redukciu organických a anorganických zlúčenín. Materiály, používané v priepustných sorpčných bariérach sú zeolity [5] a aktívne uhlie [2], viažúce nečistoty na povrchu aktívneho materiálu iónovou výmenou, adsorpciou a zrážaním [1, 6]. Účinnosť procesu čistenia podzemných vôd pomocou reaktívnych bariér závisí od vlastností kontaminantov, ich koncentrácie, rozpustnosti a pH. Pri navrhovaní bariéry je potrebné brať do úvahy filtračné vlastnosti reaktívnych materiálov a dobu kontaktu nečistôt s reaktívnym materiálom. Ďalšou výhodou použitia priepustných



reaktívnych bariér je, že sanovaná oblasť môže byť monitorovaná na diaľku. Príkladom uplatnenia tejto metódy sanácie firmou Menard je oblasť závodu, kde bol v rokoch 1902-1962 vyrábaný koks. Výsledky predbežných testov ukázali vysokú koncentráciu PAH v zeminách. Na ochranu miestnych rezervoárov vody v hĺbke 6 a 8 m, boli nainštalované 3 aktívne priepustné bariéry (obrázok 2 vpravo). Ich dĺžka bola 430 m, plocha 3520 m<sup>2</sup>. Každá bariéra obsahovala dva aktívne filtre s kapacitou 150 kg, ktoré boli vymieňané raz ročne. Prietok podzemnej vody cez bránu bol v priemere okolo 1,5 m<sup>3</sup>/h a bol regulovaný na jar, počas vysokých hladín vody. Brány boli usporiadané buď sériovo (za sebou) alebo paralelne, v závislosti od typu znečistenia. Na monitorovanie kvality vody boli v prietokovej dráhe nainštalované piezometre, z ktorých boli odoberané vzorky na chemické analýzy.



Obr. 2 – Vľavo: Schéma reaktívnej bariéry;



Vpravo: Priepustná reaktívna bariéra (foto archív Menard)

Voľba vhodnej sanačnej metódy závisí od podmienok vody a životného prostredia špecifických pre výskyt rôznych typov kontaminantov. Čistenie zemín a podzemných vôd je komplexným problémom. Najbežnejším riešením je použitie kombinácie viacerých technológií, kombinácie ex-situ a in-situ metód. Rozvoj in-situ metód sanácie zemín a podzemných vôd vyplýva z hľadania alternatív k ex-situ metódam, ktorých vedľajším produktom je veľké množstvo odpadu.

## LITERATÚRA

- [1] ANDERSON A., MITCHELL P. 2003 – Treatment of mercury-contaminated soil, mine waste and sludge using silica micro-encapsulation. TMS Annual Meeting, Extraction and Processing Division, Mar 2–6 2003, San Diego: 265–274.
- [2] AMBROSINI G., STENGLE R.H. 2003 – Anextensive test programme for permeable re-active barrier materials. Proc. XIII ECSMGE, Prague,1: 297–302.
- [3] BACIOCHI R., BONI M.R., D'APRILE L. 2003 – Characterization and performance of granular iron as reactive media for TCE degradation by permeable reactive barriers. *Water, Air, and Soil Pollution*, 149 (1–4): 211–226.
- [4] BIRKE V., BURMEIER H., ROSENAU D. 2003 – Design, construction, and operation of tailored permeable reactive barrier. *Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management*, 7 (4): 264–280.
- [5] PARK J., JUNG Y., HAN M., LEE S. 2002 – Simultaneous removal of cadmium and turbidity in contaminated soil-washing water by DAF and electroflotation. *Water Sc. Techn.*, 46 (11–12): 225–230.
- [6] ROHEL K.E., HUTTENLOCH P., CZURDA K. 2001 – Permeable sorption barriers for in situ remediation of polluted groundwater – reactive materials and reaction mechanisms. [In:] Green 3, The Exploitation of Natural Resources and the Consequences. Thomas Tel-ford Publishing, London.
- [7] SUTHERSAN S.S. 1997 – *Remediation Engineering: Design Concepts*, Lewis Publishers, Boca Raton.

## ZHODNOCENÍ NEGATIVNÍHO VLIVU STRUSKOVÉ DEPONIE NA JESKYNNÍ SYSTÉM RUDICKÉ PROPADÁNÍ – BÝČÍ SKÁLA

**Vít Baldík<sup>1</sup>, Martin Dostalík<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Česká geologická služba, Leitnerova 22, 658 69 Brno, vit.baldik@geology.cz

<sup>2</sup> Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1, martin.dostalik@geology.cz

### KLÍČOVÉ SLOVA

strusková deponie, geofyzikální měření, Rudické propadání, numerické stanovení objemu, mobilizace chemických složek, geochemická analýza

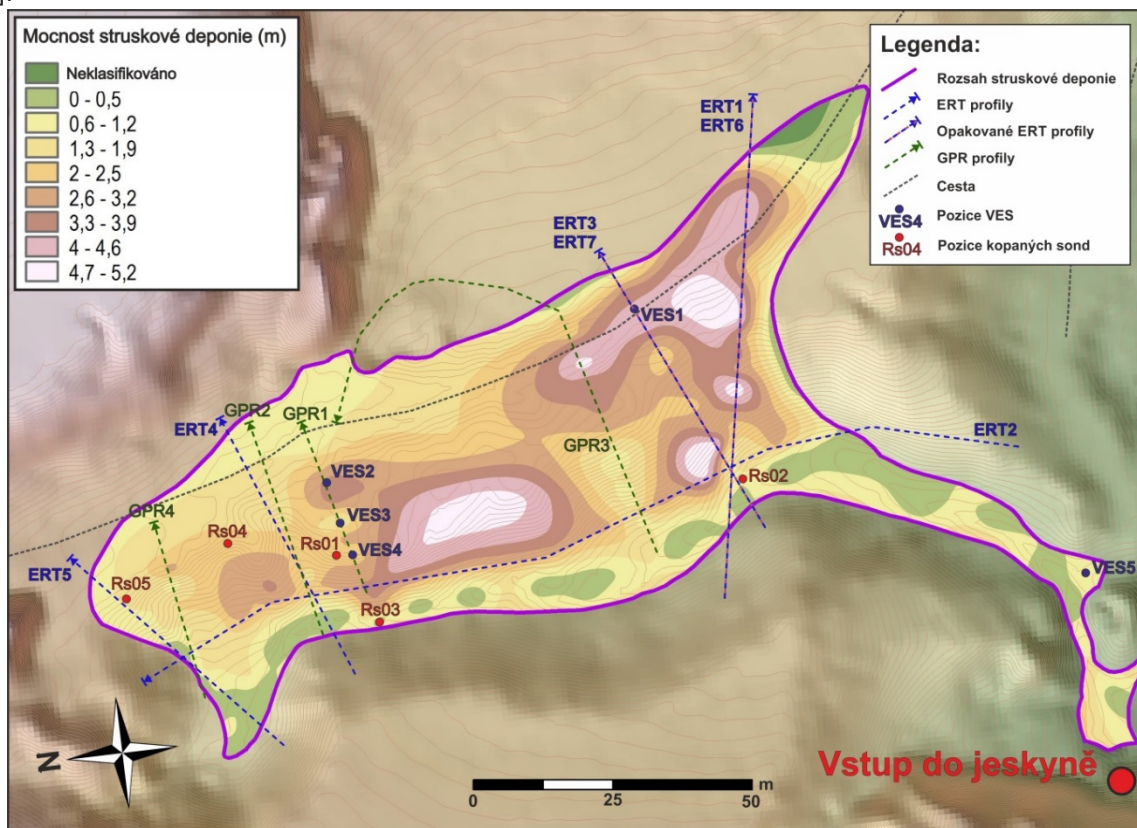
NPP Rudické propadání má nejmohutnější ponorný aktivní jícen v ČR. Celý jeskynní systém Rudické propadání – Býčí skála má v současné době téměř 13 kilometrů. Východní svah údolí ("Ve struskách") je pokryt volně sypaným nesoudržným materiálem, který je pravidelně transportován do jeskynního systému v dlouhodobě neudržitelné míře a už je provlečen celým jeskynním systémem. Zavážení žlíbku struskou bylo spojeno se zpracováním železné rudy v blízké Salmově Huti v 18 a 19 století.

Stěžejní činnost v rámci tohoto projektu byla vymezení polohy a objemu struskové deponie (SD) geofyzikálními metodami ERT [1], VES a GPR [2]. Následně bylo provedeno IG mapování, pedologická sondáž pomocí zarážených a kopaných sond a na základě kombinace morfologických indikátorů a interpretace GF dat byla odhadnuta mocnost SD. Změřeno bylo 7 ERT profilů o délce 540 m a 5 VES sond. Pro interpretaci jsme také použili 4 GPR profily o délce 200 m. První ERT měření bylo negativně ovlivněno přítomností souvislé vrstvy ledu v hloubce 70cm objevenou kopanou sondou RS03, proto bylo měření později opakováno s konfigurací přizpůsobenou předchozím výsledkům. Profily rovnoměrně pokrývají celé těleso s počátkem a koncem mimo struskovou depozici, pro její ohraničení. Jako příklad uvádíme profil ERT 4 (obr 2), který je dlouhý 54 m s převýšením 15 m. Řez je v poměru 1/1 a maximální dosažená hloubka je 20 m. Projevuje se zde svrchní anizotropní max. 3 m mocná vrstva, představující akumulaci struskového materiálu. Podklad strusky tvoří vrstva zvodnělých sprašových hlín a jeví výrazně vyšší odporovou homogenitu a nízké odpory. Nízkoodporová anomálie v metráži 35 – 40 představuje zvodnělou poruchovou zónu. Podloží sedimentárních vrstev tvoří homogenní vápence, břidlice a prachovce vykazující vysoký odpory. Výsledky metody VES ukázaly podobný obraz, ale jejich výsledky byly ovlivněny povrchovou nehomogenitou odporů. Výsledky potvrdily předešlé georadarové měření. Na základě kombinace morfologických indikátorů a interpretace geofyzikálních byla stanovena mocnost antropogenního odvalu strusky na 1 – 4 m s průměrnou mocností mezi 2 – 3 m a prostorová distribuce je znázorněna na obr 1.

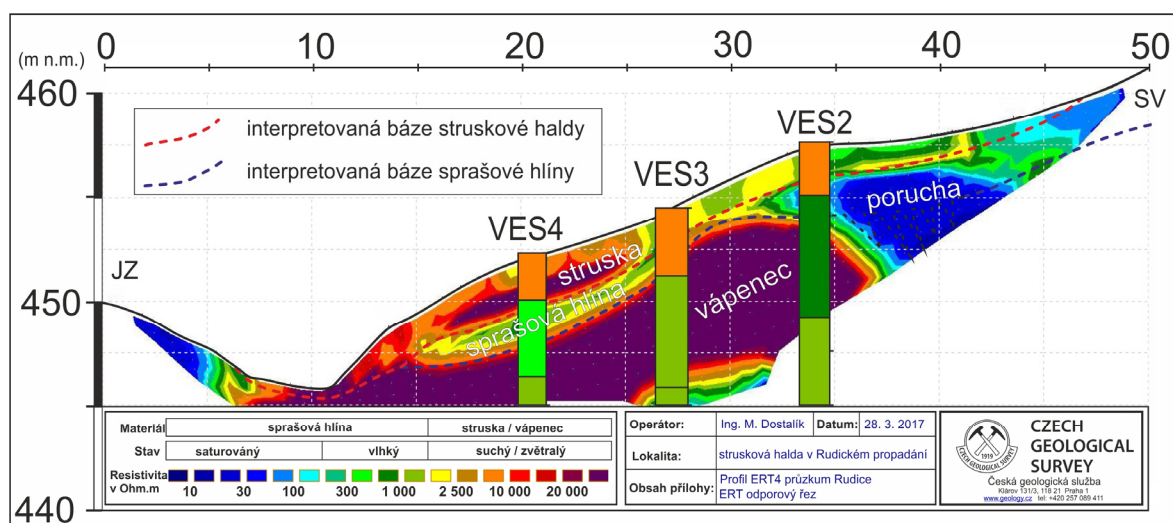
Následovalo numerické stanovení objemu SD, interpolací hodnot mocnosti do plochy vymezeného areálu pomocí algoritmu spline v GIS. K analýze povrchu terénu byl použit DMT vytvořený z LIDAR 5G (ČÚZK). Pro zkoumané území byl z těchto dat vygenerován grid DMT s horizontálním rozlišením 0,5 m a odvozeny další pomocné GIS vrstvy. Zdrojem 230 bodů byla kombinace geofyzikálních data mapování pomocí ručních zarážených sond s cílem stanovit mocnost vrstvy akumulace a její plošný rozsah. Objem struskové haldy vychází cca 14 až 15 tis. m<sup>3</sup> na zkoumané lokalitě na ploše cca 7200 m<sup>2</sup>.

V rámci posouzení vlivu mobilizace chemických složek, byla provedena geochemická analýza SD. To zahrnovalo komplexní charakteristika půd na lokalitě, petrografická charakteristika strusky na mikrosondě Cameca SX-100, silikátové analýzy a obsahy těžkých kovů metodou AAS a ICP-MS, sekvenční extrakční analýzy (SEA). Struska je významným antropogenním činitelem, který ovlivňuje celý jeskynní systém Rudické propadání – Býčí skála. Z výsledků geochemických analýz vyplývá, že

chemické složení strusky se liší jak v obsazích základních oxidů ( $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ...), tak i v koncentracích těžkých kovů. Část kovů ( $\text{Cd}$ ,  $\text{Zn}$ ) je částečně vázána na „karbonátovou frakci“ SEA. Ačkoli v krasovém prostředí nízké pH nepředpokládáme, tak mobilizaci kovů ve strusce ani jejich další transport horninovým prostředím, nelze vyloučit. Na struskový materiál působí kyselé půdní roztoky. Během dešťů tak může docházet kromě mobilizace pevného materiálu i k rozpouštění/vyluhování a transportu kovů. Nepředpokládáme však, že dosažené koncentrace kovů v krasových vodách budou rizikové. Z environmentálního hlediska tedy představuje strusková deponie především zdroj klastického materiálu, který znečišťuje jeskynní systém a ohrožuje speleotémy mechanickou abrazí [3].



Obr. 1. Rozložení průzkumných prací a interpolace hodnot mocnosti získaných geofyzikálními měřeními v areálu deponie.



Obr. 2. Interpretovaný odporový řez, profil ERT 4 v kombinaci s VES 2, 3 a 4 s červeně vyznačenou bází struskového tělesa a modře vyznačenou bází sprašových hlín.

**LITERATURA**

- [1] LOKE M. H. – Barker, R. D., (1996): Rapid leastsquare inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*, Vol. 44, p. 131 – 152.
- [2] TENGLER. R., (2016): Závěrečný zpráva, Rudice - orientační měření skládky, georadarový průzkum, Mělník.
- [3] BALDÍK V. – Krumlová, H. – Buriánek, D. – Kryštofová, E. – Janderková, J. – Sedláček, J. Mgr. – Novotný, R. – Dostálík, M. (2018): Mobilizace chemických složek struskové deponie v Národní přírodní rezervaci Rudické propadání. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku* 25, 1 – 2, 108 – 112. ISSN 1212-6209. DOI 10.5817/GVMS2018-1-2-108.

## Fe OXYHYDROXIDY: MINERALÓGIA, MIKROBIOLÓGIA A ICH ÚLOHA V PROCESE MIGRÁCIE POTENCIÁLNE TOXICKÝCH PRVKOV

**Bronislava Lalinská-Voleková, Ivona Kautmanová, Darina Arendt, Dana Szabóová, Eliška Gbúrová Štubňová**

SNM-Prírodovedné múzeum, Vajanského nábrežie 2, 810 06 Bratislava, Slovenská republika, bronislavalalinska@gmail.com

### KLÚČOVÉ SLOVÁ

Fe oxyhydroxidy, arzén, antimón, Sb ložiská, baktérie

### ÚVOD

Potenciálne toxické prvky ako arzén a antimón, predstavujú nebezpečenstvo pre ekosystém v okolí opustených antimónových ložísk na Slovensku. Hlavným cieľom tejto práce bolo komplexne opísať Fe oxyhydroxidy zo štyroch lokalít ovplyvnených ťažbou Sb rúd z hľadiska chemického, mineralogického a mikrobiologického. Určiť jednotlivé druhy v rámci mikrobiálneho spoločenstva, definovať ich percentuálne zastúpenie a posúdiť ich vplyv na mobilizáciu, resp. imobilizáciu arzenu a antimónu z kontaminovaného prostredia.

### METODIKA

Odber vzoriek Fe okrov sa realizoval na lokalitách Pezinok, Medzibrod, Dúbrava a Čučma. Na lokalitách Medzibrod a Čučma boli vzorky odobraté z výtokov štôlní, na lokalite Dúbrava z povrchových vôd ovplyvnených priesakom z odkaliska a na lokalite Pezinok z oboch prostredí (Obr. 1a,b). Vzorky pre mineralogický a geochemický výskum boli po odbere presitované na frakciu pod 0,063 mm a vysušené. Vzorky pre mikrobiologický výskum boli bezprostredne po odobratí zamrazené.

Minerálne zloženie vzoriek bolo stanovené na základe práškovej Rtg. difrakčnej analýzy a podporené IR spektroskopiou. Rtg. difrakčný záznam bol vyhotovený prístrojom Bruker Advance D8 za použitia  $\text{CuK}\alpha$  žiarenia (PriF UK, VVCE - SOLIPHA). Chemické zloženie vzoriek bolo stanovené v akreditovaných laboratóriách EL spol. s.r.o. (Spišská Nová Ves) a v ACME Analytical Laboratories Ltd., Vancouver (Canada) metódami ICP-AES resp. ICP-MS. DNA sa extrahovala z vybraných vzoriek súpravou UltraClean Soil DNA Kit od firmy MoBio Laboratories (Carlsbad, USA) podľa inštrukcií výrobcu. Všetkých 14 izolovaných vzoriek bolo preverených pomocou PCR analýzy so špecifickými primermi pre 16S rRNA (16S-F – 16S-R) a následne zaslaných na sekvenovanie metódou Next Generation Sequencing (NGS) do externého laboratória (Molecular Research LP, Texas USA), kde boli dáta tiež porovnané s dostupnou knižnicou a vyhodnotené do druhov.



Obr. 1a Fe oxyhydroxidy precipitujúce z banských vôd štôlne Budúcnosť na lokalite Pezinok, 1b Fe oxyhydroxidy precipitujúce z povrchových vôd ovplyvnených priesakom z odkaliska na lokalite Dúbrava.

### VÝSLEDKY A DISKUSIA

Z mineralogického hľadiska sú študované vzorky Fe okrov tvorené v hlavnej miere nanokryštalickým ferihydritom, v menšej miere sú prítomné stabilnejšie fázy ako goethit.

Z chemického hľadiska je zaujímavá extrémna hodnota As ( $202, 5 \text{ g.kg}^{-1}$  a  $206,0 \text{ g.kg}^{-1}$ ) sorbovaného na vzorky Fe okrov z Medzibrodu. Koncentrácia Sb viazaného na Fe okre je rádovo nižšia ( $7, 7,5 \text{ g.kg}^{-1}$  a  $10, 3 \text{ g.kg}^{-1}$ ) i napriek vyšším hodnotám Sb v koexistujúcej vode, čo naznačuje nižšiu afinitu Sb ku Fe oxyhydroxidom v porovnaní s As. Na lokalite Pezinok sa koncentrácia As v Fe okroch povrchových výtokov pohybuje v rozmedzí od  $7 400 \text{ mg.kg}^{-1}$  do  $134 \text{ g.kg}^{-1}$  a obsah Sb v rozpätí od  $2785 \text{ mg.kg}^{-1}$  do  $35 \text{ g.kg}^{-1}$ . Najextrémnejšie koncentrácie As boli zaznamenané v súvislosti s priesakom odkaliska v Pezinku –  $283 \text{ g.kg}^{-1}$ . V prípade lokality Dúbrava ide o rádovo nižšie koncentrácie ( $7399 \text{ mg.kg}^{-1}$  As,  $1925 \text{ mg.kg}^{-1}$  Sb).

MiSeq Illumina systém sekvenovania bol použitý na vybrané vzorky Fe oxyhydroxidov. Na základe sekvenačných dát bolo zistených celkovo 945 fun kčných taxonomických jednotiek (OTUs), z čoho 880 druhov predstavovali baktérie. Z hľadiska druhového obsahu prevládala vo vzorke *Gallionella spp.* (19%), *Sulfuricurvum spp.* (10,3%) a *Rhodoferrax spp.* (5,6%) a *Melioribacter roseus* (2%). Údaje z lokality Pezinok sme porovnali so sekvenačnými dátami z roku 2011, pričom sme zaznamenali dramatický nárast železo a síru oxidujúcich baktérií, ako aj zmenu aeróbných heterotrofných baktérií, ktoré sa nachádzali na lokalite pred siedmimi rokmi, za fakultatívne anaeróbne baktérie. Celkovo je možné konštatovať, že druhy baktérií, ktoré sme identifikovali vo vzorkách sa zhodujú s druhmi opísanými z oblastí kontaminovaných arzénom inými autormi [1,2]. Baktérie majú viacero rozličných stratégií prežitia v prostredí s vysokou koncentráciou arzenu. Arzeničnan, ktorý je zachytávaný bunkami v dôsledku jeho podobnosti s fosfátovým iónom, je redukovaný intracelulárne na arzenitan a následne sa transportuje von z cytoplazmy [3]. Pri neutrálnom alebo kyslom pH sa arzenitan podobá organickej zlúčenine glycerolu, a preto vstupuje do bunky cez akvaglyceroporíny. Najmä v aeróbnom prostredí kontaminovanom arzénom baktérie využívajú ako obranný mechanizmus aeróbne reduktázy arzenu [4].

### ZÁVER

Štúdium chemického zloženia okrových precipitátov nás utvrdilo o miere kontaminácie v okolí starých banských záťaží na študovaných územiach. Extrémne koncentrácie As vo vzorkách z Medzibrodu a Pezinka sú v porovnaní s celosvetovo publikovanými údajmi raritné. Z mikrobiologického hľadiska môžeme konštatovať, že i vzorky s vysokými koncentraciami potenciálne toxických prvkov sú obývané pestrými spoločenstvami mikroorganizmov, ktoré výrazne ovplyvňujú vznik sekundárnych Fe fáz a teda majú priamy vplyv na migráciu As a Sb v prostredí.

### POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-17-0317 a z Európskeho fondu regionálneho rozvoja, operačný program Výskum a vývoj, ITMS: 26230120004: „Vybudovanie výskumno-vývojovej infraštruktúry pre výskum genetickej biodiverzity organizmov a zapojenie do iniciatívy IBOL.“

### LITERATÚRA

- [1] MACUR, R.E., WHEELER, J.T., MCDERMOTT, T.R., AND INSKEEP, W.P. (2001) Microbial populations associated with the reduction and enhanced mobilization of arsenic in mine tailings. *Environmental Science and Technology*, 35, 3676–3682.
- [2] CAI, L., LIU, G., RENSING, C., AND WANG, G. (2009) Genes involved in arsenic transformation and resistance associated with different levels of arsenic-contaminated soils. *BMC Microbiology*, 9, 4.
- [3] ROSEN, B.P. (2002) Biochemistry of arsenic detoxification. *FEBS Letters*, 529, 86–92.

- [4] SILVER, S. AND PHUNG, L.T. (2005) Genes and enzymes involved in bacterial oxidation and reduction of inorganic arsenic. *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 599–608.



Ilustračné foto

## INICIATÍVY EURÓPSKÝCH SPOLOČENSTIEV V OBLASTI KONTAMINOVANÝCH LOKALÍT

Ing. Katarína Paluchová

Slovenská agentúra životného prostredia, Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica, Slovenská republika, katarina.paluchova@sazp.sk

Zo strategických dokumentov EÚ významnú úlohu naďalej zohráva tzv. Tematická stratégia na ochranu pôdy (Thematic Strategy for Soil Protection) z roku 2006, ktorá upozorňuje, že prevencia kontaminácie pôdy je veľmi dôležitá pre zachovanie správnych fyzikálnych a chemických vlastností pôdy, ako aj kvality pôdy a pre zabezpečenie ochrany ostatných zložiek prírodného prostredia. Vyzýva Komisiu, aby zabezpečila dodržiavanie tohto cieľa súčasnými a budúcimi právnymi predpismi Spoločenstva. Ďalej upozorňuje, že na získanie potrebných informácií a vytvorenie databáz na nakladanie s dedičstvom kontaminácie pôdy je potrebný systematický prístup určovania kontaminovaných miest založený na sledovaní objektívnych parametrov a spoločnom zozname činností, čo dá signál hospodárskym subjektom, aby prijali účinné preventívne opatrenia na zabránenie budúcej kontaminácii; a že postup identifikácie kontaminovanej pôdy musí byť spojený s požiadavkou prístupu založeného na hodnotení rizika. Okrem iného uvádza, že počet potenciálne kontaminovaných miest v EÚ-25 sa odhaduje približne na 3,5 milióna [1].

Ďalší významný strategický dokument Siedmy environmentálny akčný program Dobrý život v rámci možností našej planéty uvádza, že požiadavka rámcovej smernice o vode dosiahnuť *dobrý ekologický stav* do roku 2015 sa splnení pravdepodobne len v prípade zhruba 53 % útvarov povrchových vôd v EÚ. Podľa 7. EAP sa predpokladá, že v celej EÚ je kontaminovaných vyše pol milióna lokalít, a pokiaľ sa tieto lokality neidentifikujú a nevyhodnotia, budú naďalej predstavovať potenciálne závažné environmentálne a zdravotné riziká. Dokument navrhuje zvýšiť úsilie zamerané na sanáciu kontaminovaných území [2].

Problematike kontaminovaných území sa venovala aj 6. ministerská konferencia o životnom prostredí a zdraví v Ostrave (13. – 15. 6. 2017). Jej hlavným zámerom bolo postaviť európsky proces ochrany životného prostredia a zdravia ako platformu implementácie vybraných a relevantných cieľov v oblasti životného prostredia a zdravia do roku 2030. Ostravská deklarácia vytýčila 7 priorít. V prípade SR sa na jej základe pripravil a v roku 2019 vládou schválil Akčný plán pre životné prostredie a zdravie obyvateľov Slovenskej republiky V. (NEHAP V.) Aj priorita uvedená v Ostravskej deklarácii – Predchádzanie a odstraňovanie nepriaznivých vplyvov na životné prostredie a zdravie, nákladov a nerovností súvisiacich s odpadovým hospodárstvom a kontaminovanými lokalitami prostredníctvom pokroku smerom k odstráneniu nekontrolovaného a nelegálneho zneškodňovania a obchodovania s odpadmi a riadneho nakladania s odpadmi a kontaminovanými lokalitami v kontexte prechodu na obehové hospodárstvo – sa premietla na Slovensku do prípravy NEHAP V. Cieľom dokumentu v tejto oblasti sa stáva súčinnosť MŽP SR s orgánmi na ochranu verejného zdravia pri komunikácii rizík plynúcich z kontaminovaných území, ktoré môžu mať vplyv na dotknuté obyvateľstvo.

V rámci Európskych spoločenstiev existuje niekoľko iniciatív zameraných, okrem iného, aj na problematiku znečistených území. Ide o NRC Soil (Národné referenčné centrum pre pôdu) pri Európskej environmentálnej agentúre (EEA) v Kodani [3], Common Forum on Contaminated Land in EU (Spoločné fórum pre kontaminované územia v EÚ [4]) a Ad-hoc WG Contaminated Sites and Brownfields (Pracovná skupina pre kontaminované lokality a brownfieldy), ktorá až do roku 2018 pôsobila ako jedna z iniciatív Spoločného výskumného centra (JRC) v Ispre [5]. Slovenská republika je aktívnym členom a má zastúpenie vo všetkých predmetných skupinách prostredníctvom expertov z MŽP SR, SAŽP a VÚPOP. V rámci priemyselných združení ide najmä o iniciatívu medzinárodnej siete



NICOLE (Network for Industrially Co-ordinated Sustainable Land management in Europe), ktorá zastrešuje oblasť spolupráce akademickej obce s priemyslom a poskytovateľmi služieb v oblasti kontaminovaných území [6].

Z dôležitých dokumentov týkajúcich sa kontaminovaných území boli z iniciatívy EK, JRC, EEA v spolupráci s pracovnou skupinou Ad-hoc WG Contaminated Sites and Brownfields pripravené nasledovné publikácie, ktoré sa venujú problematike kontaminácie. V publikácii Status of local soil contamination in Europe. Revision of the indicator: Progress in the management of Contaminated Sites in Europe [7] sa uvádza, že v roku 2014 bolo v EÚ sanovaných 65 369 lokalít, z toho 14 360 bolo v procese sanácie príp. nápravných opatrení, z toho bolo realizovaných cca 14 tisíc nových sanácií za posledných 5 rokov.



Obr. 1 – 3 Titulné strany publikácií o kontaminovanej pôde v Európe, ktoré vydali JRC a Eionet NRC Soil

Ďalší dokument Remediation sites and brownfields – Success stories in Europe [8] približuje úspešné príklady manažmentu kontaminovaných lokalít v rámci EÚ. Medzi témy publikácie patrí problematika brownfieldov, rekultivácie skládok, problematika bankských lokalít, informačných technológií, výskumu a projekty zamerané na hodnotenie ich vplyvu na zdravie. Zo strany Slovenskej republiky sú v publikácii spomenuté dve úspešné aktivity, a to školský program Enviróza ako jedinečný európsky projekt zameraný na mládež v oblasti environmentálnych záťaží na Slovensku a Informačný systém environmentálnych záťaží. V dokumente European Achievements in Soil Remediation and Brownfield Redevelopment [9] sú obdobne uvedené články týkajúce sa problematiky brownfieldov, rekultivácie skládok, problematiky bankských lokalít, informačných technológií a výskumu. Tri články publikácie sú tematicky zamerané aj na historické úspechy niektorých krajín v riešení kontaminovaných území (Maďarsko, Španielsko a Taliansko).

Z posledných významnejších aktivít zameraných na manažment znečistených území v priebehu roku 2019 je možné spomenúť intenzívny pracovný workshop pod názvom EIONET Meeting National References Centres Soil 2019 including Workshop Soil Monitoring, Session on soil contamination with Ad hoc WG Contaminated Sites and Brownfields, ktorý sa konal v dňoch 12. až 14. 2. 2019 na pôde EEA v Kodani aj za účasti expertov zo Slovenskej a Českej republiky. Hlavné témy prednášok a diskusií boli zamerané na národné monitorovacie systémy vo vzťahu k pôde, medzinárodné projekty LUCAS Soil a WIKI, priority ochrany pôd v Európe, hodnotenie stavu a kvality pôd v Európe, aktivity Spoločného fóra pre kontaminované územia v EÚ (difúzna kontaminácia, spracovanie dotazníkov z členských krajín EÚ a iné).

Zo strany Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) boli prezentované výstupy Ostravskej deklarácia ministrov životného prostredia a zdravia so zameraním na ochranu pôd. Bolo prediskutované ďalšie smerovanie pracovnej skupiny Ad-hoc WG Contaminated Sites. Zástupcovia krajín EÚ boli vyzvaní na pripomienkovanie dokumentu SOER 2020 v oblasti pôdy. Dokument SOER 2020 – Správa životné prostredia Európy – stav a perspektíva 2020, obsahuje okrem iného aj kapitolu Kontaminácia pôdy. Zo sledovaných indikátorov venuje správa pozornosť difúznej a lokálnej kontaminácii. V prípade difúznej kontaminácie sa zameriava na ťažké kovy v pôdach a prekročenie kritického zaťaženia (S,N) a v prípade lokálnej kontaminácie na indikátor Progres v manažmente kontaminovaných lokalít. Významné prednášané a diskutované témy v rámci workshopu sa týkali aj degradácie a kontaminácie pôdy. Od jednotlivých krajín EÚ sa v priebehu februára – marca 2019 očakávalo pripomienkovanie SOER 2020 a zaslanie prípadových štúdií. Bol dohodnutý harmonogram (roadmap 2019) vo vzťahu k European Soil Condition Assessment 2020/21. Stále je otvorená diskusia o novom postavení a zameraní pracovnej skupiny Ad hoc WG Contaminated Sites and Brownfields, ktorá bola doteraz riadená JRC v Ispre. Keďže aktivity JRC v tejto oblasti prechádzajú na EEA v Kodani, predpokladá sa jej priradenie k projektu WIKI.

Vo februári 2019 boli krajiny sveta vyzvané organizáciou FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), UN Environment a WHO z podnetu Global Soil Partnership na vyplnenie dotazníka Assessment of the global status and regional trends of soil pollution. Cieľom tohto dotazníka je lepšie porozumenie problémom súvisiacim s kontamináciou pôdy v globálnom kontexte a identifikovanie znalostí, stavu riešenia, prípadne slabých miest v manažmente pôdy a hľadanie ďalších spoločných krokov pre zachovanie zdravej funkcie pôdy.

#### LITERATÚRA

- [1] [http://ec.europa.eu/environment/soil/three\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/soil/three_en.htm)
- [2] <http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/7eap/sk.pdf>
- [3] <https://www.eea.europa.eu/themes/soil>
- [4] <https://www.commonforum.eu>
- [5] <https://ec.europa.eu/jrc/en/about/jrc-site/ispra>
- [6] <http://www.nicole.org>
- [7] PAYÁ PÉREZ A., RODRÍGUEZ EUGENIO, N. Status of local soil contamination in Europe: Revision of the indicator Progress in the management Contaminated Sites in Europe, EUR 29124EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-80072-6, doi: 10.2760/093804, JRC107508
- [8] PAYÁ PÉREZ A. & PELAEZ SANCHEZ S., JRC, 2017. European achievements in soil remediation and brownfield redevelopment; doi: 10.2760/818120
- [9] JRC, 2015. Remediated sites and brownfields. Success stories in Europe; EUR 27530 EN; doi: 10.2788/406096

## PROJEKTY SLOVENSKEJ AGENTÚRY ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA V OBLASTI ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ (OP ŽP, 2007 –2013)

Elena Bradiaková

Slovenská agentúra životného prostredia, odbor analýz, hodnotenia životného prostredia a environmentálnych služieb, Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica, Slovenská republika, e-mail: elena.bradiakova@sazp.sk

### KĹÚČOVÉ SLOVÁ

environmentálna záťaž (EZ), Operačný program Životné prostredie, projekt, informačná a vzdelávacia aktivita, osвета



Obr. 1: Exkurzia účastníkov tréningového kurzu pre vysokoškolských pedagógov a doktorandov na lokalite EZ kameňolom Srdce v Devínskej Novej Vsi (január 2015, projekt INTEGRÁCIA)

Kľúčovým krokom, ktorý odštartoval systematické riešenie problematiky environmentálnych záťaží na Slovensku, bol projekt Systematická identifikácia environmentálnych záťaží Slovenskej republiky. (2006 – 2008). V rámci neho sa zmapovalo celé územie Slovenska a výsledkom bola celoplošná inventarizácia environmentálnych záťaží. Všetky získané informácie o jednotlivých lokalitách sa stali základom Informačného systému environmentálnych záťaží (ISEZ) a prostredníctvom neho sú aj verejne dostupné. ISEZ sa priebežne aktualizuje, modernizuje a dopĺňa, jeho zriaďovateľom a správcom obsahu je Ministerstvo životného prostredia SR (MŽP SR), technickým prevádzkovateľom ISEZ je Slovenská agentúra životného prostredia [1].

Projekty, ktoré priamo nadväzovali, sa realizovali do konca r. 2015 z finančných zdrojov Európskej únie. Išlo najmä o Kohézny fond v rámci Operačného programu Životné prostredie. Ich súčasťou – okrem zabezpečovania povinnej publicity – boli aj vzdelávacie, informačné či osvetové aktivity zamerané na verejnosť vrátane aktivít charakteru Citizen Science. Tento termín je pomerne mladý

a označuje aktivity, pri ktorých verejnosť participuje na získavaní vedeckých dát zväčša za využitia moderných technológií, ktoré sa po validácii využívajú v oficiálnych databázach a informačných zdrojoch. Na tieto projekty, ktoré museli byť finančne a vecne uzavreté do 31. decembra 2015, priamo nadviažu pripravované aktivity v rámci nového programového obdobia štrukturálnych fondov, ktoré zahŕňa obdobie rokov 2014 – 2020.

### OPERAČNÝ PROGRAM ŽIVOTNÉ PROSTREDIE (2007 – 2013)

Operačný program Životné prostredie (OP ŽP) slúžil ako programový dokument SR na čerpanie pomoci z fondov Európskej únie v sektore životného prostredia počas rokov 2007 – 2013. Dokument vypracovalo MŽP SR ako jeho riadiaci orgán a Európska komisia ho schválila 8. novembra 2007. Z finančného hľadiska bol druhým najväčším slovenským operačným programom s celkovým rozpočtom viac ako 2,14 miliardy €.

Environmentálne záťaž spadali pod prioritnú os 4 Odpadové hospodárstvo, operačný cieľ 4.4 Riešenie problematiky environmentálnych záťaží, vrátane ich odstraňovania. Špecifický cieľ tejto prioritnej osi sa naplňal prostredníctvom realizácie troch skupín aktivít zameraných na:

- monitorovanie a prieskum environmentálnych záťaží a spracovanie rizikových analýz,
- sanáciu najrizikovejších environmentálnych záťaží,
- dobudovanie informačného systému environmentálnych záťaží.

### PROJEKTY SLOVENSKEJ AGENTÚRY ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA V OBLASTI ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ PODPORENÉ V RÁMCI OP ŽP

Por. č.	Názov projektu	Trvanie projektu	Celková výška NFP (€)
1.	Regionálne štúdie hodnotenia dopadov environmentálnych záťaží na životné prostredie pre vybrané kraje (regióny)	10/2008 – 7/2010	319 485,75
2.	Dobudovanie informačného systému environmentálnych záťaží	09/2009 – 09/2014	922 733,88
3.	Osveta, práca s verejnosťou ako podpora pri riešení environmentálnych záťaží v SR	05/2012 – 08/2015	419 716,04
4.	Integrácia verejnosti do riešenia environmentálnych záťaží	09/2014 – 08/2015	239 694,71
5.	Štátny program sanácie environmentálnych záťaží 2016 – 2021	04/2015 – 12/2015	72 953,00

Tab. 1: Podporené a ukončené projekty v oblasti EZ zrealizované SAŽP v rámci OP ŽP (2007 – 2013)

#### ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE O PROJEKTOCH

1. Názov projektu	<b>REGIONÁLNE ŠTÚDIE HODNOTENIA DOPADOV ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE PRE VYBRANÉ KRAJE (REGIÓN Y)</b>
Akronym	STUDIEEZ
Zdroj financovania	Kohézny fond v rámci Operačného programu Životné prostredie
Termín realizácie	10/2008 – 7/2010
Výška NFP	319 485,75 €
Kód ITMS	24140110016
Hlavný cieľ projektu	Zhodnotiť dopady environmentálnych záťaží v jednotlivých krajoch SR na životné prostredie.
Projektový manažér	Ing. Jaromír Helma, PhD., jaromir.helma@sazp.sk
Web	<a href="http://www.sazp.sk/public/index/go.php?id=1745">http://www.sazp.sk/public/index/go.php?id=1745</a>

Informačné a osvetové (IO) aktivity projektu – odborné publikácie 2010

- Publikácie Problematika environmentálnych záťaží na Slovensku (SJ),
- State of the Contaminated sites in Slovakia (AJ).

Počet zrealizovaných IO aktivít 2

2. **Názov projektu** **DOBUDOVANIE INFORMAČNÉHO SYSTÉMU ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ**

Akronym DOBUDISEZ  
 Zdroj financovania Kohézny fond v rámci Operačného programu Životné prostredie  
 Termín realizácie 09/2009 – 09/2014  
 Výška NFP 922 733,88 €  
 Kód ITMS 24140110017

Hlavný cieľ projektu Podpora informovania verejnosti prostredníctvom Informačného systému environmentálnych záťaží a zabezpečenie jeho prepojenia s inými informačnými systémami/registrami verejnej správy.

Projektová manažérka Ing. Katarína Paluchová, katarina.paluchova@sazp.sk

Web <http://www.sazp.sk/public/index/go.php?id=1746>

Informačné a osvetové aktivity projektu – informačná a vzdelávacia kampaň pre štátnu správu a regionálnu samosprávu (2009 – 2013)

- Bratislavský kraj 15. 5. 2009, Trenčiansky kraj 14. 5. 2009, Trnavský kraj 13. 5. 2009, Nitriansky kraj 12. 5. 2009 – miesto konania: SEV SAŽP Modra Harmónia,
- Banskobystrický kraj 26. 5. 2009, Žilinský kraj 27. 5. 2009, Prešovský kraj 28. 5. 2009, Košický kraj 29. 5. 2009 – SEV SAŽP Drieňok Teplý Vrch,
- Banskobystrický kraj 21. 9. 2010, Prešovský kraj 22. 9. 2010, Košický kraj 23. 9. 2010 – SEV SAŽP Teplý Vrch,
- Bratislavský kraj 11. 6. 2010, Trenčiansky kraj 10. 6. 2010, Trnavský kraj 9. 6. 2010, Žilinský kraj 8. 6. 2010, Nitriansky kraj 7. 6. 2010 – SEV SAŽP Modra Harmónia,
- Nitriansky kraj 19. 9. 2011, Bratislavský kraj 20. 9. 2011, Trnavský kraj 21. 9. 2011, Trenčiansky kraj 22. 9. 2011 – Kaštieľ Mojmírovce,
- Banskobystrický kraj 12. 10. 2011, Žilinský kraj 13. 10. 2011 – SAŽP Banská Bystrica,
- Košický kraj 27. 10. 2011, Prešovský kraj 28. 10. 2011 – UVZ TU Košice, Herľany,
- Bratislavský kraj 3. 4. 2012 – SAŽP Bratislava,
- Košický kraj 18. 4. 2012, Prešovský kraj 19. 4. 2012 – Penzión Horse Inn Košice,
- Banskobystrický kraj 17. 5. 2012, Žilinský kraj 18. 5. 2012 – Úrad BBSK Banská Bystrica,
- Nitriansky kraj 17. 9. 2012, Trenčiansky kraj 18. 9. 2012, Trnavský kraj 19. 9. 2012 – Agroinštitút Nitra,
- Banskobystrický kraj 7. 3. 2013 – SAŽP Banská Bystrica.

Počet zrealizovaných IO aktivít 33

3. **Názov projektu** **OSVETA, PRÁCA S VEREJNOSŤOU AKO PODPORA PRI RIEŠENÍ ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ V SR**

Akronym OSVETA  
 Zdroj financovania Kohézny fond v rámci Operačného programu Životné prostredie  
 Termín realizácie 06/2012 – 08/2015  
 Výška NFP 419 716,04 €  
 Kód ITMS 24140110232

Hlavný cieľ projektu Zvýšenie povedomia širokej verejnosti v oblasti problematiky riešenia environmentálnych záťaží vrátane ich sanácií.

Projektová manažérka Ing. arch. Elena Bradiaková, elena.bradiakova@sazp.sk

Web <http://www.sazp.sk/public/index/go.php?id=2222>

## Informačné a osvetové aktivity projektu (2013 – 2015)

- Seminára pre držiteľov environmentálnych záťaží 1, 2, 3 – miesta a termíny konania: Banská Bystrica 27. 2. 2013, Nitra 22. 10. 2013, Vysoké Tatry – Štrbské Pleso 30. 09. 2014,
- Seminár pre odborne spôsobilé osoby v oblasti environmentálnych záťaží – Bratislava 25. 6. 2013,
- Seminár pre štátnu správu v oblasti environmentálnych záťaží – Bratislava 13. 5. 2014,
- Prezentačný deň o problematike environmentálnych záťaží – Banská Bystrica 17. 3. 2015,
- Medzinárodná konferencia International Conference Contaminated Sites Bratislava 2013 – Bratislava 29. – 31. 5. 2013,
- Česko-slovenská konferencia Znečistené územia Štrbské Pleso 2014 – Vysoké Tatry – Štrbské Pleso 23. – 25. 4. 2014,
- Vydanie publikácie Riešenie environmentálnych záťaží na Slovensku (SAŽP 01/2015) v slovenskom a anglickom jazyku,
- Vydanie a distribúcia propagačných letákov pre laickú a odbornú verejnosť v slovenskom a v anglickom jazyku – Environmentálne záťaž na Slovensku – základné informácie pre laickú verejnosť (SAŽP, 01/2014) a Environmentálne záťaž na Slovensku – základné informácie pre odbornú verejnosť (SAŽP 01/2014),
- 30-minútový dokumentárny film Environmentálne záťaž na Slovensku s anglickými titulkami (SAŽP 2015),
- 6 krátkych videoklipov so zameraním na znečisťujúce látky a súvisiace zdravotné riziká – Aromatické uhľovodíky • Arzén • Chlórované alifatické uhľovodíky • Ortuť • Polychlórované bifenyly • Pesticídy (2015),
- Vydanie mimoriadneho čísla environmentálneho magazínu Environmentálne záťaž (SAŽP 07/2015),
- Vydanie 2 zborníkov k medzinárodným konferenciám (05/2013 a 04/2014),
- Veľtrh environmentálnych výučbových programov ŠÍŠKA pre učiteľov, koordinátorov a odborných pracovníkov environmentálnej výchovy – Látky-Prašivá 17. – 19. 10. 2013,
- EnviroTázniky – olympiáda/korešpondenčná vedomostná súťaž o životnom prostredí určená pre žiakov II. stupňa základných škôl na tému EZ v školskom roku 2014/2015 ([www.envirotazniky.sk](http://www.envirotazniky.sk)),
- Školský program zameraný na mapovanie vybraných environmentálnych záťaží pre II. stupeň základných škôl a stredné školy Enviroza ([www.enviroza.sk](http://www.enviroza.sk)) v školskom roku 2013/2014 a 2014/2015,
- Vydanie plagátov, pracovných listov pre žiakov, metodické príručky pre pedagógov k školskému programu Enviroza (SAŽP 2013),
- Metodické dni/školenia pre učiteľov (materských, základných a stredných škôl) v oblasti environmentálnych záťaží (10 x) v roku 2014: DP MPC Nitra 14. 1. 2014, Stredoslovenské osvetové stredisko Banská Bystrica 16. 1. 2014, Základná škola Pionierska ul. 4 Brezno 17. 1. 2014, Centrum voľného času Ilava 11. 2. 2014, CVČ Malacky 12. 2. 2014, Centrum voľného času Tornaľa 17. 2. 2014, Regionálne osvetové stredisko Komárno 11. 3. 2014, Mestský úrad Poprad 14. 3. 2014, MPC Trnava 20. 3. 2014, Hornozemplínske osvetové stredisko Vranov nad Topľou 27. 3. 2014.

Počet zrealizovaných IO aktivít 40

4. Názov projektu	<b>INTEGRÁCIA VEREJNOSTI DO RIEŠENIA ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ</b>
Akronym	INTEGRÁCIA
Zdroj financovania	Kohézny fond v rámci Operačného programu Životné prostredie
Termín realizácie	09/2014 – 08/2015
Výška NFP	239 694,71 €
Kód ITMS	24140110300

Hlavný cieľ projektu	Zapojenie širokej verejnosti a propagácia aktivít týkajúcich sa environmentálnych záťaží vrátane ich sanácie.
Projektová manažérka	Ing. Zuzana Ďuriančíková, zuzana.duriancikova@sazp.sk
Web	<a href="http://www.sazp.sk/public/index/go.php?id=2466">http://www.sazp.sk/public/index/go.php?id=2466</a>
Informačné, vzdelávacie a osvetové aktivity projektu (2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tréningový kurz pre vysokoškolských pedagógov a doktorandov, Študijné a kongresové stredisko Modra-Harmónia 21. – 23. 1. 2015,</li> <li>• Odborný kurz Analýza rizika znečisteného územia, Hotel Sorea Trigan, Štrbské Pleso, Vysoké Tatry 18. – 20. 3. 2015, 13. – 15. 4. 2015, 27. – 29. 4. 2015,</li> <li>• Prednáškovo-terénny kurz prieskumných a sanačných metód environmentálnych záťaží, Banská Štiavnica 11. – 15. 5. 2015,</li> <li>• Medzinárodná konferencia so zameraním na problematiku environmentálnych záťaží (International Conference Contaminated Sites Bratislava 2015), Hotel Nivy 27. – 29. 5. 2015,</li> <li>• Školenia pre učiteľov (materských, základných a stredných škôl) v oblasti environmentálnych záťaží (10 x) – Banská Bystrica 20. 1. 2015, Brezno 21. 1. 2015, Košice 3. 2. 2015, Nitra 4. 2. 2015, Prievidza 10. 2. 2015, Dunajská Streda 12. 2. 2015, Stará Ľubovňa 12. 2. 2015, Komárno 12. 3. 2015, Trnava 24. 3. 2015, Žilina 27. 3. 2015, vyškolených spolu 177 pedagógov,</li> <li>• publikácia (monografia) Environmentálne záťaž (08/2015).</li> </ul>
Počet zrealizovaných IO aktivít	17

5. Názov projektu	<b>ŠTÁTNY PROGRAM SANÁCIE ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ (2016 – 2021)</b>
Akronym	SANÁCIE
Zdroj financovania	Kohézny fond v rámci Operačného programu Životné prostredie
Termín realizácie	04/2015 – 12/2015
Výška NFP	72 953,00 €
Kód ITMS	24140110302
Hlavný cieľ projektu	Spracovanie nového Štátneho programu sanácie environmentálnych záťaží (ŠPS EZ) 2016 – 2021
Projektová manažérka	Ing. Katarína Paluchová, katarina.paluchova@sazp.sk
Web	<a href="http://www.sazp.sk/public/index/go.php?id=2467">http://www.sazp.sk/public/index/go.php?id=2467</a>
Informačné, vzdelávacie a osvetové aktivity projektu (2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zverejňovanie informácií v tlači s celoštátnym dosahom v priebehu prípravy a schvaľovania strategického dokumentu Štátny program sanácie environmentálnych záťaží 2016 – 2021 v rámci procesu SEA, august až november 2015,</li> <li>• Verejné prerokovanie správy o hodnotení a návrhu strategického dokumentu s celoštátnym dosahom Štátny program sanácie environmentálnych záťaží 2016 – 2021, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava 18. 11. 2015.</li> </ul>
Počet zrealizovaných IO aktivít	5

## LITERATÚRA

[1] [www.sazp.sk](http://www.sazp.sk)



operačný program | životné prostredie

## VYUŽITIE POKROČILÝCH OXIDAČNÝCH PROCESOV PRI PILOTNOM TESTOVANÍ TECHNOLÓGIE NA ČISTENIE HETEROGÉNNEJ ZMESI KONTAMINANTOV V PODZEMNÝCH VODÁCH

Ing. Michaela Borošová, RNDr. Andrej Machlica, PhD., Ing. Vladimír Keklák,  
Mgr. Martin Kolesár, PhD.

DEKONTA Slovensko, spol. s r.o., Odeská 49, 821 06 Bratislava, Slovenská republika,  
borosova@dekonta.com, machlica@dekonta.com, keklak@dekonta.com, kolesar@dekonta.com,

Metódy pokročilých oxidačných procesov (z angličtiny advanced oxidation processes AOP) sú v súčasnosti opäť často diskutovanou a študovanou témou. Jedným z hlavných dôvodov je schopnosť systému rozkladať perzistentné resp. ťažko degradovateľné zlúčeniny, ktoré sa vzhľadom k súčasným postupom vyskytujú v odpadových, povrchových a podzemných vodách stále častejšie a vo väčších koncentráciách. Prioritne sa na úpravu odpadných alebo skládkových vôd využívajú biologické metódy, vzhľadom na ich nižšie investičné a prevádzkové náklady. Mikroorganizmy majú obmedzenú schopnosť odstraňovania takýchto látok, pričom vysoké koncentrácie na nich pôsobia inhibične. Podobne je to aj v prípade použitia aktívneho uhlia. Vysoký obsah ťažko degradovateľných látok, hlavne vysokopolárnych látok, nie je schopné aktívne uhlie prípadne iný sorbent pohltiť.

Pri pilotnom testovaní na skládke CHZJD bol použitý rozklad látok, ktorý spočíval v kombinácii fyzikálno-chemických metód UV / H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Ako zdroj vody bola použitá skládková voda z lokality Vrakúňa (skládky CHZJD). Technologický systém pozostáva z 3 hlavných celkov a to - Aerácia, Fotooxidácia a Sorpcia.

Na základe predchádzajúcich laboratórnych testov sa potvrdila schopnosť vyššie uvedeného systému odstrániť kontaminanty skládkového znečistenia pod stanovené limity. Pri testovaní uvedenej vody v technologickom koncepte poloprevádzkových rozmerov systém nevykazoval porovnateľné výsledky s experimentálnymi testami v laboratórnom prostredí.

Problémy, ktoré sa vyskytli pri testovaní v poloprevádzke boli:

1. Chemická analýza vzoriek podzemnej vody ukázala výrazné rozdiely jednotlivých parametrov pri každom novom začerpaní vody z vrtu, čo reflektuje značný heterogénny charakter znečistenia. Táto odlišnosť vo vzorkách vôd sa prejavovala už pri prieskume skládky CHZJD v rokoch 2014-2015, kedy viaceré z prieskumných objektov vykazovali už senzorycky výrazne iné vlastnosti. Týkalo sa to nielen farby vzorky vody (oranžová, čierna, sivá, mliečna až biela) ale aj výrazného zápachu vo vrtoch. Z pohľadu obsahu znečisťujúcich látok v jednotlivých vrtoch sa taktiež prejavila výrazná heterogenita vzoriek. Pri pilotnom testovaní sa však prejavila aj výrazná lokálna heterogenita vôd. Táto sa prejavovala vo výrazne odlišnom zastúpení látok vo vrtoch, ktoré boli od seba vzdialené max do 10 m a aj napriek tomu mali medzi sebou výrazné rozdiely v obsahoch prítomných látok. Rozdiely boli zistené aj vo vzorkách vôd z toho istého vrtu, ktorý slúžil ako čerpací vrt pre technológiu. Tu boli po následných odberoch v krátkom časovom horizonte po sebe pomerne výrazné rozdiely v zložení odoberanej vody. Z tohto pohľadu predstavuje nešpecifickosť oxidačnej reakcie významný problém, kedy dochádza ku oxidácii prirodzených zložiek prostredia, to sú necieľové látky, hlavne humínové a anorganické látky, za súčasného nárastu potreby oxidačného činidla.
2. Prítomnosť väčšieho množstva humínových látok a micíel, spôsobovala problémy pri upchávaní citlivých častí technológie, čím bolo udržanie prietoku na konštantnej úrovni počas pilotných skúšok veľmi problematické.
3. Vzhľadom k bodu 1 a 2, nedošlo pri fotooxidácii k požadovanému rozkladu látok v predpokladanom čase. Oxidácia látok bola iba čiastočná teda zmena TOC bola prakticky nulová.



Pri porovnaní parametrov TOC a CHSK bol ich pomer výrazne vysoký v niektorých prípadoch viac ako 30-násobne, čo poukazuje na prednostný rozklad anorganickej hmoty pred organickou.

4. Pomalý rozklad peroxidu vodíka spôsobený inhibítormi rozkladu ako napr. anorganické kyseliny a i. látky prítomné vo vode. Úplný rozklad peroxidu vodíka prebehol až po 27 hodinách od spustenia UV jednotky.
5. Rozklad látok je podmienený prestupom emitovaného UV žiarenia. Účinnosť systému výrazne klesá už po 2 cykloch. Prečistenie fotoreaktora od nečistôt a vyzrážaných látok sa ukázalo byť jedným z kľúčových faktorov.
6. Pridaním Fe katalyzátora došlo k výraznému zrýchleniu procesu, no doba fotooxidácie bola aj napriek tomu vysoká 9,5 hod. Počas tejto doby sa podarilo odstrániť 91 % pôvodného obsahu kontaminácie.

Záverom je možné konštatovať, že nešpecifickosť chemickej oxidácie so vzrastajúcou koncentráciou kontaminantov výrazne znižuje efektivitu tohto procesu. Proces však účinne rozkladá zmes skládkového znečistenia. V súčasnej dobe je technológia upravovaná do podoby, kedy by bol zabezpečený minimálny odpad – teda technológia by bola schopná pracovať na princípe „zero waste“.

V prípade súčasného vysokého obsahu anorganických kontaminantov vo vzorkách vôd na skládke CHZJD ako aj perzistentných HCH izomérov, veľmi obmedzene degradovateľných v systéme s fotooxidačnou jednotkou, je vhodné doplnenie technológie o redukčný stupeň zaradený pred fotojedinotku.

Vo vodách s vysokým obsahom micel a humínových látok je vhodné túto vzorku prefiltrovať, čím sa zníži ich celkové množstvo a v menšej miere tiež početnosť údržieb technológie.

Konštruovaná a testovaná technológia sa javí v tomto stupni poznania a výsledkov ako perspektívnou metódou vhodnou pre odstraňovanie heterogénnej zmesi kontaminantov avšak jej energetická náročnosť je zatiaľ nevyhovujúca z pohľadu najmä komerčného prevádzkovania. Potenciál testovanej technológie v aktuálnom usporiadaní pri minimalizácii odpadov sa javí ako pomerne zaujímavý a je potrebné celý systém ešte doladiť a nastaviť na konkrétne podmienky znečistenia.

Príspevok vznikol v rámci projektu „Výskum nového integrovaného procesu čistenia podzemných vôd znečistených zmesou organických a anorganických látok priemyselného pôvodu“ podporeného MH SR a realizovaného prostredníctvom výzvy SIEA.

#### LITERATÚRA

- [1] Chidambara Raj C.B., Quen Han Li (2005): Advanced oxidation processes for wastewater treatment: Optimization of UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process through a statical technique, Singapore.
- [2] Ottis J. (2017): Ověření metod dekontaminace skádkové vody z lokality Vrakuňa – I. etapa, IPR Aqua, Praha.
- [3] Ottis J. (2017): Ověření metod dekontaminace skádkové vody z lokality Vrakuňa – II. etapa, IPR Aqua, Praha.

## EFEKTIVITA VYBRANÝCH STABILIZAČNÝCH ČINIDIEL PRI CHEMICKEJ FIXÁCII ARZÉNU V TECHNOZEMI

**Tomáš Farago<sup>1</sup>, Ľubomír Jurkovič<sup>1</sup>, Martina Vítková<sup>2</sup>, Tatsiana Kulikova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra geochemie, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4, tomas.farago@uniba.sk

<sup>2</sup>Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Katedra geoenvironmentálních věd, Kamýcká 129, 165 00 Praha – Suchbátka, vitkovam@fzp.czu.cz

### KLÍČOVÉ SLOVÁ

stabilizácia kontaminantov, arzén, technozem, nanoželezo, AMO

### ÚVOD

Rozsiahla kontaminácia pôdy s potenciálne toxickými prvkami je veľkým environmentálnym a toxikologickým problémom. Kontaminanty vstupujú do rôznych zložiek životného prostredia (pôda, podzemná a povrchová voda, ovzdušie, mikrobiálne, rastlinné a živočíšne spoločenstvá) a môžu mať nepriaznivé účinky na jednotlivé biologické populácie, preto sú požadované nákladovo efektívne, bezpečné a čo najmenej deštruktívne sanačné techniky, pričom je potrebné vyhodnotiť ich efektívnosť v dlhodobom horizonte [1]. Pre stabilizáciu kontaminantov v pôdach, ako aj pre sanáciu znečistených lokalít sa používa veľké množstvo metód a postupov. Stabilizácia kontaminantov v pôdach je jedna z metód, ktoré dokážu eliminovať mobilnú frakciu stopových prvkov, potenciálne kontaminujúcich podzemné vody alebo potenciálne vstupujúcich do pôdnych mikroorganizmov. Stabilizácia kontaminantov v pôdach môže byť dosiahnutá rôznymi činidlami (nulavalentné nanoželezo (nZVI), oxid amorfného mangánu (AMO) a ich modifikácie - biochar, AMOchar), ktoré môžu adsorbovať a viazať kontaminanty v pevnej fáze pôd (napr. [2])

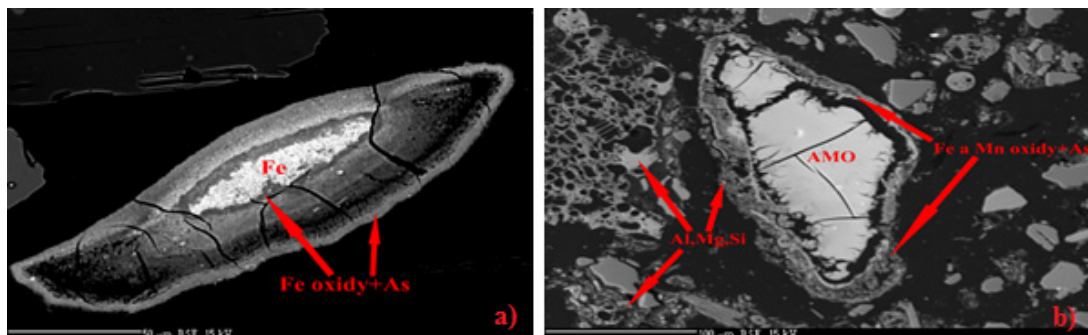
### METODIKA

Odber vzoriek určených na stabilizačné experimenty sa realizoval na dvoch miestach hornonitrianskej zaťaženej oblasti, v Zemianskych Kostoľanoch a v Čereňanoch. Na lokalite Zemianske Kostoľany sa z vykopanej pôdnej sondy odobrala pevná vzorka (ZK1) z hĺbky 0-15 cm (vrstva nehomogénnej zeminy) a (ZK2) z hĺbky 15-30 cm (vrstva popola). V katastrálnom území obce Čereňany sa odoberala pevná vzorka (CE) z hĺbky 0-40 cm (zmes pôdy a elektrárenského popola). Odobraté vzorky reprezentujú priemerné zloženie nehomogénnej zeminy a popola. Vzorky sa nechali vysušiť pri laboratórnej teplote a následne boli homogenizované a presitované (frakcia <2 mm). Pevné vzorky boli analyzované v akreditovaných laboratóriách EL spol. s.r.o. (Spišská Nová Ves) metódami ICP-AES resp. ICP-MS. Pre stabilizačné experimenty boli zvolené 2 stabilizačné činidlá – nulavalentné nanoželezo (nZVI) a amorfný oxid mangánu (AMO), ktoré sa aplikovali do substrátu (1 hm.%) a po dôkladnom premiešaní sa udržiavali pri konštantnej vlhkosti 60 % podľa postupu Vítková et al. [3]. Analýzy výluhov sa realizovali v laboratóriách FŽP ČZU v Prahe metódami – ICP-OES.

### VÝSLEDKY A DISKUSIA

Celkové obsahy kontaminantov v technozemiach použitých pri stabilizačných experimentoch potvrdzujú fakt, že lokalita je vysoko kontaminovaná rizikovými stopovými prvkami. Vzorka ZK2 (zmiešaná vzorka pochovaného popola a pôdy) obsahuje vysokú koncentráciu As ( $1334 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), v ostatných vzorkách boli koncentrácie As nižšie, avšak celkové obsahy As vo vzorkách prekračujú limitné hodnoty pre As v poľnohospodárskych pôdach ( $\text{As} = 25 \text{ mg.kg}^{-1}$ , Zákon č. 220/2004 Z. z.). Stabilizačné experimenty s nZVI a AMO potvrdili nízku vylúhovateľnosť arzénu po aplikácii použitých činidiel v pôdach. Z výsledkov vyplýva, že arzén bol najúčinnšie stabilizovaný počas experimentov s nZVI (92,07 – 97,16 %), bez pridania stabilizačného činidla boli hodnoty tiež vysoké (90,90 ~až 92,72 %). Výsledky stabilizačných experimentov s AMO boli odlišné pre jednotlivé pôdne substráty (CE ~

80,08 %, ZK2 ~ 90,42 %, ZK1 ~ 97,70 %). Výsledky mikrosondových analýz kontaminovaných technozemí po realizácii stabilizačných experimentoch poukazujú na prítomnosť vyvráždenej nZVI a AMO (Obr. 1a,b). V jadre Fe oxidov (Obr. 1a) bola koncentrácia As nulová a smerom k okraju týchto oxidov došlo k výraznému nárastu koncentrácií  $As_2O_3$  (v priemere 0,41 hm.%). Vo všetkých vzorkách sa vyskytuje zrazenina AMO (Obr. 1b) s približne rovnakou koncentráciou  $As_2O_3$  (v priemere 3,71 hm.%).



Obr. 1a) BSE snímka precipitovaných Fe oxidov, b) BSE snímka častíc AMO, amorfných skiel a ďalších Fe-Mn oxidov

Vítková et al. [3] skúmali účinnosť nZVI z hľadiska imobilizácie arzénu v pôdach a jeho potenciálny príjem rastlinami. Potvrdili zvýšenú imobilizačnú schopnosť arzénu v pôdach a nezaznamenali žiadny negatívny vplyv koreňov rastlín na funkčnosť nZVI. Kľúčovým imobilizačným mechanizmom pri aplikácii nZVI je sorpcia spojená s oxidmi a oxyhydroxidmi Fe/Mn a tvorbou sekundárnych Fe-As fáz.

## ZÁVER

Stabilizácia As s použitými stabilizačnými činidlami potvrdila nízku mobilizáciu arzénu z pevných fáz technozemí po ich aplikácii. Chemická fixácia As s použitím nulavalentného nanoželeza (nZVI) bola najúčinnjšia (v rozmedzí 92,07 – 97,16 %). Z výsledkov stabilizačných experimentov s nulavalentným nanoželezom vyplýva, že počas experimentov dôjde k rýchlej precipitácii oxidov, na ktoré je As viazaný. Na základe mikroskopického štúdia po stabilizačných experimentoch s AMO je zrejmé, že v každej vzorke sa vyskytujú vyvráždene oxidy Mn alebo viditeľná spoločná fáza Fe-Mn oxidov, ktoré vznikajú počas aplikácie činidla AMO v pôdnom substráte. Najväčším problémom stabilizačných experimentov môže byť zmena hodnoty pH zložiek životného prostredia, pretože výraznejšie zvýšenie pH počas stabilizačných experimentov s AMO môže spôsobiť rozklad organickej hmoty a tým môže dôjsť k opätovnému rozpúšťaniu As.

## POĎAKOVANIE

Táto práca bola vypracovaná na základe podpory projektov UK/187/2016, VEGA 1/0597/17, APVV-17-0317 a s podporou Grantovej agentúry ČR (projekt č. 18-24782Y).

## LITERATÚRA

- [1] Komárek, M., Vaněk, A., Ettler, V., 2013: Chemical stabilization of metals and arsenic in contaminated soils using oxides – A review. *Environmental Pollution*, 172, 9 – 22
- [2] Kumpiene, J., Ore, S., Renella, G., Mench, M., Lagerkvist, A., Maurice, Ch., 2006: Assessment of zerovalent iron for stabilization of chromium, copper, and arsenic in soil. *Environmental Pollution*, 144, 62 – 69
- [3] 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, 217 – 226

## STATISTICKÉ VÝSLEDKY IDENTIFIKACE INDICIÍ KONTAMINOVANÝCH MÍST POMOCÍ METOD DPZ

**Řeřicha Jaroslav, Suchánek Zdeněk, Krhovský Jan**

CENIA, česká informační agentura životního prostředí, Vršovická 1442/65, 100 10 Praha 10, Česká republika, jaroslav.rericha@cenia.cz

Indicie kontaminovaných míst jsou vizuální projevy možného kontaminovaného místa (KM) na leteckých a satelitních snímcích. Pro Národní inventarizaci kontaminovaných míst resp. projekt NIKM 2 [1] byly indicie vyhledávány interpretací dat dálkového průzkumu Země (DPZ) s použitím metod připravených v projektu NIKM 1 [2] a aktualizovaných v dalších letech [3] [4].

### SOUHRNNÉ VÝSLEDKY IDENTIFIKACE INDICIÍ KM

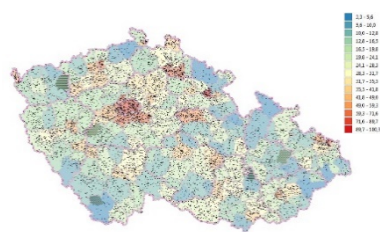
Prvotní a revizní interpretací byly postupně zkvalitňovány datové vrstvy nálezové báze. Získané soubory dat slouží pro potřeby řízení terénních prací. Data byla analyzována nástroji GIS (QGIS) a běžnými statistickými nástroji. Z počtu 34 666 indicí z prvotní interpretace zůstalo po revizi 17 011 indicí zařazených do 14 typů (viz tabulka 1).

Kód	Typ indicie	Počet indicí	Hustota indicí na 100 km <sup>2</sup>	Kód	Typ indicie	Počet indicí	Hustota indicí na 100 km <sup>2</sup>
<i>a</i>	průmyslový areál s vlivem na ŽP	811	1,03	<i>p</i>	podezření na černou skládku	7 540	9,56
<i>b</i>	brownfield průmyslový	388	0,49	<i>r</i>	objekt indikovaný reliéfem (DMR5)	753	0,95
<i>c</i>	černá skládka	365	0,46	<i>s</i>	objekty SEKM s novou indicí	320	0,41
<i>h</i>	polní hnojiště	1 902	2,41	<i>t</i>	tovární skládka v areálu podniku	1 016	1,29
<i>j</i>	silážní jáma	463	0,59	<i>v</i>	vrakoviště	1 149	1,46
<i>l</i>	opuštěný lom	641	0,81	<i>z</i>	opuštěný zemědělský objekt – zemědělský brownfield	1 045	1,33
<i>o</i>	opuštěný objekt	486	0,62	<i>n</i>	neurčeno, jiný typ	132	0,17
CELKEM						17 011	21,57

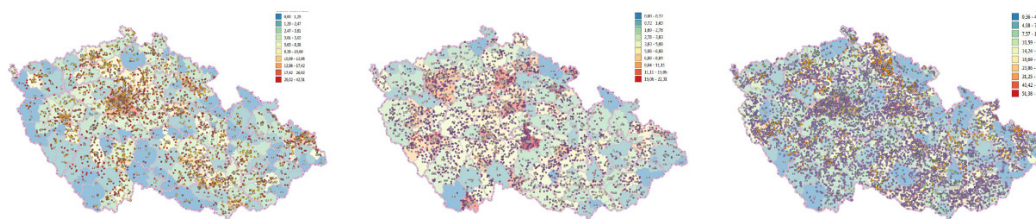
Tabulka 1 Souhrnné údaje identifikovaných indicí podle jejich typů

### DISTRIBUCE INDICIÍ KONTAMINOVANÝCH MÍST

Celková distribuce indicí a hustota indicí na 100 km<sup>2</sup> je zobrazena na obrázku 1. Typy indicí jsme sdružili do skupin podle vazby na průmyslovou (*a*, *b*, *t*, *v*) a zemědělskou (*h*, *j*, *z*) činnost a do skupiny typů indicí souvisejících s odpady (*c*, *p*, *l*, *r*) – viz obrázek 2. Mimo tyto skupiny zůstávají typy *o*, *s* a *n*.



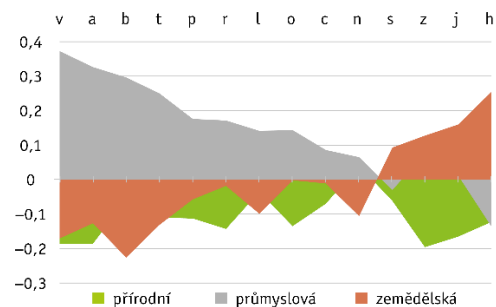
Obrázek 1 Lokalizace a hustoty indicí kontaminovaných míst na území ČR



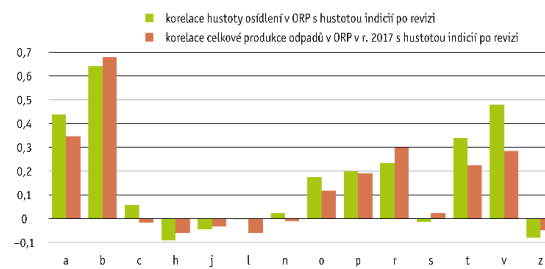
Obrázek 2 Lokalizace a hustoty indicí tří hlavních skupin (zleva doprava průmyslové, zemědělské a skládkové indicie)

### KORELACE DISTRIBUCE INDICIÍ S TYPY KRAJINY, PRODUKCIÍ ODPADŮ A HUSTOTU OSÍDLNÍ

Ze získaných dat lze vysledovat určité vazby distribuce indicí na typ krajiny (obrázek 3) a socio-ekonomické poměry, např. produkci odpadů či hustotu osídlení viz ukázka korelace v obrázku 4.



Obrázek 3 Korelace hustoty indicí s podílem typů krajiny v ORP



Obrázek 4 Korelace hustoty osídlení a produkce odpadů s hustotou indicí

Korelační koeficienty hustoty jednotlivých typů indicí s hustotou osídlení mají obdobnou hodnotu jako míra korelace s celkovou produkcí odpadů. Odpovídá to velmi vysoké míře korelace počtu obyvatel s celkovou produkcí odpadů ( $r=0,96$ ).

### ANALÝZA INDIVIDUÁLNÍCH PŘÍSTUPŮ JEDNOTLIVÝCH INTERPRETÁTORŮ

Část hodnocení byla věnována analýze individuálních přístupů jednotlivých interpretátorů (využito při jejich metodickém usměrňování) a vyhodnocení celkové konzistence dat. Srovnání průměrných hustot typů indicí klastrů ORP zpracovávaných v prvním sledu různými hodnotiteli vykazuje rozdíly. Souvisejí v první řadě s reálnou distribucí kontaminovaných míst v hodnocených ORP. Část této variability přičítáme přístupům hodnotitelů. Na individuální preference lze usuzovat z korelací mezi průměrnými hustotami a osobou hodnotitele. Rozdíly mezi hodnotiteli mohou souviset s jejich odborností (rozpoznávání lomů geologem – nadprůměrná hustota indicí  $I$ , používání DMR kartografem –  $r$ ), z odchylek v pojetí typů indicí ( $v$ ) a vnímání jejich závažnosti ( $p$ ), případně s úpravou metodiky po roce 2014 ( $h$ ). K potlačení zkreslení z rozdílných přístupů mezi hodnotiteli přispělo revizní vyhodnocení, spočívající v redukci nadbytečných indicí, v jejich přetypování a případném doplnění o další indicie.

### POĎAKOVANIE

Projekt NIKM 2 je spolufinancován z fondů Evropské unie - z Fondu soudržnosti v rámci Operačního programu Životní prostředí (oblast podpory 4.2. - Odstraňování starých ekologických zátěží)

### LITERATURA

- [1] SUCHÁNEK Z. (2016): Projekt inventarizace kontaminovaných míst k realizaci v rámci OPŽP 2014-2020. Sborník konference Sanační technologie XIX, Třeboň. Vodní zdroje Ekomonitor. ISBN 978-80-86832-92-0, Chrudim, s. 98-100.
- [2] DOUBRAVA P., JIRÁSKOVÁ L., PETRUCHOVÁ J., ROUŠAROVÁ Š., ŘEŘIČKA J., SUCHÁNEK Z. (2011): Metody dálkového průzkumu v projektu Národní inventarizace kontaminovaných míst. CENIA, česká informační agentura životního prostředí, ISBN: 978-80-85087-91-8, Praha, s. 1-94.
- [3] SUCHÁNEK Z., ŘEŘIČKA J. (2016): Update of the methodology for raster data interpretation (remote sensing) for detecting clues of contamination within the contaminated sites inventory project. Proceedings of International Conference Contaminated Sites 2016, Bratislava, s. 69-74.
- [4] SUCHÁNEK Z., ŘEŘIČKA J., KRHOVSKÝ J. (2018): Specification of the methodology for the review of clues of contaminated sites obtained with the use of remote sensing“. Slovak Environment Agency. International Conference Contaminated sites 2018, Banská Bystrica 8 – 10 October 2018, Conference Proceedings. Banská Bystrica, September 2018. ISBN: 978-80-89503-90-2. s. 67-71.

## UCELENÁ TECHNOLÓGIA BIOREMEDIÁCIE ZÍSKAVANÍM ÚŽITKOVÝCH ZLOŽIEK

Ľubica Kovaničová, Iveta Štyriaková, Katarína Čechovská, Ivana Semjanová, Michal Rečlo, Jaroslav Šuba

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, regionálne centrum Košice, Jesenského 8, 040 01 Košice, Slovenská republika, lubica.kovanicova@geology.sk

### ABSTRAKT

Bioremediácia je proces, ktorý prebieha na princípe lúhovania/mobilizácie toxických prvkov do výluhov zo znečisteného prostredia pôd. Toxické prvky majú negatívny dopad nielen na životné prostredie ale predovšetkým na zdravie ľudí [1]. Z toho dôvodu sa vyvíja postup imobilizácie/precipitácie/sorpcie toxických prvkov z výluhov po biologicko-chemickom lúhovaní, pričom účinnosť postupov bola ovplyvnená koncentráciou vylúhovaných prvkov, chemickými zlúčeninami v roztoku a zložením minerálnych sorbentov. Výsledkom laboratórnych testov kombinácie biologicko-chemického lúhovania a precipitácie/sorpcie by mala byť ucelená technológia, ktorá bude zameraná na odstránenie potenciálne toxických prvkov z pôdy a v ďalšom kroku, v prípade zaujímavých obsahov, ich získavanie.

### KLÚČOVÉ SLOVÁ

Bioremediácia, precipitácia, pôda, sorpcia, toxické prvky

### ÚVOD

Geologická úloha „Vývoj technológií v procese sanácie znečisteného územia“ je zameraná práve na problematiku zníženia obsahu potenciálne toxických prvkov v pôde bioremediáciou a následne ich odstránenie z výluhu kombináciou precipitácie/sorpcie na zmiešané minerálne sorbenty, ktorých zloženie bolo s dobrými výsledkami testované na pracovisku ŠGÚDŠ RC Košice, odd. ATNS pri precipitácii/sorpcii potenciálne toxických prvkov z banských vôd [2].

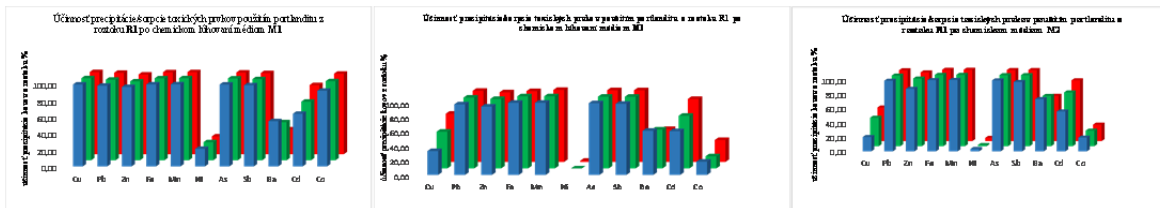
### PRECIPITÁCIA/SORPCIA TOXICKÝCH PRVKOV Z VÝLUHOV

Z pôdy z lokality Richnava bolo chemickým a biologicko-chemickým lúhovaním pripravených 6 výluhov. Z výluhu po chemickom lúhovaní chelátmi EDTA (M1), EDDS (M2) a zmesou chelátu EDDS a EDTA (M3) boli obsahy toxických prvkov a ťažkých kovov znížené procesom precipitácie/sorpcie na portlandit z lokality Tisovec, ktorý predstavuje odpadový produkt z výroby vápna. V tab. 1 sú uvedené dosiahnuté výsledky, t.z. obsahy potenciálne toxických prvkov vo výluhu, obsahy potenciálne toxických prvkov v roztoku po precipitácii/sorpcii a na obr. 1 je znázornená účinnosť procesu.

Označenie média	Označenie roztoku	Obsah toxických kovov v roztoku pred a po precipitácii										
		mg/l										
		Cu	Pb	Zn	Fe	Mn	Ni	As	Sb	Ba	Cd	Co
	<b>MH</b>	<b>1</b>	<b>0,05</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,025</b>	<b>1</b>	<b>0,005</b>	<b>0,05</b>
M1	<b>IR1ch1 vstup. roztok</b>	<b>75,3</b>	<b>10,30</b>	<b>37,2</b>	<b>15,3</b>	<b>25,0</b>	<b>0,299</b>	<b>0,433</b>	<b>0,151</b>	<b>0,218</b>	<b>0,439</b>	<b>0,289</b>
	IR1ch1 roztok po precipit.	0,303	0,191	1,25	0,050	0,050	0,235	0,002	0,002	0,098	0,158	0,023
M2	<b>IR1ch2 vstupný roztok</b>	<b>118,0</b>	<b>5,87</b>	<b>44,4</b>	<b>42,6</b>	<b>69,3</b>	<b>1,740</b>	<b>0,589</b>	<b>0,205</b>	<b>0,186</b>	<b>0,410</b>	<b>1,030</b>
	IR1ch2 roztok po precipit.	62,4	0,047	1,69	0,050	0,050	1,660	0,003	0,001	0,068	0,061	0,792
M3	<b>IR1ch3 vstupný roztok</b>	<b>105,0</b>	<b>8,77</b>	<b>41,1</b>	<b>34,5</b>	<b>44,0</b>	<b>1,180</b>	<b>0,431</b>	<b>0,132</b>	<b>0,193</b>	<b>0,398</b>	<b>0,517</b>
	IR1ch3 roztok po precipit.	34,9	0,133	1,48	0,679	0,124	1,160	0,003	0,001	0,105	0,051	0,360

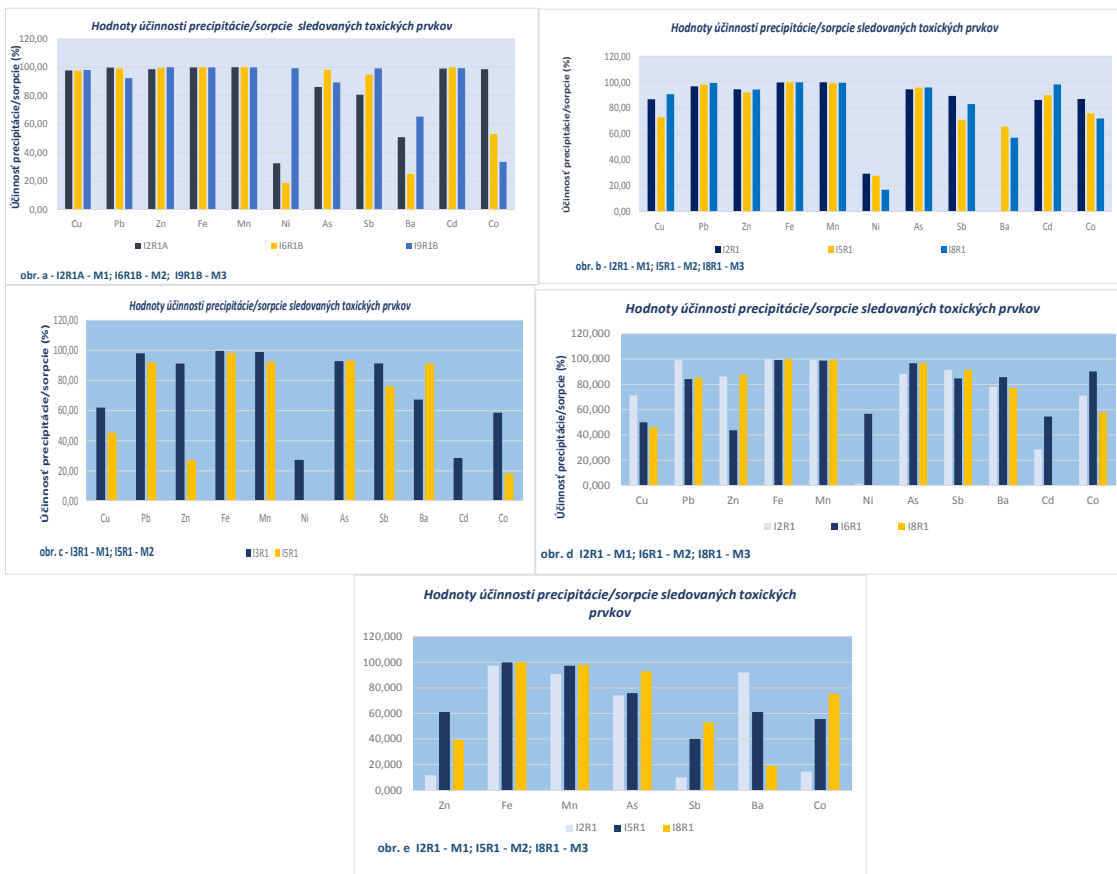
Tab. 1 Výsledky precipitácie/sorpcie po chemickom lúhovaní roztokov

MH – medzná hodnota obsahu prvku odporúčaná NV SR 269/2010



Obr. 1 Účinnosť precipitácie/sorpcie potenciálne toxických prvkov z výluhu po chemickom lúhovaní pôdy

Na zníženie obsahov potenciálne toxických prvkov z výluhov po biologicko-chemickom lúhovaní boli použité zmiešané sorbenty a to: portlandit/biotit; portlandit/biochar, kde sa využil proces precipitácie (portlandit) a sorpcie (biochar, bentonit). Na obr. 2 sú znázornené účinnosti precipitácie/sorpcie 2. – 6. výluhu po biologicko-chemickom lúhovaní.



Obr. 2 Účinnosť precipitácie/sorpcie – 2. - 6. výluhu po biologicko-chemickom lúhovaní

**ZÁVER**

Použitím zmiešaného sorbentu pri odstraňovaní potenciálne toxických prvkov z výluhu po chemickom lúhovaní a z 2. – 6. výluhu po biologicko-chemickom lúhovaní boli znížené obsahy týchto prvkov v roztokoch prevažne na medznú hodnotu odporúčanú NV 269/2010 Z. z., okrem Ni, Cd a Ba. Nakoľko geologická úloha je v štádiu riešenia, výsledky nie sú definitívne.

**LITERATÚRA**

[1] Dercová, K., 2005: Bioremediácia toxických kovov kontaminujúcich vody a pôdy. Chemické listy, 99, p. 682-693  
 [2] Kovaničová, Ľ., Tuček, Ľ., 2014: Výskum aplikácie prírodných sorbentov pri odstraňovaní toxických a ťažkých kovov z prírodných vôd v objektoch pozostatkov banskej činnosti. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Záverečná správa.



Ilustračné foto



Ilustračné foto



Ilustračné foto





Ilustračné foto



Ilustračné foto



*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).*



OPERAČNÝ PROGRAM  
KVALITA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA



EURÓPSKA ÚNIA  
Kohézny fond



MINISTERSTVO  
ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA  
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



SLOVENSKÁ  
AGENTÚRA  
ŽIVOTNÉHO  
PROSTREDIA