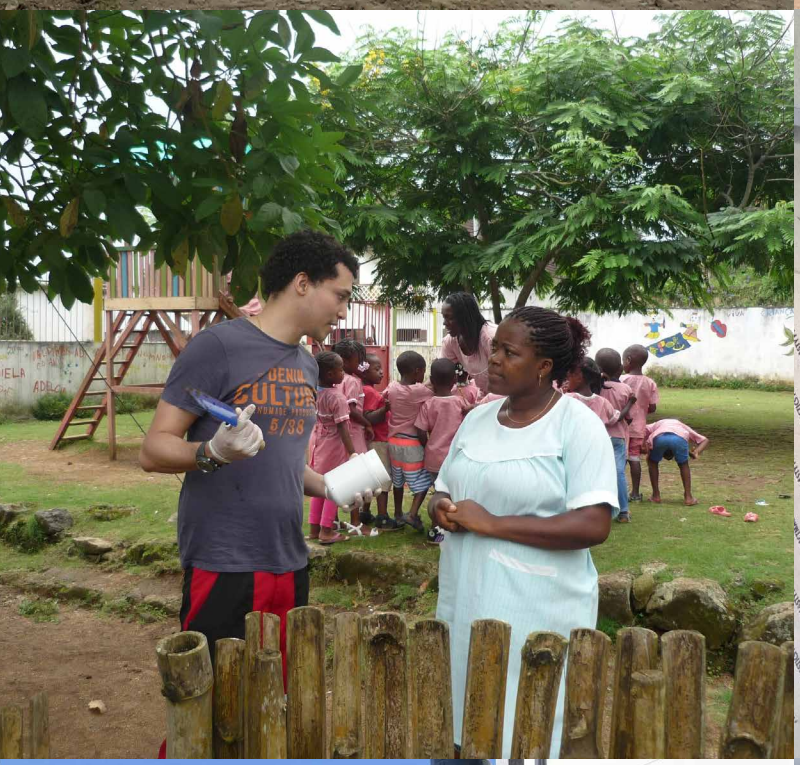
BULLETIN 2020

Divize Sanační a ekologické projekty

dekonta

AIR BIOFILTER



Tulip Cocoa Industries B.V.
HOOFDINGANG / MAIN ENTRANCE
HAUPTEINGANG / PORTORE
GLÓWNE WEJŚCIE
dekonta

OBSAH

Co nám přinesl rok 2020?
Jan Vaněk, Petra Najmanová 3

1. Technologie ko-kompostování zemin kontaminovaných PAU a její aplikace v praxi
Ondřej Lhotský, Radek Červinka 4

2. Sanace areálu EUROŠARM Plzeň metodou propařování
Jana Kolářová, Jan Maštalka 7

3. Zahraniční projekty pokračují...
Ondřej Urban 8

4. Stavíme kořenové čistírny
Tereza Hnátková, Michal Šereš 10

5. Řešení konečné úpravy čistírenských kalů
Michal Šereš, Tereaza Hnátková, Petra Innemanová 12

6. Nové možnosti hodnocení technického stavu hydrogeologických vrtů
Jan Kukačka 14

7. Využití fotochemické oxidace pro eliminaci mikropolutantů z odpadních vod
Vladislav Knytl, Pavel Mašín 18

8. Reaktivace aktivního uhlí pro vodárenské účely
Marek Šváb, Barbora Štěpánová 20

9. On-site termická desorpce – dostupnější verze univerzálně účinné sanační metody
Jiří Kroužek, Pavel Mašín 23

CO NÁM PŘINESL ROK 2020?

Rok 2020 byl pro většinu z nás v mnoha ohledech velmi nezvyklým a přinesl řadu výzev, a to jak v osobním, tak i pracovním životě. I přes všechna úskalí způsobená celosvětovou pandemií a následnými vládními opatřeními jsme však v roce 2020 realizovali řadu nových projektů a nepolevujeme ani při získávání nových zakázek. Výběr těch nejzajímavějších aktivit bychom Vám rádi představili v tomto bulletinu, který vznikal v průběhu celého roku 2020, a snaží se alespoň ve stručnosti nastínit různorodost činnosti divize Sanační a ekologické projekty společnosti DEKONTA.

Na úvod bychom se rádi pochlubili ziskem prestižní Ceny SDGs za rok 2020, kterým Asociace společenské odpovědnosti oceňuje nejlepší české projekty, které různým způsobem naplňují Cíle udržitelného rozvoje OSN v Česku a zahraničí. Společnost DEKONTA zvítězila v kategorii Zahraniční rozvojová spolupráce s projektem umělých mokřadů zlepšujících životní podmínky ve venkovských oblastech rozvojových zemí. Konkrétně se jedná o úspěšnou realizaci 349 m^2 nových mokřadních ekosystémů v rozvojových oblastech Bosny a Hercegoviny a Kambodži. Cenu SDGs převzal generální ředitel naší společnosti Karel Petrželka při slavnostní ceremonii, která se konala v zahradách Černínského paláce Ministerstva zahraničních věcí ČR dne 17. září 2020. Toto ocenění je pro nás velkým impulsem pro pokračování s dalšími smysluplnými aktivitami v rozvojových zemích.

Téměř celý rok 2020 se nese ve znamení pandemie COVID-19. V DEKONTĚ jdeme této velké výzvě naproti.

Významnou stopou na poli boje proti šíření této nemoci byla dodávka deseti zařízení DAF 2, které jsme vyvinuli v rámci našich vývojových aktivit, a které jsou určené k dezinfekci větších prostor. Tato dodávka směřovala do zdravotnických zařízení v Bosně a Hercegovině. Akce proběhla v rámci projektu humanitární pomoci financované Ministerstvem zahraničních věcí ČR a dárci CARE ČR.

Na následujících stránkách bychom Vás rádi seznámili s dalšími projekty z oblasti sanačních zakázek, výzkumných projektů či zahraničních projektů, které se nám v letošním roce podařilo realizovat i za přísných protikoronavirových opatřeních. Jde pouze o malou ochutnávku našich různorodých aktivit, další informace naleznete na webových stránkách www.dekonta.cz.

Za redakční tým: Jan Vaněk, Petra Najmanová

1. TECHNOLOGIE KO-KOMPOSTOVÁNÍ ZEMIN KONTAMINOVANÝCH PAU A JEJÍ APLIKACE V PRAXI

Ondřej Lhotský, Radek Červinka

Proces kompostování byl od pradávna využíván ke stabilizaci biologicky rozložitelných odpadů a výrobě organického hnojiva. V posledních desetiletích vzrostl zájem o tento proces v souvislosti s jeho využitelností k sanaci zemin kontaminovaných organickými i anorganickými polutanty. Nedávný výzkum pak prokázal, že v průběhu procesu kompostování dochází k degradaci mnoha látek, jejichž biodegradace je jinak značně omezená.

Technologie takzvaného ko-kompostování spočívá v mísení kontaminovaných materiálů (zemin, kalů apod.) s vhodným organickým substrátem, který podléhá procesu kompostování, ve vhodném poměru. Následně je směs kompostována s využitím běžné mechanizace a důkladně monitorována. Detailní návrh technologie pro konkrétní kontaminanty a kontaminované matrice musí vycházet z laboratorních a pilotních testů a znalostí tohoto procesu. Důležité je taktéž laboratorní ověření biodostupné frakce kontaminantu v dané matrici.

V průběhu kompostování dochází k postupnému nárůstu teploty vlivem růstu různorodých mikroorganismů (především bakterií a hub), které neselektivně rozkládají veškerou přítomnou organickou hmotu včetně přítomných jednoduchých organických kontaminantů (jako jsou například ropné látky). V pozdější fázi, kdy dojde k rozkladu většiny snadno rozložitelných organických sloučenin, teplota klesá a v kompostu narůstá mikrobiální konsorcium schopné rozkladu komplexnějších organických látek, jako je například lignin. K rozkladu těchto komplexních látek přítomné mikroorganismy často využívají extracelulární (mimobuněčné) enzymy, které jsou velmi neselektivní. Tyto enzymy jsou mimo ligninu a podobných organických substrátů schopny rozkládat také řadu komplexních organických kontaminantů (jako jsou polycyklické aromatické uhlovodíky PAU, exploziva, některé pesticidy, farmaka a látky osobní spotřeby), které nejsou běžně biologicky rozložitelné, a jsou proto považovány za persistentní.

Technologie ko-kompostování je používána např. armádou USA, která tuto technologii od počátku 90. let minulého století využívá pro dekontaminaci zemin znečištěných explozivy. Americká agentura pro ochranu životního prostředí ji uznává jako sanační metodu od roku 1998.

V České republice se technologií ko-kompostování zabývali především pracovníci Mikrobiologického ústavu AV ČR (MBÚ). Nejprve se jim podařilo prokázat, že tato technologie je použitelná pro degradaci PAU při kompostování železničních pražců. Později se začali zabývat využitím této technologie pro odstraňování PAU z kontaminovaných zemin. V rámci vědecko-výzkumného centra kompetence NANOBIOWAT podpořeného TA ČR (TE01020218) navázalo MBÚ spolupráci s komerčními partnery (DEKONTA, MEGA a AECOM CZ) a společně technologii ko-kompostování zemin kontaminovaných PAU dále rozvíjeli směrem k její optimalizaci a praktické aplikaci. Prováděné testy jednoznačně potvrdily použitelnost této metody pro dekontaminaci zemin kontaminovaných PAU ve velkém měřítku.

A právě tato technologie byla využita v rámci projektu „Sanace území kontaminovaného historickým provozem impregnace dřeva v oblasti vodního zdroje Česká Lípa – jih", který byl podpořen z Operačního programu Životní prostředí 2014-2020.

Vlastní sanace spočívá ve výstavbě vodohospodářsky zabezpečené plochy se zpevněným povrchem a fóliovým těsněním, pro provedení ko-kompostování o ploše 5600 m^2. V místech původní impregnační technologie a odkapávacích ploch budou ve třech letech po sobě postupně odtěžovány kontaminované zeminy, které budou následně ošetřeny na ploše. Každý rok má být odtěženo a ošetřeno cca 7 tisíc m^3 kontaminovaných zemin, které budou po ročním ko-kompostování a dosažení sanačních limitů navráceny zpět do sanačního výkopu. Celkem má být vytěženo a ošetřeno 21 tisíc m^3 zemin.

Zabezpečená plocha byla vystavěna v roce 2019 a v letošním roce probíhá odtěžba a ko-kompostování 1. části sanačního výkopu. Materiál z výkopu byl rozdělen na dvě části. První z nich byla aktivně kompostována v období od května do srpna, druhá bude kompostována od září do jara 2021.
Při aktivním kompostování je směs zeminy s organickým substrátem ukládána na ploše v podobě dlouhých hromad, tzv. zakládek, které je nutné průběžně překopávat a vlhčit, neboť zde dochází k intenzivním mikrobiálním procesům a rychlé spotřebě kyslíku. Postupem času dojde k vyčerpání většiny organického substrátu a proces se výrazně zpomalí. Od té doby již není nutné materiály aktivně překopávat.

V současné době již byla úspěšně dokončena aktivní část ko-kompostování 1. části písků o celkovém objemu cca 3500 m^3. Tyto písky byly v květnu 2020 smíseny s organickým substrátem dodávaným z kompostárny SAP Mimoň v objemovém poměru 1:1. Při objemové hustotě organického substrátu cca 350 kg/m^3 a písku cca 1700 kg/m^3 to představuje hmotnostní poměr cca 1:5 na čerstvou váhu, na sušinu pak cca 1:10. Vliv ředění PAU organickým substrátem se tedy pohybuje pouze okolo 10 %.

Ko-kompostování během tohoto období vedlo k odstranění 81 % sumy 12 PAU (pokles z průměrné koncentrace 1,15 g/kg na cca 0,31 g/kg) a 70 až 88 % jednotlivých těžkých zástupců PAU. Nejvýrazněji zastoupeným těžkým PAU byl benzo(a)antracen, jehož průměrná koncentrace ve vstupní zemině se pohybovala okolo 240 mg/kg a po necelých 120 dnech kompostování poklesla na cca 20 mg/kg. Sanační limit pro jednotlivé těžké zástupce PAU přitom dosahuje 60 mg/kg. Po 120 dnech aktivního ko-kompotování tak bylo v zeminách dosaženo sanačních limitů.

Tyto zeminy byly v září 2020 přesunuty z podlouhlých zakládek do podoby jedné velké deponie, která již nebude dále překopávána, ale kde bude degradace PAU probíhat pomalejším tempem i nadále. Degradace PAU bude pokračovat i po přesunu zeminy

zpět do sanačního výkopu, a to až do doby, kdy již v materiálu nebudou žádné biologicky dostupné PAU.

Technologie ko-kompostování tak představuje vhodné řešení pro dekontaminaci materiálů kontaminovaných PAU ověřené společností DEKONTA v sanační praxi.

2. SANACE AREÁLU EUROŠARM METODOU PROPAŘOVÁNÍ

Jana Kolářová, Jan Maštalka

Od roku 2018 provádíme část sanačních prací v bývalém areálu společnosti EUROŠARM – sklad Plzeň jih (v současné době OQEMA, s.r.o.). Sanační práce jsou realizovány jako součást veřejné zakázky „Sanace staré ekologické zátěže v areálu společnosti EUROŠARM – sklad Plzeň jih", jejíž generálním dodavatelem je spol. G-servis Praha.

V rámci této akce je prováděna sanace nesaturované zóny horninového prostředí a podzemní vody v podloží skladu chemikálií p.č. 1207/8 a přilehlého okolí včetně prostoru stávajícího železničního stáčiště chemikálií a kolejové vlečky. Hlavním kontaminantem v zeminách i podzemních vodách jsou chlorované uhlovodíky a ropné látky.

Společnost DEKONTA realizuje část sanace nesaturované zóny pod objektem skladu a v přilehlém prostoru stáčiště technologií propařování horninového prostředí. Hlavním přínosem metody je její velká rychlost a účinnost, přibližně o řád vyšší než při použití jiných sanačních metod. Na druhou stranu tato metoda není v ČR příliš často využívána pro svou technologickou a investiční náročnost v porovnání s konvenčními metodami. Princip metody je následující:

1. Pára z instalovaného parního vyvíječe se vhání do horninového prostředí speciálními injektážními vrty, dochází k prohřátí kontaminované oblasti a uvolnění (desorpcí, vytěkáním) těkavých organických látek (RU a ClU). V našem případě jsou injektážní propařovací vrty realizovány jako horizontální vrty v hloubce cca 5,5 m pod skladem chemikálií a vertikální vrty v prostoru stáčiště.
2. Z vhodně umístěných extrakčních vrtů se odsává horký půdní vzduch s desorbovaným kontaminantem, který se ochlazuje a čistí v sanační technologii na filtrech s aktivním uhlím. Jako extrakční vrty jsou použity ventingové horizontální vrty v hloubce cca 3 m pod skladem chemikálií a vertikální vrty okolo skladu. Odseparovaný kontaminant je následně odstraňován v souladu s platnou legislativou na spalovně.

Na lokalitě je instalováno 116 teplotních čidel s automatickým odečtem teplot v horninovém prostředí. Na základě vyhodnocení teplotního monitoringu se určuje doba provozu parního vyvíječe potřebná pro ohřátí horninového prostředí na 80° až 90°C, nezbytných pro odtěkání kontaminantu. Celková doba sanace touto technologií je projektována na 24 měsíců.

Technologie propařování byla uvedena do provozu od května 2019. V průběhu roku 2020 byla realizace sanace zaměřena na dostatečné prohřátí celého vymezeného prostoru pro sanaci tak, aby bylo odstraněno maximální možné množství kontaminace. Ke konci roku 2020 bylo z horninového prostředí odstraněno 2,9 t chlorovaných uhlovodíků.

3. ZAHRANIČNÍ PROJEKTY POKRAČUJÍ...

Ondřej Urban

I přestože pandemie Covid značně omezila a ztížila realizace zahraničních projektů, podařilo se v letošním roce dokončit jeden průzkum v Bosně a Hercegovině a zahájit dva nové projekty v Moldávii.

Průzkum největšího PCB hotspotu v Republice Srbska v Bosně a Hercegovině

V květnu vyhrála DEKONTA mezinárodní výběrové řízení vyhlášené UNDP pobočkou v Sarajevu. Jakmile první vlna Covidu ustoupila, odjela skupina 7 pracovníků do města Banja Luka k provedení průzkumných prací v areálu průmyslového komplexu INCEL, kde došlo historicky k úniků látek PCB z transformátorů. Za relativně krátký čas 3 týdnů bylo odvrtáno 30 sond a odebráno cca 200 vzorků různých matricí.

Následně byly pro UNDP vypracovány zprávy z průzkumu znečištění, riziková analýza a koncepční návrh sanace této lokality.

Naštěstí se nepotvrdily nejčernější scénáře a informace z předchozích průzkumů, které indikovaly znečištění v úrovni nad 1000 ppm PCB. Maximální obsahy PCB se pohybovaly v jednotkách PCB, tedy srovnatelně s obdobnými hotspoty v ČR, a je pravděpodobné, že autoři předchozích průzkumů se „sekli" v desetinné čárce.

V návaznosti na vypracované zprávy a prezentaci ve městě Banja Luka proběhly on-line konference se

zástupci místního Ministerstva ŽP, kde byly diskutovány koncepce a účel rizikových analýz, stanovení sanačních limitů apod. Jelikož je tato problematika v popředí zájmu místního Ministerstva, byla s UNDP předběžně dohodnuta realizace navazujícího semináře pro zástupce státní správy v BaH.

Průzkum a nalezení koncepčního řešení pro areál trafostanice ve Vulcănești, Moldávie

V říjnu byl slavnostně zahájen rozsáhlý průzkum v areálu trafostanice ve městě Vulcănești v Moldávii. Cílem projektu je nalezení koncepčního řešení (sanace) staré ekologické zátěže, způsobené explozí cca 1000 kondenzátorů v roce 1979. Projekt je financovaný ČRA v rámci zahraniční rozvojové spolupráce.

Mezi hlavní aktivity projektu náleží podrobný průzkum horninového prostředí a podzemních vod, v jehož průběhu bylo vyhloubeno cca 400 sond a odebráno přes 1400 vzorků zemin a podzemní vody.

Na základě výsledků laboratorních analýz bude zhodnocena rizikovost lokality a bude navržena možnost jejího snížení (tzv. studie proveditelnosti). Dále budou zpracovány podklady pro realizaci nápravných opatření.

Projekt navazuje na předchozí významné intervence a projekty ČRA v letech 2006-2017, zacílené na eliminaci rizika kontaminace životního prostředí, jako například: „Náprava ekologických zátěží způsobených pesticidy v Moldavsku I a II“, „Technická a institucionální podpora v oblasti nakládání s pevnými odpady v jižním Moldavsku“, „Sanace lokalit znečištěných ropnými látkami v obcích Lunga a Mărculeşti“ nebo

„Omezení rizik souvisejících se skládkou nebezpečného odpadu v Cişmichioi“.

4. STAVÍME KOŘENOVÉ ČISTÍRNY

Tereza Hnátková, Michal Šereš

Umělé mokřady, pro které se v České republice vžilo pojmenování kořenové čistírny odpadních vod (dále jen KČOV), jsou ve světě pro čištění odpadních vod využívány již od 50. let 20. století a postupně získávají na popularitě i v České republice, kde k jejich rozšiřování přispívají také mnohé aktivity firmy DEKONTA. Praktické zkušenosti provozovatelů moderních, tzv. hybridních KČOV ukazují, že jejich provoz a údržba jsou jednoduché a levné, přičemž výstupní kvalita vyčištěné odpadní vody (OV) je v průběhu roku velmi stabilní a mnohdy lepší než u klasických aktivačních čistíren.

Řada českých i zahraničních výzkumů poukazuje na skutečnost, že komplexní čistící procesy v KČOV mohou z odpadní vody odstraňovat řadu různorodých organických mikropolutantů, jako jsou např. pesticidy, zbytky léčiv či perfluorované sloučeniny. Tato skutečnost pak z KČOV dělá rovněž vhodnou metodu terciárního dočišťování OV i z větších čistíren.

V září 2020 se v turistickém městečku Białka v obci Dębowa Kłoda v Lubelském vojvodství otevřela jedna z největších pasivních čistíren odpadních vod v Polsku. Zařízení má kapacitu 180 m^3 za den a je schopné obsluhovat jak 250 stálých obyvatel, tak tisíce turistů, kteří jej každoročně navštěvují. Čistírnu v Białce navrhli vědci z University of Life Sciences v Lublinu a Gdaňské technické univerzity a postavila ji právě DEKONTA v konsorciu s polskou spin-off firmou RDLS. Jde prakticky o jednu z největších kořenových čistíren odpadních vod ve střední Evropě, s kapacitou až 1800 obyvatel. Díky svému přirozenému vzhledu pasivní technologie splyne s krajinou a vypustí do místního ekosystému prakticky čistou vodu. Zařízení splňuje všechny ekologické standardy a funguje celoročně.

Kořenová ČOV pro obec Nečichy, okres Louny

Kořenová ČOV pro obec Dębowa Kłoda, Polsko

Recyklace odpadních vod

Změna klimatu a rozložení srážkových událostí v průběhu roku bude působit na růst poptávky po systémech umělého zavlažování zemědělských plodin či okrasných rostlin a celkově úspornější a hospodárnější využívání vody. Vzhledem ke snižujícím se zdrojům kvalitní vody se rovněž očekává zvýšená poptávka po využívání vyčištěných OV. Existují ale obavy vzhledem k samotné povaze OV, které obsahují složitou směs organických a anorganických látek. Zásadním předpokladem opětovného využívání OV je odpadní vodu před použitím při činnostech souvisejících s rostlinnou výrobou řádně vyčistit a dezinfikovat, aby nedocházelo ke kontaminaci rostlinných produktů patogenními mikroorganismy a jinými polutanty. I přes riziko této kontaminace zůstává velmi zajímavý zbytkový obsahu živin (N,P,K), jenž může sloužit jako alternativní hnojivo, které bude snižovat množství dodávaných minerálních hnojiv. Rovněž je prokázáno zvyšování obsahu organické hmoty v půdě a stimulace činnosti půdních mikroorganismů, čímž dochází k dalšímu uvolňování živin do půdního roztoku a nepřímo také ke hnojení rostlin.

Rizika spojená s opětovným využíváním OV samozřejmě nelze brát na lehkou váhu. Kromě již zmíněného šíření mikropolutantů či patogenních mikroorganismů se jedná o riziko postupného zasolování půdy, změny fyzikálních a chemických vlastností půdy aj.

Zavlažovací systémy

Od roku 2018 jsme prováděli ve spolupráci s Výzkumným ústavem vodohospodářským v rámci projektu IRMA (ev. č. TH02030583) řadu pokusů na experimentálních závlahových plochách napojených na KČOV a to v Kostelci nad Ohří a v obci Hostětín. Na jaře 2020 jsme na tento projekt navázali projektem AIRA (ev. č. TJ04000322) ve spolupráci s VÚV a MBÚ AV ČR. Na obou lokalitách je vyčištěná OV pomocí kapkové závlahy automaticky rozváděna na experimentální pole, na nichž jsou pěstovány zemědělské plodiny, jako např. salát, rajčata či brambory. Dále jsou zavlažovány ovocné stromy a rychle rostoucí dřeviny (RRD), konkrétně vrby.

V průběhu dvou vegetačních sezon jsme pozorovali výrazně vyšší produkci biomasy RRD zavlažovaných OV a to až 31,26 t/ha oproti 1,77 t/ha při použití vody čisté. V případě brambor byl sklizen dvojnásobný počet hlíz, u rajčat byl počet sklizených plodů o 59 % vyšší. Mikrobiologická analýza sklizené zeleniny prokázala hygienickou kvalitu sklízených plodin přibližně stejnou při zálivce OV i vodou ze studny. V OV z Kostelce nad Ohří bylo detekováno 17 z 19ti monitorovaných farmaceutických látek. Průchod skrze KČOV a dále vrstvou zeminy zajistil účinné odstranění sledovaných mikropolutantů na minimum (koncentrace v drenáži v jednotkách ng/L). Do pěstovaných plodin se navíc žádná sledovaná látka nedostala. Rovněž byla ověřena hypotéza, že v klimatických podmínkách ČR nebude vyčištěná OV představovat významné riziko pro půdu z hlediska degradace a změn strukturálních vlastností. Zároveň bylo prokázáno, že zbytkové koncentrace živin v odpadních vodách nezpůsobují významný nárůst koncentrací těchto látek v podzemní vodě.

Výzkumná kořenová ČOV a experimentální závlaha v Kostelci nad Ohří

Naše studie potvrzují hypotézy, že odpadní voda vyčištěná v kořenové čistírně může být opětovně využita v zemědělské produkci. Pokud by bylo jakkoliv přímo ohroženo zdraví lidí, pak ji lze využít při pěstování RRD s cílem produkovat biomasu a efektivně tak využít její hnojivý potenciál. Recyklace OV také může sehrát důležitou roli nejen jako prostředek úspory pitné vody a odstranění eutrofizujících látek, ale může také sloužit jako terciární stupeň dočištění vod s obsahem nově se vyskytujících polutantů.

5. ŘEŠENÍ KONEČNÉ ÚPRAVY ČISTÍRENSKÝCH KALŮ

Michal Šereš, Tereza Hnátková, Petra Innemanová

Nakládání s čistírenskými kaly se stává, vzhledem ke zpřísňujícím se legislativním limitům, stále více palčivým tématem pro jejich producenty a zpracovatele. Vyhláška č. 437/2016 Sb., o podmínkách upravených kalů na zemědělské půdě zvyšuje od 1. 1. 2023 požadavky na mikrobiologickou kvalitu kalu při aplikaci na půdu, vymezujíce procesy s tím spojené. Nové BAT technologie, které budou řešit hygienické aspekty ochrany zdraví lidí dle této vyhlášky, by se ideálně neměly negativně promítat do stávajících nákladů na čištění odpadních vod. I z tohoto důvodu jsou neustále vyvíjeny nové technologie a zkoušeny nové postupy nakládání s kaly, aby bylo jejich přepracování a finální nakládání s nimi levnější, jednodušší a s ideálně přidanou hodnotou. V posledních letech jsme se intenzivně věnovali a nadále věnujeme této problematice v rámci několika výzkumných projektů. Od roku 2016 jsme ve spolupráci s Přírodovědeckou fakultou UK řešili výzkumný projekt s názvem „Výroba paliv z čistírenských kalů metodou biosušení" (finančně podpořen TAČR, ev. č. TF2000027). Cílem tohoto projektu bylo vyvinout a ověřit technologické zařízení a metodiku pro zpracování čistírenských kalů pomocí metody biosušení, která povede k minimalizaci nákladů na přepracování tohoto rizikového materiálu. Tato technologie nabízí možnost relativně levného a jednoduchého zpracování čistírenských kalů biologickou cestou, jež vede ke snížení celkového obsahu vlhkosti, čímž je možné finální produkt použít např. jako hnojivo či palivo.

Odvodňovací kalové (rákosové) pole

Od roku 2017 jsme pak společně s Výzkumným ústavem vodohospodářským, T. G. M. a Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy řešili projekt s názvem „Nové postupy úpravy a stabilizace

Biosušení ve skleníku ve Slaném

Testy stabilizace kalů mícháním s páleným vápnem

čistírenských kalů z malých komunálních zdrojů" (finančně podpořen TAČR, ev. č. TH02030532). Tento projekt byl zaměřen zejména na verifikaci extenzivních postupů zpracování čistírenských kalů z malých ČOV a to metodou kompostování a odvodňováním v tzv. kalových polích (angl. Sludge dewatering reed beds). Posledně zmíněná technologie je blízká dříve popisovaným kořenovým čistírnám odpadních vod a v zahraničí můžeme často tyto dvě technologie potkat vedle sebe.

Posledním z trojice „kalových" projektů je letos zahájený projekt " Udržitelné způsoby recyklace čistírenských kalů – Ústecký kraj" (finančně podpořen TAČR, ev. č. SS01020167). Na něm spolupracujeme s akademickými partnery z České zemědělské univerzity, dále s Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půd a s průmyslovým partnerem, firmou JUROS, s.r.o. V rámci tohoto projektu si ve zvětšeném měřítku ověřujeme aplikovatelnost tří přístupů ke zpracování čistírenských kalů – kompostování, stabilizace/solidifikace a biosušení a to s kaly pocházejícími z velkých čistíren odpadních vod v Ústeckém kraji. Cílem je optimalizovat tyto metody pro konkrétní typy kalů tak, aby je následně bylo možné využít např. při rekultivacích post-těžební krajiny na severu Čech.

Snížení celkového objemu a rizikovosti čistírenských kalů je zásadním úkolem, s nímž se jeho producenti potýkají. Procesy, jež danému nebezpečnému odpadu dávají další uplatnění, by vzhledem k množství produkovaných kalů, které v ČR dosahuje až 170 000 tun ročně, měly být nadřazené jiným způsobům nakládání, které nevyužijí dodatečný potenciál materiálu. Výše popisované metody tak mohou představovat klíčové postupy při přepracování kalů na i) hnojivo, pokud obsah těžkých kovů a dalších rizikových látek splňuje kritéria Vyhlášky č. 437/2016 Sb. a použitý proces vede k dostatečné hygienizaci materiálu; ii) výchozí surovinu pro termické procesy jako je pyrolýza nebo torefakce, pokud obsah těžkých kovů leží pod limitem, ale hygienizace materiálu není dostatečná a iii) palivo pro využití v cementářské peci, pokud je uplatnění v zemědělství vzhledem k obsahu rizikových látek vyloučené.

6. NOVÉ MOŽNOSTI HODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU HYDROGEOLOGICKÝCH VRTŮ

Jan Kukačka

Hodnocení technického stavu hydrogeologických vrtů lze provádět souborem hydraulických a geofyzikální metod. Výhoda těch hydraulických spočívá v jejich přímosti a zpravidla i nižší instrumentální náročnosti či nákladnosti. Základem jsou hydrodynamické zkoušky, které lze rozšířit o hydrometrické měření vertikální složky proudění, v každém případě však tyto metody poskytují jen minimální informaci o případné variabilitě stanovených parametrů podél vertikálního profilu objektu. Geofyzikální metody – při použití v hydrogeologických vrtech standardně označované jako (hydro)karotážní – jsou nepřímé, velmi náročné z hlediska potřebného vybavení a pro vyhodnocení naopak poskytují výhradně vertikální profil měřených charakteristik. Výhodou je potenciálně vysoké rozlišení a možnost interpretace provozních vlastností daných objektů z hlediska fyzikálně-chemických charakteristik příslušného kolektoru podzemní vody. Základní metodou je zde rezistivimetrie v různých variantách provedení, do výčtu používaných metod patří kavernometrie, akustická karotáž, hustotní karotáž, gama karotáž, gama-gama karotáž a neutron-neutron karotáž a také kamerová prohlídka vrtu.

V praxi je pro technický stav a tím i životnost hydrogeologických vrtů limitující především vliv procesu kolmatace, tj. zanášení pórového prostoru filtračního obsypu, popř. části horninového prostředí v nejbližším okolí perforovaných úseků výstroje vrtu. Jedná se zpravidla o kombinaci faktoru mechanického (sufozi) – tj. vnosu pohyblivých sedimentární částic vlivem unášecí schopnosti proudící vody – a chemicko-biologického, kde se projevují oxidační procesy vysrážením v podzemní vodě rozpuštěných iontů. Na tomto ději se zpravidla podílí řada chemolitotrofních mikroorganismů a v makroskopickém měřítku proces vede až k tvorbě inkrustací (sraženin) uvnitř otvorů perforace i vnitřního prostoru výstroje vrtu.

Nová metoda pro hodnocení filtrační funkce hydrogeologického vrtu

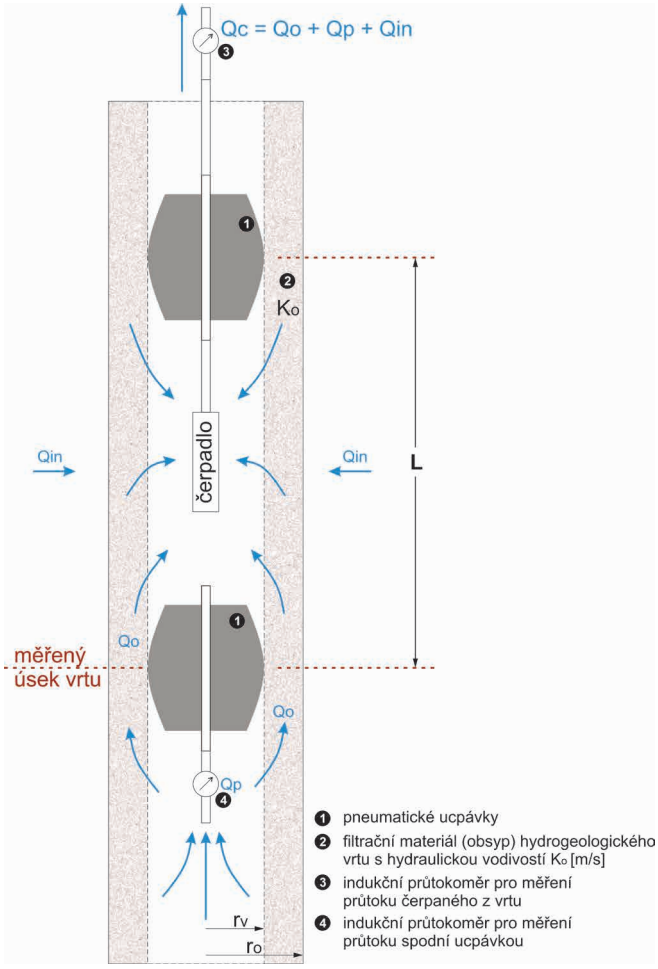
V rámci projektu INV-FLOW bylo vyvinuto nové zařízení, pomocí kterého lze provádět přímé hodnocení technického stavu filtrační části hydrogeologického vrtu. Tedy té části vrtu, která se podílí na správné funkci každého hydrogeologického vrtu.

Zařízení INV-FLOW je realizováno jako přenosné a skládá se z následujících částí (Obrázek vpravo):

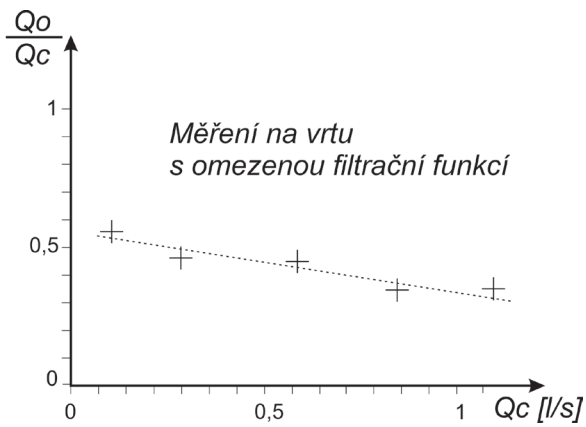
- 2 x průtočná pneumatická ucpávka pro utěsnění měřeného úseku v hydrogeologickém vrtu
- čerpadlo umístěné v prostoru mezi ucpávkami s možností plynulé regulace výkonu
- elektromagnetický průtokoměr umístěný na povrchu terénu pro měření průtoku vody čerpané čerpadlem z hydrogeologického vrtu
- elektromagnetický průtokoměr umístěný pod spodní ucpávkou ve vrtu pro měření průtoku vody čerpané skrz spodní ucpávku

Funkci zařízení INV-FLOW je možné ilustrovat pomocí obrázků na této stránce. Zařízení je spuštěno do měřeného vrtu do příslušné hloubkové úrovně, ve které chceme hodnotit filtrační funkci vrtu, přičemž měřený úsek vrtu odpovídá středu spodní pneumatické ucpávky (Obrázek vpravo).

Koncepční schéma zařízení INV-FLOW



Výsledky měření na zařízení INV-FLOW pro funkční vrt a vrt s omezenou filtrační funkcí



Laboratorní a pilotní ověření zařízení INV-FLOW

Princip měření byl v první fázi testován v laboratorním měřítku. Za tímto účelem byl zkonstruován fyzikální model simulující indukované vertikální proudění podzemní vody v hydraulicky neúplném vrtu se současným udržováním konstantní piezometrické úrovně hladiny tak, aby tato problematika byla omezena na jednorozměrnou složku bez významných vnějších vlivů. Principiálně zde byl modelován „ideální" stav proudění při průzkumném či provozním čerpání objektů podzemní vody pro možnost bilančního srovnání jednotlivých složek vertikálního proudění.
Následně v rámci pilotního ověření funkčního vzorku zařízení INV-FLOW (obrázek níže) na lokalitě Výrov u obce Hadačka na starém jímacím vrtu HJ 3 (obrázek vpravo) s omezenou funkcí vlivem kolmatace (vrt původně určen pro zásobování zemědělského družstva Kralovická zemědělská, a.s.) byl měřen vertikální profil tohoto vrtu pomocí zařízení INV FLOW. Obrázek na další stránce ukazuje výsledky měření v různých hloubkových úrovních a při různých výkonech čerpadla. Z uvedeného grafu lze vyhodnotit, že v úseku 11 až 15 m pod terénem dochází k postupnému snižování podílu vody, které je schopno protékat filtračním materiálem, z hodnoty cca 50 % až na hodnotu cca 20 %. V tomto úseku tedy filtrační schopnost s hloubkou klesá a kolmatace vrtu narůstá. V úseku 15 – 20 m pod terénem se podíl schopný protékat filtračním materiálem pohybuje trvale pod 30 %. V tomto úseku je filtrační funkce vrtu výrazně snížena vlivem kolmatace, případně inkrustací.

Zařízení INV-FLOW při instalaci do měřeného vrtu HJ-3 na pilotní lokalitě

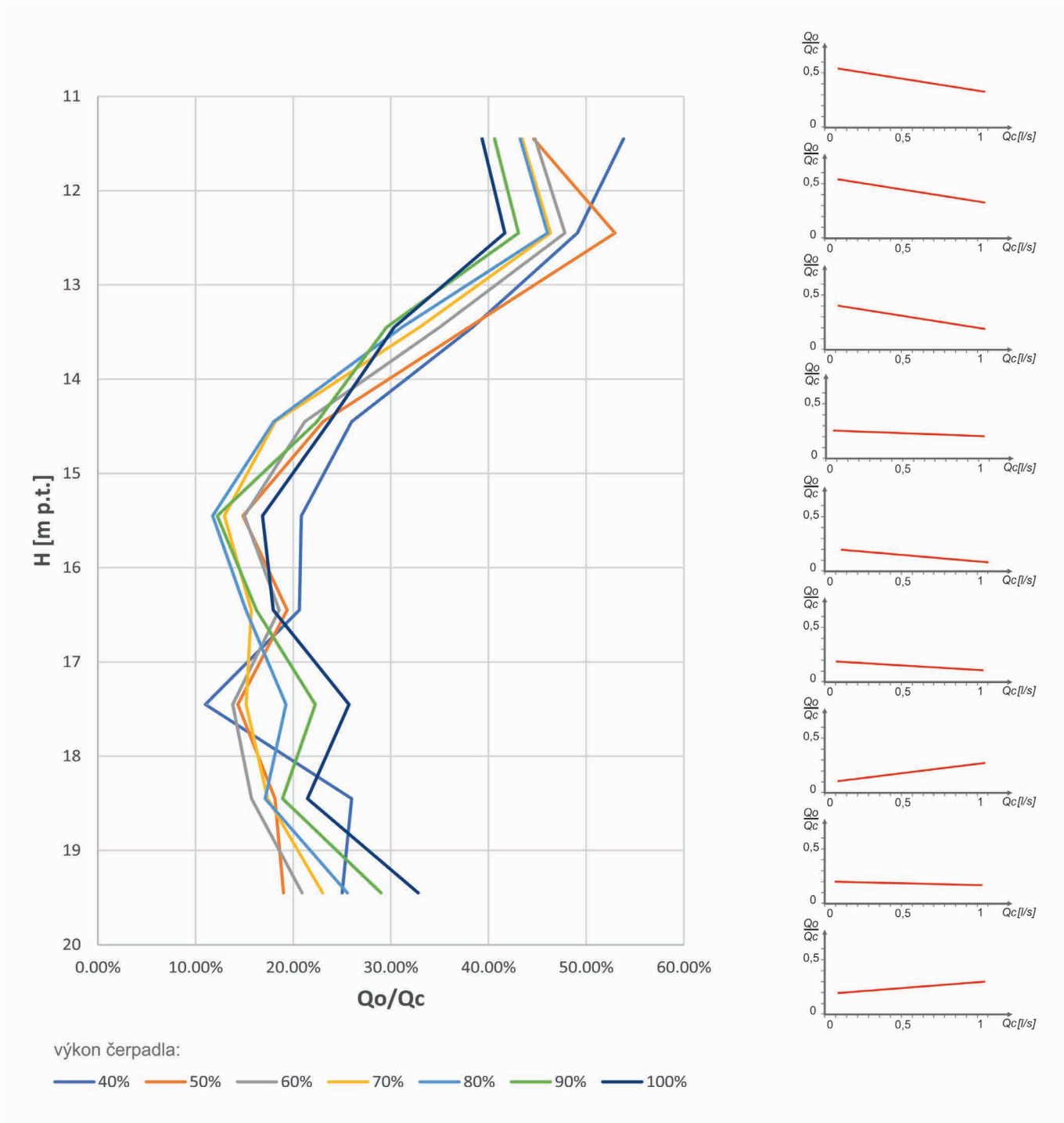
Možnosti uplatnění zařízení INV-FLOW

Nově vyvinuté zařízení INV-FLOW, určené pro vyhodnocení filtrační funkce hydrogeologického vrtu pomocí měření vertikálního proudění vody ve vrtu, je primárně určeno pro vodárenské společnosti provozující jímací hydrogeologické vrty, případně pro environmentálně-geologické společnosti provozující sanační vrty. Provozovatel hydrogeologického vrtu je schopen na základě přímého měření pomocí zařízení INV-FLOW vyhodnotit míru kolmatace a inkrustace hydrogeologického vrtu a rozhodnout tak o potřebě daný vrt regenerovat, případně o ukončení jeho provozu.

Sestava zařízení INV-FLOW použitá v rámci pilotních testů

Zařízení INV-FLOW je realizováno jako modulární systém, u kterého lze změnou parametrů některé z jeho části změnit celkové parametry zařízení a tím i aplikační parametry. Změnou průměru pneumatických ucpávek lze ovlivnit použití zařízení pro větší nebo naopak menší průměry hydrogeologických vrtů a změnou měřících parametrů průtokoměrů a výkonu čerpadla lze modifikovat zařízení pro testování například ve velmi propustném prostředí s velkou zásobou podzemní vody.

Výsledky pilotního ověření zařízení INV-FLOW na vrtu s omezenou filtrační funkcí



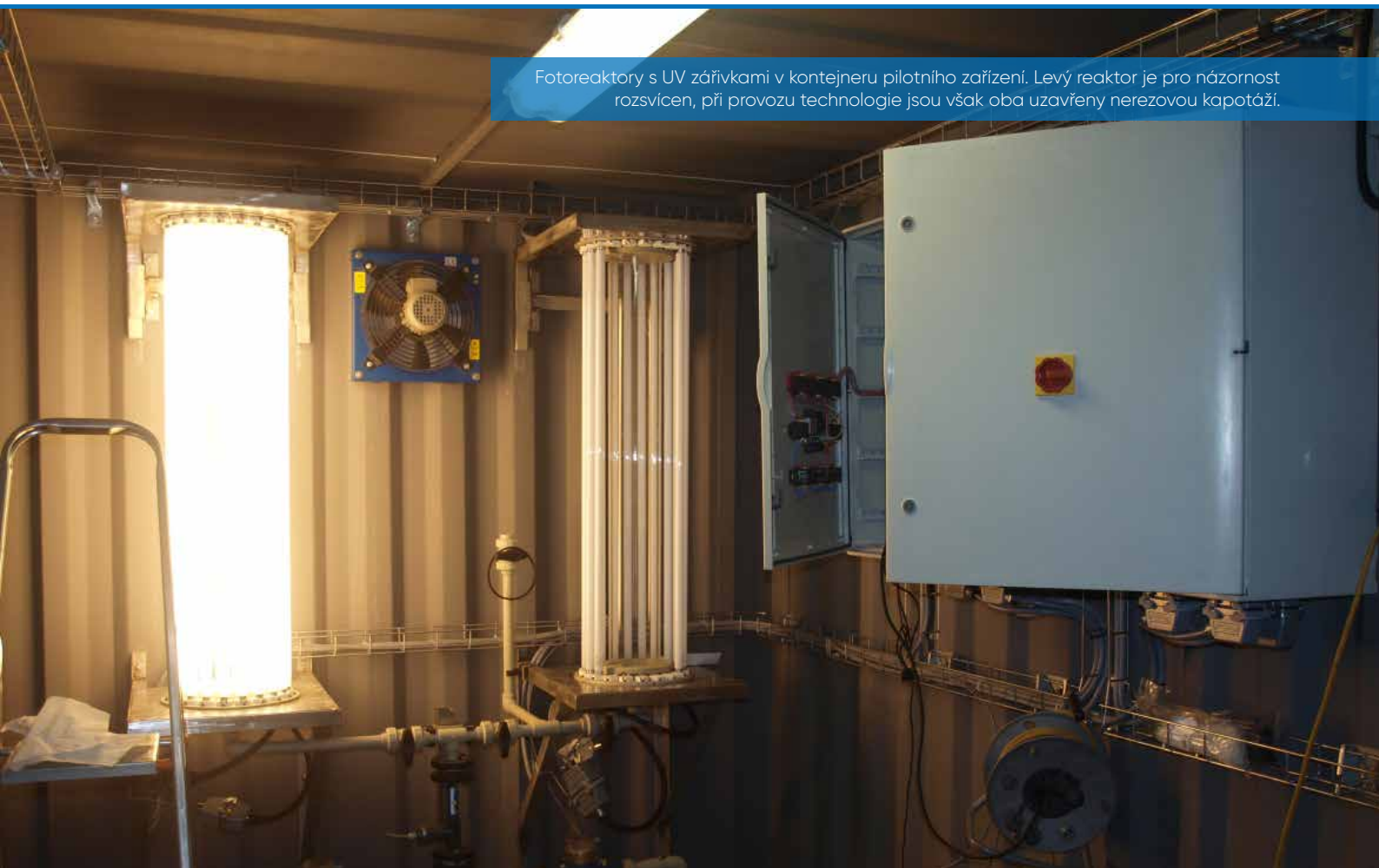
Projekt INV-FLOW – Zařízení pro zonální měření vertikálního proudění podzemní vody a přímou kvantifikaci přítoků do jímacích vrtů na principu elektromagnetické indukce, č. TH04030492, vznikl za finanční podpory Technologické agentury České republiky.

7. VYUŽITÍ FOTOCHEMICKÉ OXIDACE PRO ELIMINACI MIKROPOLUTANTŮ Z ODPADNÍCH VOD

Vladislav Knytl, Pavel Mašín

Mikropolutanty na bázi farmak se vyskytují v životním prostředí v řádu µg nebo ng/l, jejich stanovení proto nebylo ještě nedávno vůbec možné. V poslední době se však díky rychlému vývoji citlivých analytických metod ukázalo, že tyto látky jsou zejména v povrchových vodách hojně zastoupeny. Farmaceutická rezidua se do povrchových vod dostávají většinou sekundárně z komunálních odpadních vod, které přestože po průchodu mechanicko-biologickou čistírnou splňují veškeré legislativní požadavky pro vypouštění do recipientu, obsahují zpravidla pestrou škálu těchto mikropolutantů. Riziko zmiňovaných sloučenin pro obratlovce spočívá především v tom, že pro široké spektrum jejich biologické a endokrinní aktivity stačí i velmi malé koncentrace právě v řádu µg/l nebo i ng/l.

Tato skutečnost může mít závažné zdravotní důsledky zejména v případě dlouhodobé expozice.



Fotoreaktory s UV zářivkami v kontejneru pilotního zařízení. Levý reaktor je pro názornost rozsvícen, při provozu technologie jsou však oba uzavřeny nerezovou kapotáží.

Cíle projektu

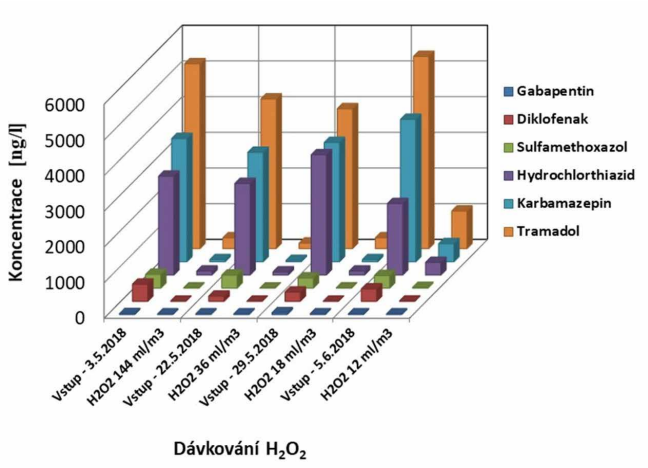
Náplní projektu č. CZ.01.1.02/0.0/0.0/15_019/0004571 byl vývoj technologií pro odstranění zmíněné skupiny polutantů z odpadních vod. Za tímto účelem jsou paralelně testovány dvě metody, a to sorpce na aktivní uhlí a fotochemická oxidace.

Vyvíjená metoda odstraňování farmaceutických reziduí je zamýšlena jako terciální stupeň pro čistírny odpadních vod, zejména pro nemocniční nebo léčebná zařízení. Jedná se o přímou fotochemickou destrukci daných sloučenin prostřednictvím hydroxylových radikálů, generovaných aktivací peroxidu vodíku (H_2O_2) účinkem UV záření. Zbytkový H_2O_2 a případné meziprodukty, vzniklé rozpadem původních farmak by byly poté odstraněny sorpcí na aktivním uhlí, ideálně by však výsledným produktem měly být CO_2, a H_2O, v případě rozkladu substituovaných uhlovodíků pak také příslušné minerální kyseliny a soli.

Poloprovozní ověření technologie

Technologie fotochemické oxidace byla instalována na nejmenované ČOV v severních Čechách pro dočišťování vod, s reziduálními obsahy farmaceutických látek.

Pilotní fotochemická jednotka se skládá ze dvou fotochemických reaktorů umístěných v mobilním kontejneru. Každý reaktor je tvořen křemennou trubicí o průměru 150 mm a délce 1200 mm, jež je obklopena 20 ti nízkotlakými germicidními zářivkami o celkovém výkonu 720 W (výkon UV záření je 300 W). Voda kontinuálně protéká oběma paralelně zapojenými fotochemickými reaktory. Před fotoreaktory je do čištěné vody dávkován 35 % H_2O_2 (10 - 150 ml/m^3). Speciální směšovací element zajišťuje turbulentní proudění a rovnoměrnou distribuci H_2O_2 v čištěné vodě. Vyčištěná voda odcházející z fotoreaktoru ještě protéká přes filtr s aktivním uhlím pro odstranění zbytkového H_2O_2 (maximální koncentrace H_2O_2 ve vyčištěné vodě byla 3 mg/l). Průtok čištěných vod je 300 – 500 l/hod. Metodou fotochemické oxidace jsou účinně odbourávány perzistentní farmaceutické látky gabapentin, diklofenak, sulfamethoxazol, hydrochlorothiazid, karbamazepin a tramadol, jak graf, jejichž minimální účinnost odstranění byla 85 %.



8. REAKTIVACE AKTIVNÍHO UHLÍ PRO VODÁRENSKÉ ÚČELY

Marek Šváb, Barbora Štěpánová

Proč reaktivace aktivního uhlí?

Vodní zdroje, povrchové i podzemní, jsou v současné době zatíženy desítkami různých chemických látek obsažených ve velmi malých koncentracích (řádově ve stovkách ng/l), což je prokázáno mj. dlouhodobým monitoringem ČHMÚ. Jedná se zejména o pesticidní látky, ale také o zbytky farmak, případně přípravky lidské denní potřeby.

Z výše uvedených důvodů již některé velké i malé vodárny v ČR investovaly do osazení dalšího, dodatečného stupně úpravy vody před hygienickým zabezpečením a distribucí. Přidanou koncovou úpravou vod je filtrace na zrnitém aktivním uhlí (AU) v sorpčních filtrech, které jsou schopny stopová množství xenobiotik z vod účinně odstranit. Životnost AU ve filtru je v tomto případě cca 2 – 4 roky. Náplň je poté nutno vyměnit, resp. provést reaktivaci AU, která je ekonomicky výhodnější. Další vodárny včetně největší (Želivka, cca 1400 tun AU) sorpční stupeň budují (investice cca 1 mld. Kč, cena náplně AU cca 130 mil. Kč.). Množství uhlí k reaktivaci v ČR proto bude narůstat.

Jedná se o zcela jiný segment, typy uhlí a technologie nežli v problematice čistění vzdušnin. Potřebná technologie je však schopna i AU z čistění vzdušnin reaktivovat, čili obnovit funkci i takových AU, které již běžnými regeneračními postupy pro vzdušné AU regenerovat nelze.

V ČR službu reaktivace AU žádná firma neprovádí. Lze ji nalézt na stránkách některých firem, ale vždy se jedná o subdodávku ze zahraničí (zejména z Donauchem Pischelsdorf u Vídně).

Princip procesu

Podstata reaktivace AU spočívá v provedení zplyňovacího procesu uhlíkatých látek na plynné produkty. Jako zplyňovací médium lze využít vodní páru, která za vysokých teplot (cca 650 až 900°C) reaguje za vzniku především oxidu uhličitého, oxidu uhelnatého a vodíku (dle teploty). Zplyňovací metody odstraňují uhlíkaté depozity z matrice AU vzniklé pyrolýzou adsorbovaných látek. Ta probíhá při středních teplotách (vždy během ohřevu AU na reaktivační teploty). Zplyňuje se však i krystalická uhlíkatá matrice AU, což je z praktického pohledu velmi nežádoucí – ubývá kýžený materiál. Rozklad matrice však lze potlačit obezřetným nastavením teploty procesu, která je však pro každé konkrétní uhlí jiná a lze ji určit pouze testem.

POUŽITÉ GAU REAKTIVOVANÉ GAU

Kromě reaktivace AU je možné využít i tzv. střednědteplotní regeneraci, kde je využívána inertní atmosféra a ohřev do teplot jen cca 450 až 550 °C, ovšem optimum teplot je pro každé uhlí jiné. Při těchto teplotách málo těkavé adsorbované organické látky podléhají termickému (pyrolytickému) rozkladu. Produkty pyrolýzy jsou desorbovány, ale zanechávají rovněž pyrolýzní amorfní uhlíkaté zbytky v pórech AU. Sorpční kapacita AU je tak sice oproti reaktivaci mírně snížena, ale za cenu minimální ztráty uhlí a celkově menších nákladů. Vhodné může být kombinovat cykly střednědteplotní regenerace a reaktivace.

Zahraniční reaktivační firmy provozují své technologie za stálého nastavení a počítá se se ztrátou uhlí ve výši cca 15-20 %. Jedná se přitom o významný náklad pro zákazníka (doplnění novým uhlím). Střednědteplotní regenerace se běžně nenabízí a neprovádí.

Pilotní testy technologie

Od roku 2018 jsou realizovány testy regenerace/reaktivace různých reálných vzorků AU z výroby pitné vody i jiných provozů s cílem ověřit výše popsané předpoklady. Snahou je ověřit možnost nalezení optimálních procesních parametrů (teplot) pro různé typy AU. Testy jsou realizovány na zařízení - viz obrázek na předchozí straně. Jedná se o vsádkovou rotační pec se systémem inertizace, možným přídavkem páry, on-line analýzou odplynů, provozní teplotou do 900°C a možností také mikrovlnného ohřevu. Výsledkem testů jsou vždy informace o průběhu složení odplynů v čase, ztrátách sušiny uhlí a dalších parametrech potřebných pro vyhodnocení.

Vybrané ukázkové výsledky pro jeden vzorek uhlí (povrch použitého uhlí k testům: 660 m²/g)

Teplota (°C)	550 (bez páry)	700	870
Ztráta sušiny (%)	1,4	10,4	15,6
Specifický povrch (m²/g)	891	908	984

Bylo prokázáno, že chování AU je velmi individuální a vhodné podmínky regenerace/reaktivace je optimální nastavit na míru. V řadě případů tak lze dosáhnout jen malých ztrát AU. Příklad výsledku je uveden v tabulce. Je patrné, že zvyšování teploty výrazně zvyšuje ztráty uhlí, ovšem povrch AU již jen nevýznamně.

Komercializace – realizace procesu a expertní služby

Bylo provedeno podrobné vyhodnocení možností kapacitní realizace procesu v podmínkách ČR včetně návrhu technického řešení, vyčíslení investičních a provozních nákladů i očekávané koncové ceny služby. Celková potřebná investice je odhadována na cca 60 mil. Kč. Při vhodně nastavené výrobní kapacitě zařízení konzervativní výpočty indikují ekonomicky schůdnou koncovou cenu služby regenerace AU cca 25 – 27 Kč/kg.

U reaktivace vychází odhadovaná koncová cena včetně doplnění ztrát AU novým uhlím na cca 32 – 34 Kč/kg. Kalkulovaná cena zahrnuje všechny položky včetně dopravy, odstranění odpadů a zneškodnění odplynů. Jedná se o kvalifikované odhady, nicméně cena za obnovení náplní sorpčních filtrů se jeví cca 50 % ve srovnání s pořízením nového aktivního uhlí, nepočítaje náklady na odstranění použité náplně filtru coby odpadu. Cena je zároveň plně konkurenceschopná zahraničním dodavatelům obdobných služeb.

Investiční záměr však není bez rizik. Jako největší riziko je identifikováno zajištění dostatečného množství materiálu k regeneraci/reaktivaci a logistika (tzn. zajištění plynulé dodávky a expedice) pro nepřetržitý provoz linky.

Existující know-how v oblasti podmínek regenerace/reaktivace AU lze komercializovat také formou poskytování nezávislých expertních služeb pro uživatele AU. Testovací zařízení je k dispozici a komercializace nevyžaduje žádné významné investice. Nabízené služby budou zahrnovat:

1. Nezávislé posouzení a sledování stavu uhlí v sorpčním filtru
2. Nezávislé experimentální ověření možností regenerace/reaktivace AU
3. Doporučení vhodných parametrů regenerace/reaktivace

Z komunikace s provozovateli vodáren se jeví, že o popsanou „nestrannou" službu je projevován zájem. Přínosem je racionální využití aktivního uhlí a v důsledku úspora nákladů na straně provozovatele.

9. ON-SITE TERMICKÁ DESORPCE – DOSTUPNĚJŠÍ VERZE UNIVERZÁLNĚ ÚČINNÉ SANAČNÍ METODY

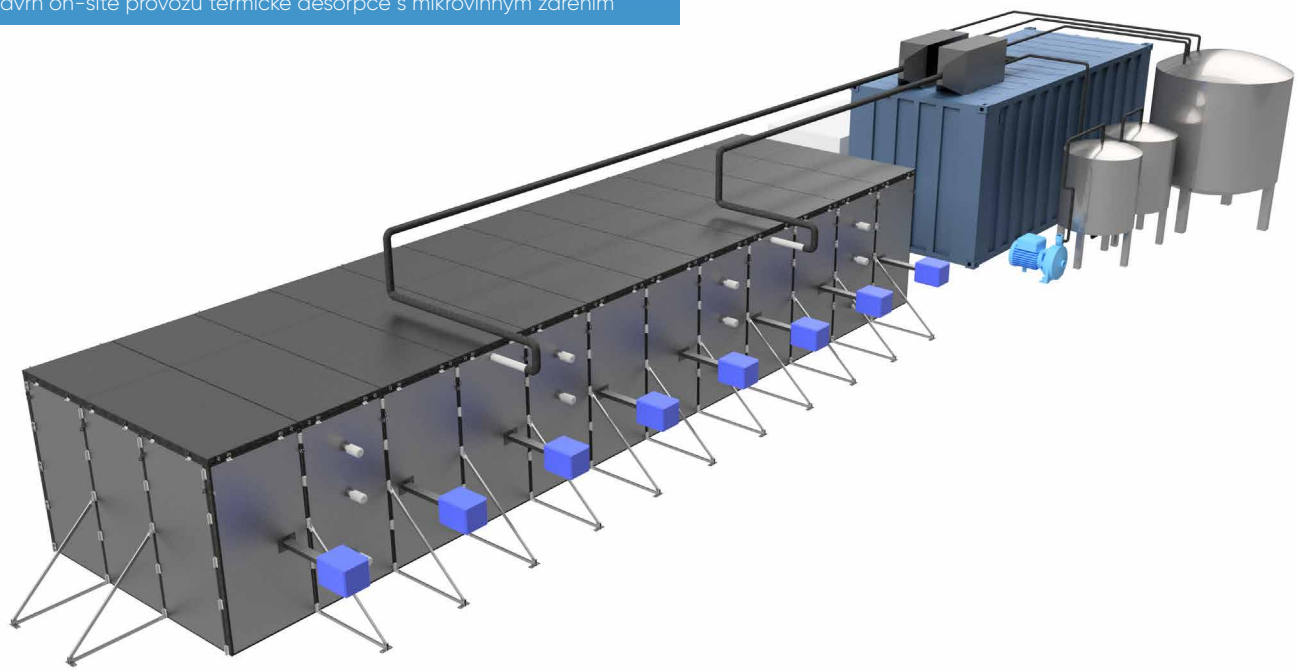
Jiří Kroužek, Pavel Mašín

On-site termická desorpce

Technologie termické desorpce (TD) patří mezi zavedené sanační postupy, je založena na ohřevu znečištěného materiálu za účelem odpaření málo těkavých kontaminantů, vyniká širokou uplatnitelností z hlediska typu znečištění a umožňuje rychlou a efektivní dekontaminaci zemin či sutí. Tyto nesporné klady technologie jsou však v praxi vždy vykoupeny vysokými náklady spojenými se spotřebou energie k ohřevu, bezpečností provozu nebo investičními nároky. Její uplatnění při odstraňování látek jako PAH, PCB, pesticidů apod. je tak nedostatečné, v ČR i zahraničí, ve většině případů vítězí pragmatický převoz materiálu na skládku NO. TD naproti tomu patří mezi recyklační postupy.

Dekonta se rozvoji technologie TD věnuje již řadu let, zejména za účelem rozšíření jejího uplatnění, stejný účel měl i poslední projekt MOST řešený ve spolupráci s VŠCHT Praha za podpory TAČR. Cílem projektu bylo vyvinout způsob aplikace TD procesu, který bude technicky jednodušší v instalaci i provozu technologie, bude plně mobilní a adaptibilní na podmínky konkrétní sanace. Tradiční aplikace kontinuální ex-situ TD s vysokou kapacitou a účinností je po technicko-ekonomické stránce velmi náročným zařízením. Naproti tomu in-situ TD, jejíž jednoduchost umožňuje významné zlevnění, trpí omezenými možnostmi kontroly procesu, a tedy sníženým účinkem. Nově vyvinutá technologie on-site TD je kompromisním technickým řešením, které zachovává vyšší účinnost ex-situ dekontaminace, avšak při snížené technické náročnosti. Je navíc plně modulární, mobilní a rychlá instalace techniky na lokalitě vyžaduje kromě prostoru jen trochu „chlapské" zručnosti, běžné nářadí a malý bagr s destou. Taková technologická aplikace TD může nalézt uplatnění i při menších sanačních projektech a pomoci smysluplně řešit komplexní problematiku perzistentních kontaminací.

Návrh on-site provozu termické desorpce s mikrovlnným zářením



Princip nové technologie

Nová aplikace TD je založená na sestavení modulárního zatěsněného boxu, který se skládá z tepelně izolovaných panelů, stěnových o rozměru 1x2 m a stropních 1x3 m. Sestavený box tvaru kvádru je tedy vždy 2 m vysoký a 3 m široký, délka daná počtem stěnových panelů ale může být libovolná dle podmínek sanace. Po rychlém sestavení je možné nakladačem postupně box zaplnit materiálem k vyčištění tak, aby v něm byla rozmístěna topná tělesa ve zvolené konfiguraci. Prakticky se tak materiál dávkuje ve vrstvách, mezi něž se aplikují topné segmenty společně s termočlánky. Topná tělesa jsou prostupy stěn připojena ke zdrojům tepla umístěným vně boxu. Box se zaplní do výšky 1,8 m, přičemž vnitřní strany stěn a povrch vsádky pod stropem boxu jsou opatřeny ventingovým rozvodem, který umožňuje rovnoměrné odsávání par kontaminantů ze vsádky do systému čištění vzdušiny. Ten je založen na kondenzátoru, demisteru a adsorbéru. Po instalaci je vsádka ohřívána po dobu 4-6 týdnů, provoz vyžaduje pouze denní kontrolu a příp. úpravu nastavení, poté se materiál ponechá 1-2 týdny chladnout, šetrně se vymístí s topným systémem a proces lze opakovat. Boxů může být libovolný počet, a mohou tak být provozovány střídavě.

Pilotní testy technologie MOST

V rámci projektu proběhlo nejprve v roce 2018 několik čtvrt-provozních testů technologie s různými metodami ohřevu s pomocí sestaveného boxu o půdorysu 3x3 m a objemu vsádky 9 m^3. Cílem testů bylo posoudit efektivitu vybraných možností ohřevu.

Aplikace hořáků a topného potrubí, které rozvádí teplo prostým sdílením stěnou trubek protékaných horkými spalinami, umožňuje dosáhnout homogenního ohřevu vsádky. Postupně se však ohřev zpomaluje a nad 200 °C se již jeho efektivita zhoršuje. Mikrovlnný ohřev je založený na aplikaci generátoru mikrovln připojeného k vlnovodu umístěného ve vsádce uvnitř šamotového potrubí. Dosah penetrace mikrovln ve vsádce je omezený, ohřívá se tak intenzivně zejména okolí vlnovodu, ale na teploty přesahující až 400 °C. Ve vsádce se ale vytváří značný gradient teploty a zejména povrchové vrstvy zůstávají chladné. Propařování zeminy bylo pro další vývoj vyřazeno z důvodu enormní spotřeby energie, dosažení nízké

teploty a její nehomogenní distribuce a náročného záchytu kontaminantů. Dále se tedy vývoj zaměřil na hořákovou (BOST) a mikrovlnnou verzi (MOST), kdy hořáky jsou levnější alternativou, ale pro dosažení vyšších teplot je efektivnější mikrovlnný ohřev. Jako perspektivní se jeví také kombinace obou technik ohřevu (COMBO-OST).

V roce 2019 proběhly dva pilotní testy technologie, jednak s mikrovlnným ohřevem a jednak s ohřevem pomocí hořáků. Velikost boxu byla tentokrát 5x3 m, objem vsádky 25 – 28 m^3, hmotnost vsádky kontaminované zeminy 40 – 50 t.

Pilotní test on-site TD s mikrovlnným ohřevem (MOST) proběhl tentokrát s využitím dvou 6 kW generátorů umístěných vedle sebe. Mikrovlny byly aplikovány vlnovodem v šamotu postupně v různých pozicích vsádky. Pro test byla přivezena zemina z odtěžby kontaminovaných poloh v areálu Praga Vysočany obsahující ropné látky o obsahu jednotek tisíc mg/kg a jednotek mg/kg PAH, charakteristickým rysem materiálu byl poměrně značný obsah kameniva o velikosti až 20 cm, což ale pro technologii není překážkou. Ohřev probíhal po dobu 5 týdnů.
Test prokázal vysokou účinnost procesu, došlo prakticky v celé vsádce k vysušení materiálu,

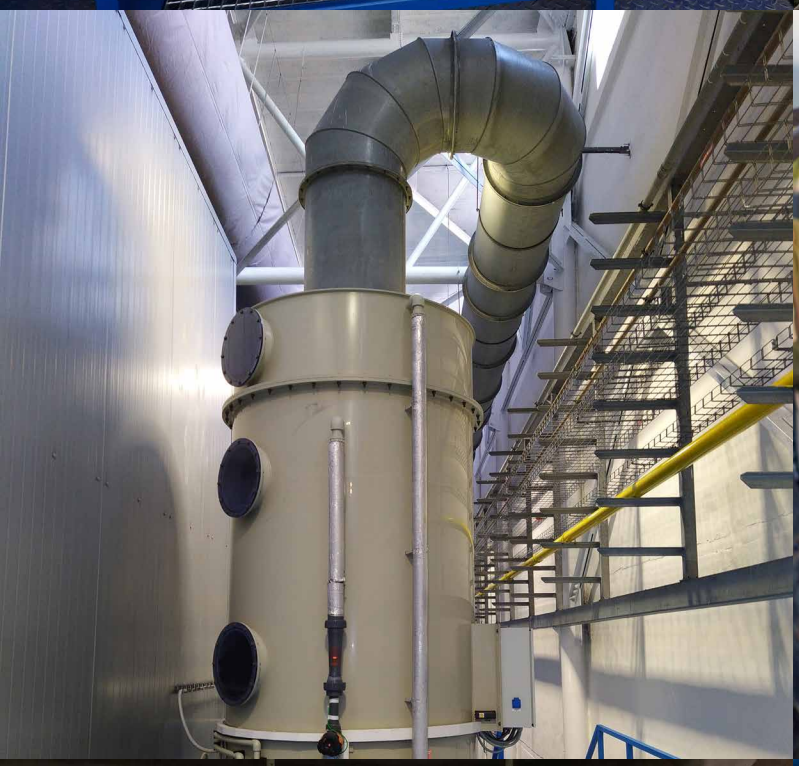
odebrané vzorky ze středových segmentů vykazovaly koncentrace pod mezí stanovitelnosti. Reziduální kontaminace byla měřena v okrajových segmentech boxu, což odpovídalo nižší dosahované teplotě v této části <150 °C, takto nižších teplot bylo dosahováno zejména v 20 cm povrchové vrstvě vsádky. Naopak kontinuální měření teploty v různých bodech během procesu ukázalo teploty v okolí šamotového potrubí 200 °C až 635 °C, dle pozice čidla. V min. 80 % objemu zeminy byla dekontaminace úspěšná při spotřebě elektřiny pro ohřev 12,5 MWh.

Charakteristiky technologie pro výkon 100 t/měs.:

Verze MOST	
Příkon mikrovln	60 - 70 kW
Pořizovací náklady	5 mil. Kč
Elektrická přípojka	125 A

Verze BOST	
Spotřeba LTO	60 - 90 l/t
Denní spotřeba	250 l
Pořizovací náklady	2,5 mil. Kč
Dodávky LTO	cisternou + skladování

Box	
Objem	60 - 80 m^3
Šířka	3 m
Výška	2 m
Délka	12 - 15 m
Cena	600 - 700 t. Kč
Teplota	150 - 300 °C
Cyklus	4 - 6 týdnů
Chlazení	20 kW



Děkujeme Prof. M. Komárkovi za poskytnutí některých fotografií.

DEKONTA, a.s.

Služby a zařízení
pro lepší životní
prostředí

www.dekonta.cz

Sídlo společnosti

Dřetovice 109
273 42 Stehelčeves

+420 312 292 960
dretovice@dekonta.cz

Kontaktní adresa

Volutová 2523
158 00 Praha 5

+420 235 522 252
info@dekonta.cz

dekonta