

Průběžná zpráva projektu za rok 2019 Příloha č. 1

Dotační program:

INTER-EXCELLENCE, PODPROGRAM INTER-EUREKA

Číslo projektu:

LTE117016 (1. výzva)

Název projektu:

**Technologie pro katalytickou destrukci
persistentních organických polutantů (POPDESTR)**

Poskytovatel v ČR:

Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

Zpravodaj projektu: doc. Ing. Ladislav Lehký, CSc.

Příjemce: *E&H services, a.s.*

Další český účastník: ESSENCE LINE, s.r.o.

Další zahraniční účastníci:

EnProCo Berlin GmbH, Německo,

Xenometrix AG, Švýcarsko,

Zodpovědný řešitel: Ing. Tomáš Ocelka, Ph.D.

Obsah

1	Zkratky.....	3
2	Úvod.....	3
3	Popis projektu.....	4
4	Vytyčené cíle za rok 2019.....	4
5	Naplnění cílů	5
5.1	Bod 1 - Optimalizace	5
5.2	Bod 2 - Ověření	5
5.2.1	Principy alternativních technologií	6
5.3	Body 3 a 4 – Recenzovaný článek a výstavy	6
6	Výstupy etapy	8
7	Výsledky modelových experimentů pro polární pesticidní organické látky.....	8
1.1.	Experimentální uspořádání	8
7.1	Druh destruovaného materiálu.....	10
1.2.	Optimalizační testy	10
1.3.	Testy 5 druhů GAU	11
1.4.	Závěr experimentů.....	14
8	Testy Genotoxicity – Essenceline s.r.o.	15
8.1	Popis vzorků	15
8.2	Popis testu.....	16
8.3	Příprava vzorků	16
8.4	Použitý postup.....	16
8.5	Výsledky testů	17
8.6	Výsledky testů a závěry	19
9	Závěr	20

1 Zkratky

POPDESTR – akronym projektu označující cíl projektu: destrukci perzistentních organických látek

CDC – catalytic destruction using copper

POP – perzistentní organické polutanty

DRE – destruction and removal efficiency

PCDD/F – dioxiny a furany

PCB – Polychlorované bifenyly

TEQ – toxický ekvivalent

LOD – limit detekce analytického stanovení

ETV – Environmental Technology Verification, proces ověřování podle metodiky EU

2 Úvod

Tato zpráva uvádí výsledky a řešení projektu POPDESTR za rok 2019. Tato třetí závěrečná etapa tříletého projektu je nazvána Propagace a finální optimalizace. Vytýčené cíle jsou popsány v kapitole 5 a jejich řešení v následujících kapitolách.

Strategicky významné kroky celého projektu můžeme shrnout do těchto bodů:

1. Upgrade semi-kontinuálního i laboratorního zařízení, ze zkušeností z minulých generací reaktorů, zejména o separační jednotku POP,
2. Sestavení detoxikační jednotky včetně měření, regulace a systému pro sběr dat,
3. Experimentální ověření na vybraných matricích,
4. Případně úpravy na základě prvních provozních zkoušek, optimalizace reakčních podmínek, včetně přípravy katalyzátoru, dávkování suroviny, energetické optimalizace, atd.
5. Získání dat o genotoxicitě a endokrinní aktivitě vstupních a výstupních materiálů s následnou optimalizací reakčních podmínek.
6. Optimalizace analytických postupů,
7. Osvědčení ETV certifikace
8. Prezentace výsledků cílovým zákazníkům.
9. Patentová ochrana.

Technologie CDC je provozována v technologické hale společnosti E&H services, a.s. v Ostravě-Radvanicích. Hala byla zakoupena řešitelem tohoto projektu pro širší využití této technologie, včetně technologií separačních.

Obdobná technologie s dostatečnou účinností v mobilním uspořádání není zatím na trhu dostupná. Naše technologie byla v předchozí generaci nasazena při sanačních pracích v kontaminované oblasti Jaworzno (Polsko), s výbornými výsledky. Přednosti metody CDC proti potenciálním konkurenčním technologiím jsou:

- Vysoká destrukční účinnost
- Možnost mobilního nasazení (in-situ), malý záběr plochy
- Široký rozsah kontaminantů – destrukce nezávisí na stupni chlorace
- Likvidace i prekurzorů
- Nespalovací metoda – bez úniků do ovzduší
- Nevyžaduje agresivní média

- Jednoduchost – reakční mechanismus dobře popsáný, možnost optimalizace metody, například volbou množství katalyzátoru
- Schopnost kontroly všech látkových toků procesu.
- Schopnost znovuzpracovat materiály, je-li potřeba proces opakovat kvůli dosažení maximální možné účinnosti
- Spolehlivost – pro širokou škálu koncentrací od stopových množství až po koncentráty kontaminantů
- Nenáročnost obsluhy

Technologie CDC je provozována v technologické hale společnosti E&H services, a.s. v Ostravě-Radvanicích. Hala byla zakoupena řešitelem tohoto projektu pro širší využití této technologie, včetně technologií separačních.

Webové stránky v českém a anglickém jazyce informující o projektu jsou umístěny na adrese <http://popdestr.ehss.eu>.

Součástí této zprávy a technického řešení jsou tyto přílohy:

1. Průběžná zpráva tohoto projektu v roce 2018, kde jsou uvedeny i výsledky zahraničního partnera – Příloha 10,
2. Výsledky partnera Essence-line, Závěrečná zpráva – Popis řešení projektu POPDESTR – Testy genotoxicity, Zpracoval: Ing. Petr Novotný, Mgr. Jan Boroň, Iker Silva González a Kannan Pavithra, v Praze 15.12.2019 – Příloha 11,

3 Popis projektu

Projekt řeší vývoj optimalizované technologie dehalogenace (detoxikace) pevného odpadu obsahujícího vysoce chlorované perzistentní organické látky (POPs) založená na metodě CDC (Catalytic Destruction using Copper), včetně optimálního postupu izolace, použitelného pro mobilní uspořádání. Detoxikace je orientována na produkty termických procesů, obsahujících POPs, s hlavním záměrem na kontaminované popílký a další toxické odpady ze spaloven komunálního, nemocničního a nebezpečného odpadu. Optimalizovaná technologie se ověří v pilotních podmínkách, přičemž testy budou probíhat na různých vstupních materiálech s různým složením.

Zásadní pro tuto technologii jsou dlouhodobé zkušenosti navrhovatele projektu v minulých generacích reaktorů a rostoucí požadavky na jeho uplatnění v různých technologiích. Dále pak znalost řešitele destrukčních mechanismů a jeho optimálních cest, výsledků destrukčních zkoušek a dosavadních postupů optimalizace, včetně příslušných analytických metod. Rozšířením analytických metod spočívá v optimalizovaných testech genotoxicity, které jsou důležitým doplňkem pro hodnocení destrukční účinnosti, ale také rychlým testem pro rozhodování šíře sanačního zásahu a ohraničení předmětné kontaminace. Toto know-how je kritické pro efektivní návrh nové generace celkového uspořádání technologie pro sanaci či průmyslovou aplikaci přímo u významného zdroje (spalovny, metalurgie).

4 Vytyčené cíle za rok 2019

Cíle etapy 3 – propagace a finální optimalizace – pro rok 2019 byly definovány v následujících bodech:

1. Na základě výsledků bude optimalizována účinnost reaktoru pro různé realizované destrukce materiálů (protokoly a prezentační materiály pro koncové klienty),
 2. Zpracování podkladů pro ověřenou technologii,
 3. Ostatní publikační výstupy (recenzovaný časopis pro vědeckou komunitu),
 4. Pro koncové skupiny budou organizovány cílené workshopy, s prezentací výsledků.
- Výsledky budou také prezentovány na zavedených konferencích typu DIOXIN, SETAC, IPSW, ISEH, dále výstav k problematice odpadů a metalurgie.

5 Naplnění cílů

5.1 Bod 1 - Optimalizace

Tento bod úzce navazoval na předchozí dvě etapy, zejména na výzkum a výsledky dosažené v roce 2018, které jsou uvedeny v průběžné zprávě projektu, viz příloha 10. V předchozích 2 etapách byly provedeny všechny potřebné činnosti nutné jako předpoklad pro splnění cílů 3 etapy. V rámci finální optimalizace byly provedeny experimenty uvedené v této zprávě zabývající se polárními pesticidy. Testy genotoxicity provedené v roce 2019 partnerem Essence Line uvádíme v kapitole 8 této zprávy a v příloze 11.

Ve výsledcích modelových experimentů jak pro polární, tak pro nepolární látky byla prokázána vysoká destrukční účinnost a byly stanoveny postupy a hodnoty koncentrací katalyzátoru a přídavných látek.

Zpracování protokolů a prezentačních materiálů pro koncové klienty se řídilo poptávkou po různých aplikacích této technologie během průběhu projektu, zde uvádíme tyto příklady:

- **Metalurgická aplikace** – Pro partnera Třinecké železářny, s kterým o aplikaci naší technologie jednáme, základním podkladem jsou pilotní destrukční zkoušky PCDD/F v odprašcích z metalurgie konané v roce 2017, další informace vzhledem k závazkům ke klientovi neuvádíme,
- **Aplikace ve vodárenství** - Aplikace regenerace filtrační náplně granulovaného aktivního uhlí pro úpravny pitné vody. V současné době je možným koncovým uživatelem Želivská provozní, a.s., která provozuje VN Želivka jako největší zdroj pro pitnou vodu pro Prahu.
- **Další průmyslové aplikace** – o naší technologii projevila zájem technologická společnost IGBC, LLC z USA, která vystavila Memorandum of future implementation of CDC technology, ve kterém deklaruje zájem o spolupráci a implementaci výsledků projektu POPDESTR pro americké a asijské trhy, viz příloha 14

5.2 Bod 2 - Ověření

Byly zpracovány podklady pro ověření technologie ETV – EU Environmental Technology Verification. Posouzení, zda tato technologie vyhovuje rozsahu ETV programu, zajistila společnost CEMC - České ekologické manažerské centrum, z.s., vedoucí ověřovacího orgánu Ing. Jiří Študent. CEMC je akreditován a oprávněn k ověřování environmentálních technologií v oblasti „Materiály, odpady a zdroje“, jako inspekční orgán je CEMC ETV CZ akreditován ČIA osvědčením č. 854/2014 jako orgán typu A pro tuto oblast. Navrhované prohlášení o výkonnosti technologie zní, že jednotka CDC při vstupní koncentraci toxických látek: 1-100 µg I-TEQ/t zajišťuje celkovou účinnost odstranění chlóru DE (Destruction efficiency) >99,9%, při kapacitě 250 kg/ 6 hod pro metalurgické odprašky na zachytu baghouse filtrů a elektrofiltru – finální deponát po mokrému čištění spalin.

V příloze 12 předkládáme potvrzení inspekčního orgánu CEMC ETV CZ o probíhajícím ověřovacím řízení ETV.

V rámci ověření úspěšnosti na trhu byla provedena analýza výhod a nevýhod v současné době relevantních alternativ na trhu, technologií:

- BCD (Alkalická katalytická dechlorace),
- GPCR Chemická redukce v plynné fázi.

Principy alternativních technologií

BCD – Alkalická katalytická dechlorace

Proces chemické úpravy odpadů BCD zajišťuje chemický rozklad chlorovaných uhlovodíků. Kontaminovaný odpad a reakční chemikálie (hydroxid sodný a katalyzátor) jsou odděleně míchané s přidávaným olejem (donorem) a mícháním v disolveru (míchací nádrž) vzniká čerpatelná směs pro dávkování do provozních reaktorů. Konverze chloru probíhá na aromatickém jádru za hydroxylovou skupinu. Možná základní rizika: chlorované fenoly snadno polymerují na látky o neznámé toxicitě, není vyloučen vznik níže chlorovaných PCDD/F, efektivita dechlorace výrazně klesá s nárůstem počtu vznikajících fenolů

GPCR – Chemická redukce v plynné fázi

Proces chemické redukce v plynné fázi je dvoufázový. V závislosti na typu odpadu je vybrána vhodná metoda předúpravy vstupní suroviny. Během první fáze dochází k desorpci organických polutantů z kontaminované zeminy za teploty 600 °C. Páry odpařených organických rozpouštědel jsou vedeny do GPCR reaktoru, kde během druhé fáze dochází k jejich destrukci redukcí vodíkem za teploty vyšší než 850 °C. Chlorované organické látky jsou redukovány až na methan, plynný chlorovodík a menší množství nízkomolekulárních uhlovodíků. Při dekontaminaci odpadů obsahujících arsen a rtuť dochází ke vzniku elementárních kovů v plynné fázi, což představuje problém při čištění a odvodu plynů do atmosféry. Potenciální nebezpečí vzbuzují i velké objemy plynného vodíku nutného pro reakci dekontaminace.

Výhody/nevýhody alternativních metod

Hledisko	CDC	BCD	GPCR
Destrukční účinnost	Vysoká pro široký rozsah látek	Závislá na druhu látek (stupeň chlorace)	Závislá na stupni chlorace
Zbytková toxicita	Ne	Možný vznik polykondenzovaných látek	Závisí na matrici
Agresivní média	Ne	ANO	Ne
Maximální provozní teplota	Cca 300 °C	Až 400 °C	Přes 850 °C
Uspořádání in-situ	ANO	Omezená mobilní uspořádání	
Objemová kapacita materiálu	Vhodná pro malé a střední objemy, pro velmi vysoké objemy časová náročnost	Vhodné pro velké objemy	

5.3 Body 3 a 4 – Recenzovaný článek a výstavy

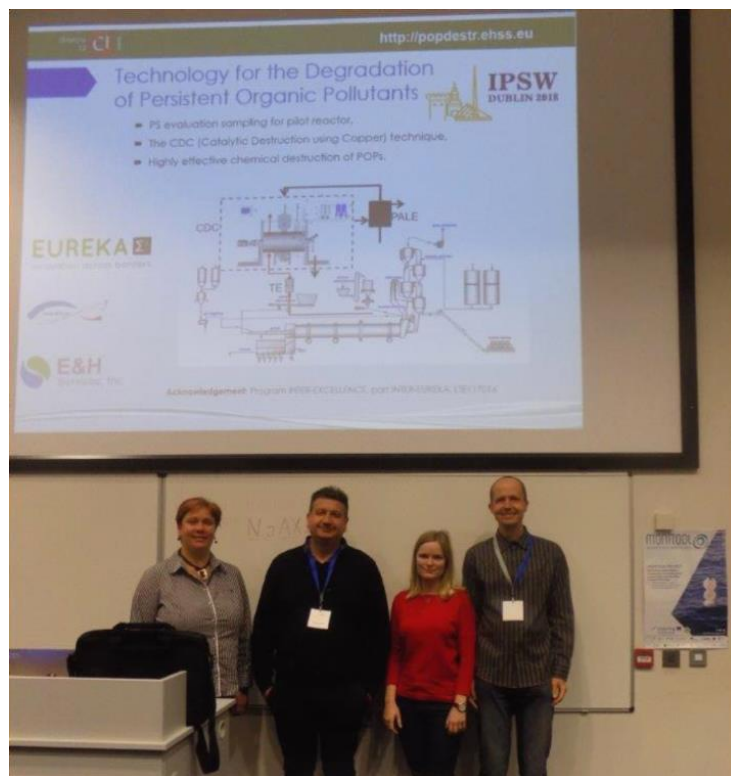
Článek „Nová perspektiva destrukce perzistentních organických látek“, Tomáš Ocelka a řešitelský tým, informuje o možnostech využití naší technologie pro různé aplikace, je podán do redakce v recenzovaném periodiku Chemických listů. Článek zdůrazňuje výhody této technologie a dostává ji do povědomí širokého okruhu čtenářů. Chemické listy jsou odborným a odborně-společenským časopisem České společnosti chemické (ČSCH). Vycházejí měsíčně a uveřejňují recenzované příspěvky ze všech oborů chemie a chemických technologií.

Prezentaci technologie zorganizoval hlavní řešitel Tomáš Ocelka na výstavách v rámci působení naší společnosti v klastru WASTen. Tento spolek seskupuje inovativní české podniky, dodavatele špičkových technologií na zpracování komunálního a průmyslového odpadu. Konkrétně se jednalo o:

- mezinárodní veletrh POL-ECO v říjnu 2018 v Poznani (Polsko), doprovodná odborná konference: Fórum energií i Recyklingu, Přednáška Tomáš Ocelka „Solutions for elimination of Persistent Organic Compounds from Industry“,
- mezinárodní výstavu INFOTHERMA v lednu 2019 v Ostravě (ČR), Matchmaking Bussiness Meetings zaměřený na materiálové a energetické zpracování průmyslového a komunálního odpadu v ČR, přednáška Tomáš Ocelka „Environmentální aspekty energetického využití odpadů“,
- mezinárodní veletrh PLASTPOL v květnu 2019 v Kielce (Polsko), Cluster Business Forum: Internacionalizace Klastru Gospodarki Odpadowej i Recyklingu, přednáška Tomáš Ocelka „Eliminacja związków organicznych z przemysłu“
- - mezinárodní strojírenský veletrh – ENVITECH 2019 v říjnu 2019 (ČR), doprovodná konference „Fórum klastrů V4“, přednáška Tomáš Ocelka „Detekce POP látek v životním prostředí a jejich odstraňování“.

Technologie byla také prezentována na každoročním mezinárodním workshopu a sympoziu IPSW (International Passive Sampling Workshop and Symposium), kterou příjemce organizuje, viz www.ipsw.eu, a to v roce 2019 v Dublinu (Irsko, IPSW 9) a v roce 2019 v Bostonu (USA, IPSW 10). Na těchto sympoziech se scházejí odborníci zabývající se monitoringem a ochranou ŽP v oblasti POP. Po skončení projektu v květnu 2020 budou výsledky prezentovány taktéž v Utrechtu (Nizozemí), kde se bude konat následující IPSW v termínu před 30 mítinkem SETAC Europe.

Prezentační činnost je zdokumentována v příloze 13.



Obrázek 1: Prezentace na mezinárodní konferenci IPSW v Dublinu

6 Výstupy etapy

Výstupy 3. etapy byly definovány takto:

1. Z_{tech} - ověřená technologie pro dekontaminaci POP s cenově efektivní cestou izolace
Výsledek: Podané ověření technologie ETV - EU Environmental Technology Verification
2. V_{souhrn} - souhrnná výzkumná zpráva – příloha
Výsledek: Průběžná zpráva projektu za rok 2019 jako příloha této závěrečné zprávy
3. J - recenzovaný odborný článek
Výsledek: Článek v recenzovaném periodiku Chemické listy „Nová perspektiva destrukce perzistentních organických látek“, autor Ing. Tomáš Ocelka, PhD. a kolektiv s poděkováním projektu POPDESTR
4. E - uspořádání výstavy
Výsledek: uspořádání v rámci klastru WASTen – POL-ECO 2018 (Poznaň), INFOTHERMA 2019 (Ostrava), PLASTPOL 2019 (Kielce) a ENVITECH 2019.
5. M - uspořádání konference
Výsledek: Uspořádání a prezentace na pravidelných mezinárodních sympoziích IPSW – Dublin(2018), Boston (2019) a v roce 2020 Utrecht.

7 Výsledky modelových experimentů pro polární pesticidní organické látky

V této kapitole jsou uvedeny výsledky určení účinnosti technologie CDC při modelových testech provedených pro polární látky. Destrukční testy probíhaly pro umělé nánosy na naobohacovacích kolonách pro granulované aktivní uhlí (GAU) a představovaly simulaci z procesu čištění a regenerace povrchových zdrojů pitné vody.

Využití technologie CDC pro polární látky, v tomto případě zejména pesticidní látky, vychází z předpokladu, že skelety nepolární látek, na kterých byla technologie odzkoušena, jsou stabilnější než skelety látek polárních. V provedených modelových testech se tento předpoklad potvrdil, bylo dosaženo vysoké destrukční účinnosti.

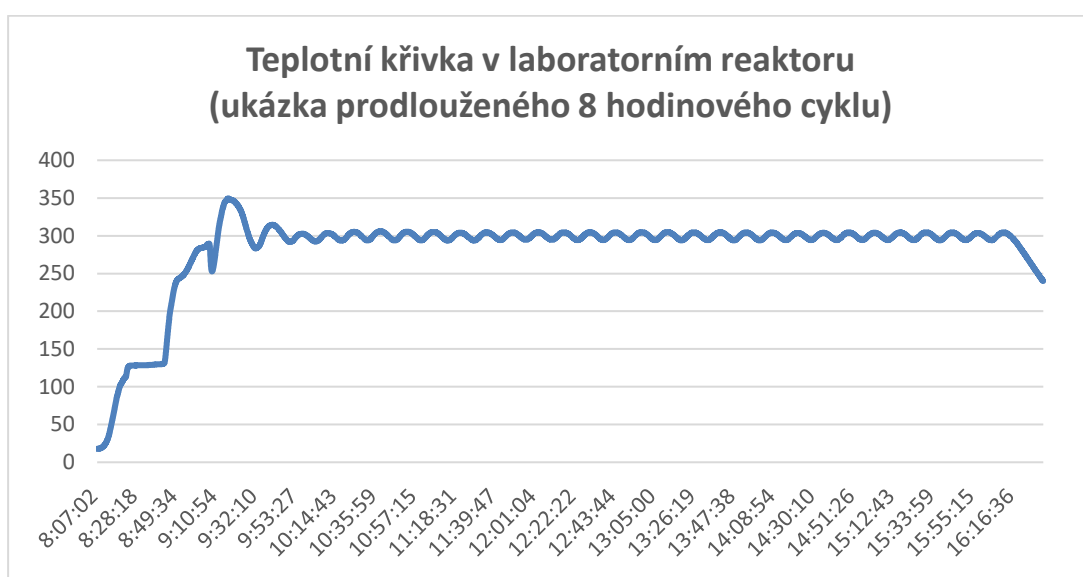
1.1. Experimentální uspořádání

Testy probíhaly v laboratorním reaktoru s objemem uzavřené reaktorové nádoby 400 ml, který zajišťoval vhodný prostředek k stanovení vstupních podmínek pro provozní reaktor. Vyhodnocovaly se zde poměry vstupních reakčních komponent, jejich vhodnost, vliv matrice a druhu vstupního kontaminovaného materiálu. Jako reaktor byl používán autokláv od výrobce AMAR Equipments PVT, Indie, s míchadlem a teplotním čidlem, typ hastelloy c276 AUT-0072. Reaktor je umístěn v laboratoři E&H services a.s. v Dobré u Frýdku-Místku.

Podmínky probíhajících experimentů:

- Reakční teplota: 300 °C, dosáhnuta po cca 1 hodině, teplota byla sledována teplotním čidlem s automatickým záznamem. Příklad teplotní křivky z experimentu s prodlouženou dobou výhřevu na 8 hodin s pesticidními látkami ukazuje následující graf. V počátečním nástupu teplotní křivky jsou patrné teplotní skoky způsobené destrukčními reakcemi v reaktoru.
- Objem nerezové reaktorové nádoby: 400 ml.
- Tlakové podmínky: za atmosférického tlaku.

- Reakční doba: 4 hodiny.
- Inertní atmosféra zamezující přístupu kyslíku: naplnění volného místa v reaktorové nádobě dusíkem před započítím zahřívání (pozn.: přítomnost kyslíku by vedla k reakcím, kdy by vznikaly toxikologicky nebezpečnější sloučeniny nežli ty destruované).
- Proces probíhal za stálého míchání, odběr vzorků po ukončení procesu (zchladnutí materiálu).
- Ke zkoumanému vzorku byly přidány tyto reakční komponenty: měď a donor vodíku. Zkoumané granulované aktivní uhlí (GAU) bylo nosnou matricí. Výsledná směs byla zhomogenizována. Poměr jednotlivých komponent závisí na druhu a míře kontaminace vzorku pesticidními látkami. Přídavek mědi pod 1 hmotnostní procento.
- Analytické zpracování a vyhodnocení vzorků před a po destrukci k určení destrukční účinností bylo prováděno podle obvyklé praxe v akreditované laboratoři společnosti E&H services.



Obrázek 2: Průběh teploty experimentu v laboratorním uspořádání

Používaná laboratorní aparatura pro testy destrukce pesticidů v kontaminované sorpční náplni všech pěti typů GAU je zdokumentována na následujících obrázcích.





Obrázek 3: Laboratorní reaktor pro destrukční zkoušky

7.1 Druh destruovaného materiálu

Byly testovány různé druhy granulovaného aktivního uhlí, které byly vybírány podle schopnosti sorbovat perzistentní a polární organické látky, včetně pesticidů, z vody. Seznam druhů aktivního uhlí k testování technologie CDC je uveden v tabulce:

Druh GAU	Označení	Výrobce
Chemviron Filtrasorb TL830	GAU1	Chemviron, Feluy, Belgie
Chemviron Filtrasorb 400	GAU2	
Norit GAC 1240 W	GAU3	Cabot Norit Nederland B.V. Nizozemí
NORIT® GAC 1020 EN	GAU4	
AquaSorb 6300	GAU5	Jacobi Carbons Group, Švédsko

1.2. Optimalizační testy

Při optimalizačních testech byly optimalizovány některé parametry metody, zejména hmotnost látek v reaktoru a doba výhřevu. Testy proběhly na sorpční náplni GAU1.

Vyhodnocovanou veličinou je destrukční účinnost v procentech, která je vypočtena jako poměr odezvy daného analytu (analytické plochy pod píkem) pro daný kontaminant před destrukcí (vstupní vzorek) ku vzorku výstupnímu po destrukci.

Pro optimalizační testy byly použity vzorky naobohacené předem definovanými koncentracemi vybraných pesticidů (účinných látek) obsažených v komerčních aplikačních přípravcích. Daný přípravek byl v odpovídajícím množství dle níže uvedené tabulky homogenizován společně s vhodným rozpouštědlem a daným GAU, rozpouštědlo bylo následně při pokojové teplotě odpařeno. V následující tabulce je uveden seznam všech testovaných přípravků, zastoupení hlavní zkoumané účinné látky v přípravku a vypočítaná hmotnost přípravku v experimentálním vzorku. Z daného seznamu bylo následně vybráno 15 účinných látek pro testy se všemi druhy GAU.

	Přípravek	Látka	Zastoupení (g/l)	Hmotnost (mg)
1	Ortiva	Azoxystrobin	240	5,5
2	Bandur	Aclonifen	600	2,4
3	Stomp400	Pendimethalin	400	3,2
4	Ipiron	Linuron	450	2,9

5	Infinito	propamocarb	625	2,2
6	Pirimor	Pirimicarb	500	2,4
7	Revus TOP	Difenoconazol	250	5,6
8	Spintor	Spinosad	240	5,2
	Přípravek	Látka	Zastoupení (%)	Hmotnost (mg)
9	Lumax	Terbutylazin	2,5	12,00
10	Afalon	Linuron	45,0	0,67
11	Butisan	Metazachlor	29,5	1,02
12	DEET	DEET	15,0	2,00
13	Bofix	MCPA	22,0	1,36
14	Bofix	Fluroxypyr	5,3	5,66
15	ACROBAT MZ WG	Dimethomorph	9,0	3,33
	Touchdown			
16	Quattro	Glyfosát	36,0	0,83
17	Command	Clomazone	30,0	1,00
18	Chloridan	Chloridazon	52,0	0,58

Tabulka 1: Seznam vybraných přípravků a zájmových látek pro testy destrukce

Dalším krokem v optimalizačním procesu bylo testování destrukce vzorků s GAU1 z kolonových testů (testy KT7 až KT10 v informačním a laboratorním systému E&H services). Tím se testování rozšířilo na další koncentrační úrovně a reálně nasorbované vzorky, kde se uplatňuje i matriční efekt.

Výsledné parametry modelového destrukčního testu na základě provedených optimalizačních testů pro polární pesticidy jsou následující:

- doba vyhřívání – 4 hodiny,
- hmotnost materiálu – GAU tvoří základ vzorku na rozdíl od testů s jinou pevnou maticí, kdy byl v laboratorním reaktoru obvykle kontaminovaný materiál smíchán s konkrétním typem aktivního uhlí,
- hmotnost katalyzátoru – méně než 1 %,
- hmotnost donoru vodíku – méně než 1 %.

Dále bylo určeno 15 analytů, pro které byly následně provedeny destrukční zkoušky na všech 5 typech GAU1 až GAU5.

1.3. Testy 5 druhů GAU

Testy byly provedeny za podmínek a parametrů určených v optimalizačních testech. Pro každý typ uhlí byly vybrány dva vzorky z proběhlých kolonových testů obsahující směs nasorbovaných polutantů (účinných látek) o různé koncentraci kontaminace. Jednalo se o výstupy z kolonových testů pracovních označených K11 až KT15 (GAU1 až GAU5). Během kolonových sorpčních testů byly odebrány vzorky GAU z kolony po jednotlivých cyklech filtrace.

V odebraných vzorcích sorpční náplně byly organickou stopovou analýzou stanoveny odezvy daného analytu (plochy pod píkem). V případě, že koncentrace daného analytu byla pod mezí detekce (LOD), je v tabulárním výstupu uvedeno <LOD. Pokud byla koncentrace analytu v sorpční náplni před destrukčním testem dostatečná (přibližně o 2 řády nad LOD), mohla být vypočítána

destrukční účinnost. Výsledky pro jednotlivé typy GAU1 až GAU5 jsou uvedeny v následujících tabulkách.

	Polární látka	KT11 po 3. filtraci zespod			KT11 po 4. filtraci zespod		
		Vstup	Výstup	Účinnost	Vstup	Výstup	Účinnost
		LIMS 1768	LIMS 1769	(%)	LIMS 1770	LIMS 1771	(%)
1	Linuron	8,7E+04	2,0E+03	97,65	8,8E+04	1,0E+03	98,83
2	Terbuthylazin	7,8E+06	4,4E+04	99,44	9,6E+06	1,9E+04	99,81
3	Metazachlor	9,8E+06	6,3E+04	99,36	1,1E+07	4,4E+04	99,58
4	DEET	2,2E+07	1,5E+05	99,29	2,0E+07	7,2E+04	99,64
5	Benzotriazol	2,3E+05	4,3E+03	98,18	2,0E+05	5,3E+03	97,29
6	Chloridazon	< LOD	< LOD	-	4,6E+02	< 1,0E+02	-
7	Propamocarb	4,2E+07	1,5E+05	99,65	3,2E+07	5,6E+04	99,82
8	Pirimicarb	6,2E+06	2,8E+04	99,54	7,6E+06	1,8E+04	99,76
9	Azoxystrobin	2,0E+05	8,0E+02	99,61	2,0E+05	1,2E+03	99,39
10	Aclonifen	4,9E+03	2,9E+02	94,03	4,0E+03	1,9E+02	95,31
11	MCPA	1,7E+06	2,2E+03	99,87	1,9E+06	1,3E+03	99,93
12	Difenoconazol	1,6E+05	2,7E+03	98,31	1,3E+05	6,6E+03	94,86
13	Glyfosát	< LOD	< LOD	-	< LOD	< LOD	-
14	Clomazon	3,2E+06	4,7E+04	98,53	3,6E+06	2,5E+04	99,31
15	Fluroxypyr	< LOD	< LOD	-	< LOD	< LOD	-

TABULKA 1: TEST GAU1 FILTRASORB TL830 – OBOHACENO PŘI KOLONOVÝCH TESTECH KT11

	Polární látka	KT12 po 4. filtraci shora			KT12 po 4. filtraci shora		
		Vstup	Výstup	Účinnost	Vstup	Výstup	Účinnost
		LIMS 1772	LIMS 1773	(%)	LIMS 1832	LIMS 1833	(%)
1	Linuron	1,4E+05	1,9E+03	98,7	1,3E+05	< 5,0E+02	99,6
2	Terbuthylazin	8,2E+06	1,9E+04	99,8	5,1E+07	4,5E+05	99,1
3	Metazachlor	7,5E+06	1,8E+04	99,8	7,3E+06	1,2E+05	98,4
4	DEET	1,2E+07	4,0E+04	99,7	1,6E+08	1,6E+06	99,0
5	Benzotriazol	3,2E+05	3,4E+03	98,9	3,5E+06	3,0E+04	99,1
6	Chloridazon	1,5E+03	< 1,5E+02	-	2,4E+04	< 5,0E+02	97,9
7	Propamocarb	2,1E+07	2,8E+04	99,9	4,2E+06	2,6E+05	93,8
8	Pirimicarb	4,6E+06	5,9E+03	99,9	2,5E+07	2,5E+05	99,0
9	Azoxystrobin	2,4E+05	1,1E+03	99,6	2,5E+06	2,4E+04	99,0
10	Aclonifen	8,2E+03	2,4E+02	97,1	3,8E+03	< LOD	-
11	MCPA	2,1E+06	2,0E+03	99,9	1,6E+06	1,8E+04	98,9
12	Difenoconazol	1,6E+05	7,9E+03	95,0	7,1E+05	1,7E+04	97,7
13	Glyfosát	< LOD	< LOD	-	< LOD	< LOD	-
14	Clomazon	2,1E+06	2,6E+04	98,7	1,3E+07	8,6E+04	99,3
15	Fluroxypyr	< LOD	< LOD	-	< LOD	< LOD	-

TABULKA 2: TEST GAU2 FILTRASORB 400 - OBOHACENO PŘI KOLONOVÝCH TESTECH KT12

	Polární látka	KT13 po 4. filtraci shora			KT13 po 4. filtraci zespod		
		Vstup	Výstup	Účinnost	Vstup	Výstup	Účinnost
		LIMS 1834	LIMS 1835	(%)	LIMS 1836	LIMS 1837	(%)
1	Linuron	8,7E+05	4,0E+04	95,41	8,3E+05	5,4E+04	93,42
2	Terbuthylazin	1,4E+08	6,0E+05	99,57	1,3E+08	9,4E+06	92,79
3	Metazachlor	5,5E+06	3,0E+05	94,47	6,5E+07	7,9E+06	87,92
4	DEET	1,3E+08	1,1E+06	99,21	1,3E+08	1,1E+07	91,40
5	Benzotriazol	1,2E+07	4,0E+04	99,68	6,7E+05	6,3E+04	90,57
6	Chloridazon	1,2E+05	5,1E+03	95,83	6,2E+04	8,2E+03	86,69
7	Propamocarb	4,3E+07	4,9E+05	98,84	2,7E+07	3,6E+06	86,70
8	Pirimicarb	1,4E+07	2,9E+05	97,95	3,6E+07	2,8E+06	92,28
9	Azoxystrobin	1,8E+06	6,2E+04	96,53	1,0E+07	1,0E+06	90,00
10	Aclonifen	5,0E+04	2,1E+03	95,87	2,9E+04	6,5E+03	77,37
11	MCPA	1,9E+06	1,5E+04	99,18	8,2E+05	4,7E+04	94,29
12	Difenoconazol	8,3E+05	4,6E+04	94,45	1,2E+07	1,3E+06	89,18
13	Glyfosát	< LOD	< LOD	-	< LOD	< LOD	-
14	Clomazon	1,4E+07	1,3E+05	99,06	2,0E+07	3,3E+06	83,16
15	Fluroxypyr	< LOD	< LOD	-	< LOD	< LOD	-

TABULKA 3: TEST GAU3 NORIT GAC 1240 W - OBOHACENO PŘI KOLONOVÝCH TESTECH KT13

	Polární látka	KT14 po 4. filtraci shora			KT14 po 1. filtraci shora		
		Vstup	Výstup	Účinnost	Vstup	Výstup	Účinnost
		LIMS 1986	LIMS 1987	(%)	LIMS 1892	LIMS 1893	(%)
1	Linuron	7,9E+05	2,2E+04	97,18	7,7E+06	5,0E+05	93,49
2	Terbuthylazin	1,3E+08	2,5E+05	99,81	8,0E+07	3,3E+06	95,94
3	Metazachlor	6,7E+07	1,3E+05	99,81	2,0E+07	6,1E+05	96,87
4	DEET	1,3E+08	4,8E+05	99,62	1,5E+08	1,1E+07	92,63
5	Benzotriazol	6,3E+05	6,0E+04	90,57	1,1E+06	8,9E+04	92,11
6	Chloridazon	7,7E+04	6,5E+03	91,58	4,5E+05	3,9E+04	91,27
7	Propamocarb	2,7E+07	7,7E+04	99,72	3,8E+07	5,3E+06	86,17
8	Pirimicarb	3,5E+07	8,9E+04	99,75	7,0E+07	4,6E+06	93,38
9	Azoxystrobin	9,3E+06	1,6E+04	99,83	2,0E+07	1,4E+06	93,31
10	Aclonifen	2,8E+04	< 2,0E+02	99,28	8,5E+05	7,7E+04	90,93
11	MCPA	7,0E+05	1,1E+04	98,43	1,9E+06	7,4E+04	96,10
12	Difenoconazol	1,3E+06	1,9E+04	98,57	1,1E+07	8,7E+05	91,97
13	Glyfosát	< LOD	< LOD	-	< LOD	< LOD	-
14	Clomazon	2,0E+07	2,7E+04	99,87	3,5E+07	1,6E+06	95,48
15	Fluroxypyr	< LOD	< LOD	-	7,7E+05	9,7E+04	87,39

TABULKA 4: TEST GAU4 NORIT® GAC 1020 EN - OBOHACENO PŘI KOLONOVÝCH TESTECH KT14

	Polární látka	KT15 po 4. filtraci shora			KT15 po 4. filtraci zespoda		
		Vstup	Výstup	Účinnost	Vstup	Výstup	Účinnost
		LIMS 1988	LIMS 1989	(%)	LIMS 1990	LIMS 1991	(%)
1	Linuron	3,4E+06	3,0E+04	99,14	5,3E+05	2,9E+04	94,43
2	Terbutylazin	1,2E+08	4,0E+05	99,67	2,5E+07	3,3E+04	99,87
3	Metazachlor	8,7E+07	3,1E+05	99,64	2,4E+07	4,0E+04	99,84
4	DEET	1,2E+08	5,9E+05	99,50	4,7E+07	2,2E+05	99,52
5	Benzotriazol	1,6E+06	3,4E+04	97,81	1,9E+06	4,0E+04	97,89
6	Chloridazon	7,1E+05	5,0E+03	99,29	1,4E+05	< 5,0E+02	99,64
7	Propamocarb	3,6E+07	1,1E+05	99,69	5,0E+06	2,4E+04	99,51
8	Pirimicarb	6,2E+07	2,2E+05	99,65	1,0E+07	4,4E+04	99,57
9	Azoxystrobin	3,1E+07	1,2E+05	99,63	3,1E+06	2,2E+05	92,72
10	Aclonifen	1,6E+05	1,0E+02	99,94	3,6E+04	2,1E+03	94,26
11	MCPA	4,7E+06	1,1E+04	99,76	5,4E+05	9,3E+03	98,29
12	Difenoconazol	5,7E+06	3,1E+04	99,46	5,1E+06	2,3E+04	99,55
13	Glyfosát	< LOD	< LOD	-	< LOD	< LOD	-
14	Clomazon	1,5E+07	5,4E+04	99,64	5,8E+06	3,8E+04	99,34
15	Fluroxypyr	< LOD	< LOD	-	< LOD	< LOD	-

TABULKA 5: TEST GAU5 AQUA SORB 6300 - OBOHACENO PŘI KOLONOVÝCH TESTECH KT15

Polární látka	GAU1		GAU2		GAU3		GAU4		GAU5	
	Destrukční účinnost (%)									
	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2
Linuron	98,83	97,65	98,69	99,60	95,41	93,42	97,18	93,49	99,14	94,43
Terbuthylazin	99,81	99,44	99,77	99,12	99,57	92,79	99,81	95,94	99,67	99,87
Metazachlor	99,58	99,36	99,76	98,36	94,47	87,92	99,81	96,87	99,64	99,84
DEET	99,64	99,29	99,67	99,00	99,21	91,40	99,62	92,63	99,50	99,52
Benzotriazol	97,29	98,18	98,94	99,13	99,68	90,57	90,57	92,11	97,81	97,89
Propamocarb	99,82	99,65	99,87	93,82	98,84	86,70	99,72	86,17	99,69	99,51
Pirimicarb	99,76	99,54	99,87	98,97	97,95	92,28	99,75	93,38	99,65	99,57
Azoxystrobin	99,39	99,61	99,56	99,01	96,53	90,00	99,83	93,31	99,63	92,72
Aclonifen	95,31	94,03	97,10	<LOD	95,87	77,37	99,28	90,93	99,94	94,26
MCPA	99,93	99,87	99,91	98,87	99,18	94,29	98,43	96,10	99,76	98,29
Difenoconazol	94,86	98,31	95,04	97,67	94,45	89,18	98,57	91,97	99,46	99,55
Clomazon	99,31	98,53	98,72	99,32	99,06	83,16	99,87	95,48	99,64	99,34

Tabulka 6: Desorpční účinnost pro jednotlivé druhy GAU

1.4. Závěr experimentů

Výsledky v tabulkách 1 až 5 vykazují vysokou destrukční účinnost u všech zkoumaných typů GAU, a to pro většinu zkoumaných polárních látek. Nejnižší destrukční účinnost byla ověřena

v případě GAU4, vždy však byla vyšší než 95 %. Modelové uspořádání směsi v testovacím reaktoru se ukázalo jako vhodné pro stanovení destrukční účinnosti CDC katalytickou metodou pro polární látky, což značně rozšiřuje možnosti použití této technologie. Jedním z možných využití technologie je regenerace aktivního uhlí na úpravách pitné vody. Další experimenty budou prováděny i pro matrice kapalné.

8 Testy Genotoxicity – Essenceline s.r.o.

Partner projektu pokračoval v roce 2019 s testy genotoxicity na vzorcích kontaminovaných popílků, další toxické odpady a vzorky z vodních toků. Označení těchto vzorků bylo RV 25 až RV 42. Získal tak další cenné výsledky. Výzkumnou zprávu testů genotoxicity uvádíme v příloze 11 s rozsahem 55 stran, včetně výsledného tabulkového a grafického zpracování.

Pro účely detekce genotoxických látek byla v tomto projektu zvolena metoda odvozená od tzv. Amesova testu, uplatňována vedoucími regulačními orgány jako je Evropská agentura pro chemické látky (ECHA), Evropská agentura pro léčivé přípravky (ICH S2R1, M7), FDA atd. Princip testu spadá do kategorie prokaryotických systémů, za použití kmenů bakterie *Salmonella typhimurium*, které nesou mutace v genech podílejících se na syntéze histidinu. Princip testu je detailně popsán v uvedené příloze.

8.1 Popis vzorků

V roce 2019 byly provedeny testy následujících 18 reprezentativních vzorků, které byly destruovány v reaktoru v letech 2010 až 2012 z kontaminových odprašku a popílků a z kontaminované oblasti Jaworzno, které byly následně destruovány v CDC jednotce. Jednalo se o následující vzorky:

Číslo vzorku	Název vzorku	Datum
25	OCP 13 – před destrukcí	9.2.2012
26	OCP 13 – po destrukci	
27	OCP 14 – před destrukcí	22.2.2012
28	OCP 14 – po destrukci	
29	OCP 15 – před destrukcí	8.2.2012
30	OCP 15 – po destrukci	
31	OCP 16 – před destrukcí	16.1.2012
32	OCP 16 – po destrukci	
33	PCDD/F 17 – před destrukcí	23.2.2012
34	PCDD/F 17 – po destrukci	
35	PCDD/F 18 – před destrukcí	21.3.2012
36	PCDD/F 18 – po destrukci	
37	PCDD/F 19 – před destrukcí	26.4.2012
38	PCDD/F 19 – po destrukci	
39	PCDD/F 20 – před destrukcí	16.11.2010
40	PCDD/F 20 – po destrukci	
41	PCDD/F 21 – před destrukcí	17.11.2010
42	PCDD/F 21 – po destrukci	

Obrázek 4: Vzorky pro určení genotoxicity 2019

8.2 Popis testu

Bakteriální test reverzní mutace s použitím *Salmonella typhimurium* nebo *Escherichia coli* je nejrozšířenější in vitro testem pro hodnocení mutagenity chemických látek a vzorků životního prostředí. Tento test byl podrobněji popsán v průběžné zprávě za r. 2017.

Při použití minimálně dvou kmenů, které detekují mutace párů párů a frameshift, lze test bakteriální reverzní mutace obecně využít ke screeningu genotoxicity léčiv, chemických látek, vzorků životního prostředí, případně potravinových ingrediencí. Tento test bakteriální reverzní mutace respektuje doporučení regulačních agentur jako je ECHA (Evropská chemická agentura), OECD (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj) ad.

Modifikovaný test využívá 384-jamkové mikrodestičkové úpravy oproti klasickému bakteriálnímu testu reverzní mutace. Používá malý objem, tekutý formát pro expozici bakteriálních testovacích kmenů za účelem testování vzorků v nepřítomnosti a přítomnosti jaterního extraktu (S9) a kolorimetrické detekce pro snadné vyhodnocování revertantních bakterií. V tomto testu jsou frameshift mutace detekovány tradičním kmenem TA98, zatímco TA100 detekuje nukleotidové substituce.

Čerstvě připravené kultury TA98 a TA100 byly identicky jako v případě provedení testů v roce 2018 vystaveny šesti koncentracím testovacího činidla, podobně jako pozitivní a negativní kontroly, po dobu 90 minut v médiu obsahujícím dostatečný histidin pro podporu několika buněčných dělení. Po 90 minutách byly expoziční kultury zředěny v médiu s indikátorem pH bez histidinu a alikvotovány do 48 jamek 384 jamkové destičky. Během 2 dnů buňky, které prošly reverzí na histidinovou prototrofii - buď spontánně, nebo jako důsledek expozice mutagenu – vykazaly růst v koloniích. Bakteriální metabolismus následně snížil pH média a změnil barvu této vrstvy z fialové na žlutou. Počet jamek obsahujících revertantní kolonie byl počítán pro každou dávku a porovnán s rozpouštědlovou (negativní) kontrolou. Každá dávka byla testována v triplicátech tak, aby bylo možné provést statistickou analýzu získaných dat. Zvýšení počtu revertantních jamek ve srovnání s kontrolami rozpouštědla indikuje, zda chemická látka je mutagenní. Mutagenní potenciál látek se byl posuzován přímo a za přítomnosti jaterního extraktu S9.

8.3 Příprava vzorků

Po obdržení vzorků ve skleněných zkumavkách, byly vzorky uloženy do 15 ml zkumavek pro extrakci. Zkumavky obsahovaly v průměru 1 g vzorku k testování, ke kterému bylo přidáno 5 ml toluenu (p.a.) a 0,1 ml DMSO. Následně byly vzorky sonikovány po dobu 15 minut (3 x 5 minut) a extrahovány na rotační odparce. V poslední fázi přípravy vzorku byly vzorky uloženy v 1 ml DMSO ve zkumavkách a testovány popsáním genotoxickým testem.

8.4 Použitý postup

Celkový protokol a princip testu byl blíže popsán v Průběžné zprávě za rok 2017. Byly využity poslední poznatky jak vlastní tak z literatury, přičemž použitý protokol obsahoval následující hlavní kroky:

1. Za sterilní podmínek byly připraveny kultury TA98 a TA100.
2. Do kultivačních zkumavek bylo přidáno růstové médium a ampicilin.
3. Kultivační zkumavky byly volně uzavřeny, třepány a zahřívány při konstantní teplotě tak, aby byla zajištěna dostatečná aerace.
4. Nárůst kultur byl ověřen měřením optické hustoty
5. Testované vzorky a pozitivní kontroly byly připraveny v dostatečně koncentrovaných zásobních roztocích

6. Zředění vzorků na destičce s 96 jamkami. Schéma zředění je konfigurováno pro šest koncentrací plus negativní (rozpouštědlo) a pozitivní kontrolu; každá další jamka se používá k přenosu na 24-jamkovou expoziční desku pomocí vícekanálové pipety.
7. Reakční schéma se provede nejdříve přidáním vhodného množství rozpouštědla do jamek destičky a přenese se zásobní roztok do jednotlivých jamek ředící destičky.
8. Sériová ředění byly provedeny přenesením definovaného objemu zkušební vzorku mezi určenými jamkami destičky.
9. Podobně je další jamka dedikována ke kontrole rozpouštědla a pozitivní kontrole stanovení.
10. Pro testování pevných chemikálií je vhodné použití vyšší dávky.
11. V případě omezené rozpustnosti, je potřeba použít funkční suspenze.
12. Vzorky životního prostředí (např. Povrchové vody, odpadní voda, sedimenty) je vhodné provést testování po extrakci popsané výše.
13. Přenos reagentů mezi expoziční a ředící mikrodestičkou použitím 8-kanálové pipety.
14. Expoziční kultura byla připravena přidáním expozičního média k bakteriální kulturám do zásobníku sterilního reakčního činidla.
15. Výsledná směs byla inkubována po předepsaný čas a třepána při konstantní teplotě.
16. Po inkubaci se do každé jamky expozičních destiček přidalo indikační médium. Každý alikvot byl přenesen na samostatnou destičku s 384 jamkami.
17. Inkubace proběhla v suchém inkubátoru
18. Odečtení kolorimetrických výsledků

Genotoxický test byl považován za platný, pokud kontrola rozpouštědla a hodnoty pozitivní kontroly (průměr pozitivních jamek všech replikátů) byly v přijatelném rozmezí. Toxicita může být posouzena významným poklesem pozitivních jamek vzhledem ke kontrole rozpouštědla (obecně při vysokých koncentracích testovaných vzorků) a zvýšením jasu purpurového média ve srovnání s kontrolou rozpouštědla (lýza buněk, absence bakteriálních buněk). Zvýšení počtu revertantů ve srovnání s kontrolou rozpouštědla je stanoveno dělením průměrného počtu pozitivních jamek v každé dávce podle počátečního průměru kontrolního rozpouštědla. Výchozí základní hodnota rozpouštědla je odvozena od průměrného počtu pozitivních jamek v kontrolním rozpouštědle plus jednotka standardní odchylky. Je-li základní hodnota menší než 1, je hodnota pro výpočet nastavena na hodnotu 1.

Krátkodobý nárůst větší než dvojnásobek základní úrovně se obecně považuje za varovný. Vícenásobek varovné odezvy na dávku vede klasifikaci zkušební vzorek jako jednoznačně pozitivní. Zkušební vzorek je klasifikován jako negativní, pokud není zaznamenána žádná odpověď větší než dvojnásobek bazální linie. Násobky jsou vypočítávány z výchozí hodnoty skutečné kultury, a nikoliv z historických dat. Použití základní linie vyhovuje větším standardním odchylkám. V rámci optimalizace byla ověřeno zároveň možnost testování více než jedné sloučeniny stejnou kulturou. Velké množství negativních kontrolních údajů poskytuje spolehlivější rozsah spontánních revertantů dané kultury.

8.5 Výsledky testů

Pro zpracování výsledných dat ohledně počtu jamek byla použit předpřipravená pokročilá aplikace na bázi excelu, která je pro účely aplikace v mezinárodním prostředí a zamýšlené reporty vedena v anglickém jazyce. Z tohoto důvodu jsou i exporty ponechány v původním znění. Níže jsou uvedena primární a statisticky upravená data. Vzorky, které byly přijaty od partnera projektu ve

dvou oddělených skupinách označených jako "Reprezentativní vzorky" a "Referenční materiály", které byly pro zjednodušení označeny jako "RV" a "RM".

Vysvětlivky k tabulkám v Příloze 1 a grafům v Příloze 2:

- Sample vzorek
- Mutagenita (yes/no)..... mutagenita (uveden kvalitativní výsledek ano/ne)
- Dose dependency (yes/no/-)..... kvalitativní závislost na koncentraci látky (ano/ne/- není relevantní)
- S9 jaterní extrakt pro metabolizaci simulující humánní fyziologii
- w/o bez
- with s
- Overall Result for strain Celkový výsledek na konkrétním testovaném kmeni
- Limit to "Pass" Numerický limitní násobek pro genotoxicitu
- Probably not mutagenic test. Látka/směs není pravděpodobně mutagenní
- Probably mutagenic test. Látka/směs není pravděpodobně mutagenní
- Equivocal nejistý výsledek umožňující různou interpretaci, případně opakování testu
- Revertants revertanti
- Binomial binomická hodnota
- Concentration Factor Koncentrační factor
- 2-NF 2-nitrofluoren (pozitivní genotoxická kontrola)
- 4-NQO 4-nitrochinolin (pozitivní genotoxická kontrola)
- TA100 kmen *S. typhimurium* TA100
- TA98 kmen *S. typhimurium* TA98

Sample	Mutagenic data points		Dose dependency		Overall Result for strain TA98 (at the tested doses)
	w/o S9	with S9	w/o S9	with S9	
RV 25	Yes	Yes	No	Yes	Probably mutagenic
RV 26	No	Yes	-	No	Unclear, needs careful inspection or further evaluation
RV 27	Yes	Yes	No	Yes	Probably mutagenic
RV 28	No	No	-	-	Probably not mutagenic
RV 29	Yes	Yes	No	Yes	Probably mutagenic
RV 30	No	Yes	-	No	Unclear, needs careful inspection or further evaluation
Sample	Mutagenic data points		Dose dependency		Overall Result for strain TA100 (at the tested doses)
	w/o S9	with S9	w/o S9	with S9	
RV 25	No	No	-	-	Probably not mutagenic
RV 26	No	No	-	-	Probably not mutagenic
RV 27	No	No	-	-	Probably not mutagenic
RV 28	No	No	-	-	Probably not mutagenic
RV 29	No	No	-	-	Probably not mutagenic
RV 30	No	No	-	-	Probably not mutagenic

+S9 sample data not included

Sample	Mutagenic data points		Dose dependency		Overall Result for strain TA98 (at the tested doses)
	w/o S9	with S9	w/o S9	with S9	
RV 31	No		-	-	Probably not mutagenic
RV 32	No		-	-	Probably not mutagenic
RV 33	No		-	-	Probably not mutagenic
RV 34	No		-	-	Probably not mutagenic
RV 35	No		-	-	Probably not mutagenic
RV 36	No		-	-	Probably not mutagenic
Sample	Mutagenic data points		Dose dependency		Overall Result for strain TA100 (at the tested doses)
	w/o S9	with S9	w/o S9	with S9	
RV 31	Yes	No	No	-	Unclear, needs careful inspection or further evaluation
RV 32	No	No	-	-	Probably not mutagenic
RV 33	No	No	-	-	Probably not mutagenic
RV 34	No	No	-	-	Probably not mutagenic
RV 35	No	No	-	-	Probably not mutagenic
RV 36	No	No	-	-	Probably not mutagenic

"+S9 sample data not included"

Sample	Mutagenic data points		Dose dependency		Overall Result for strain TA98 (at the tested doses)
	w/o S9	with S9	w/o S9	with S9	
RV 37	No		-	-	Probably not mutagenic
RV 38	No		-	-	Probably not mutagenic
RV 39	No		-	-	Probably not mutagenic
RV 40	No		-	-	Probably not mutagenic
RV 41	No		-	-	Probably not mutagenic
RV 42	No		-	-	Probably not mutagenic

*strain TA 100 is yet to be done

8.6 Výsledky testů a závěry

Z výsledků vyplývá nález u vzorků OCP 13 až 16 na testovacím kmeni TA98. Tyto vzorky byly reálné vzorky technických směsí vtřít z haldy závodu Azot v Jaworzne. Před destrukcí (RV25, RV 27 a RV 29) jsou vyhodnoceny jako pravděpodobně mutagenní. Po destrukci jsou dva z nich (RV 26 a RV 30) vyhodnoceny jako nejasné a třetí (RV28) jako nemutagenní. Ostatní zkoumané vzorky byly pro oba kmény vyhodnoceny jako nemutagenní.

Během 3. roku řešení projektu byla využita a optimalizována analytická soustava k detekci genotoxicity a získána další výsledky sledující účinnost dehalogenace (detoxikace) pevného odpadu, obsahujícího vysoce chlorované perzistentní organické látky (POPs), založené na metodě CDC (Catalytic Destruction using Copper). Zaměření bylo zejména na vzorky kontaminované popílky a další toxické odpady včetně vzorků z vodních toků. Výsledky ukázaly, že vzorky RV 25, RV 27 a RV 29 jsou dle popsané klasifikace pravděpodobně genotoxické, pro upřesnění DNA *frameshift* mutace by bylo zapotřebí dalších toxikologických testů. Vzorky RV 26 a RV 30 nesou podezření na genotoxicitu. Žádný ze vzorků nebyl analyzován jako pozitivní po metabolizaci pomocí S9 frakcí.

Z proběhlé aktuální rešerše a předchozích zkušeností vyplynulo, že použité analytické metody, kde hlavním kritériem byla co nejvyšší efektivita a použitelnost jak pro dané vzorky, tak v terénu, byly zcela adekvátní. Kromě instalace analytické soustavy byly testovány alternativní optimalizované protokoly a analytické podmínky, které by umožnili práci v kratším čase a s větším počtem vzorků. Pokročilé datové úložiště pořízené v minulém období bylo nastaveno pro vzdálený přístup tak, aby bylo schopné komunikovat s pracovníky v terénu. Získaná data jsou automaticky ukládána šifrovacím protokolem tak, aby byla zajištěna jejich maximální ochrana proti zneužití zejména třetími stranami.

9 Závěr

Všechny cíle projektu byly splněny podle plánu projektu. Příslušné testy byly provedeny, technologie byla optimalizovaná a proběhla propagační kampaň. Z hlediska komerčního využití se v současné době jedná s významnými potenciálními koncovými zákazníky o využití této technologie na úkolech, které je v ČR nutné z hlediska environmentálních dopadů řešit, jedná se zejména o odprašky a popílky z metalurgického průmyslu a filtrační náplně na úpravách pitné vody.

V rámci projektu byla podle zadání vypracována modifikaci technologie CDC rozšířená o předkoncentraci. V rámci projektu POPDESTR byl podán prostřednictvím advokátní patentové kanceláře Traplová-Hakr-Kubát patent na užitný vzor pro tuto modifikaci. Tento fakt je důležitý pro další pokračování a rozšíření naší technologie o další aplikace. Pro oddělení pevných fází (sorpční náplně) je do systému zapracována velkokapacitní centrifuga, která je taktéž instalována v hale v Ostravě, a jejíž kapacita je až 7,5 m³ za hodinu. Dále byla zakoupena odparka s trojitým efektem pro koncentraci extraktu s izoláty zachycených látek o kapacitě 3 až 5 tun vstupního materiálu (solventu) za hodinu. Odparka bude sloužit k velkokapacitnímu zakoncentrování zachycených látek pro následné použití v destrukční technologii. V následných krocích se budeme zabývat možnostmi odstranění dalších skupin polárních látek, které se vyskytují zejména ve vodách. A to nejdříve vodách pitných a následně pak odpadních, kde je aplikace obtížnější vzhledem k uplatnění matričního efektu a k obecně vyšším koncentračním úrovním těchto látek. Bude snaha přenést užitný vzor, který bude patentován v roce 2020, až do nabídky řešení pro čistírny odpadních vod, které budou provozovat CDC jednotky z odpadního tepla bioplynových stanic, které jsou součástí ČOV, což je zásadní pro budoucí rozvoj.