

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Ústav pro životní prostředí

Studijní program: Ekologie a ochrana prostředí (BOZP)

Studijní obor: Ochrana životního prostředí



**Pokroky aplikovaného výzkumu v oblasti sanace kontaminovaných podzemních
a průmyslových odpadních vod**

Advances in applied research in the field of remediation of contaminated
groundwater and industrial waste water

Bakalářská práce

Zpracovala: Johana Kašparová

Vedoucí práce/Školitel: RNDr. Petra Innemanová, Ph.D.

Praha, 2022

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí své bakalářské práce RNDr. Petře Innemanové, Ph.D., která mi byla po celou dobu mého psaní oporou. Chtěla bych moc poděkovat i RNDr. Ivaně Kopecké, Ph.D. a RNDr. Zdeňku Suchánkovi za poskytování přínosných informací k danému tématu. Poděkování patří i Ing. Petru Lacinovi, Ph.D. a Ing. Petru Benešovi, Ph.D. za vyplnění kvalitativního dotazníku. Na závěr bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za jejich podporu během celého mého studia.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne

.....

Jméno a příjmení studenta

Abstrakt

Znečištění vody je jeden z nejdůležitějších globálních problémů současnosti. Kontaminace narušuje vodní ekosystémy a jejich okolí. Velkým problémem je pro některé populace ve světě snižující se dostupnost pitné vody. Aby se předcházelo dalšímu znečišťování, existují ve vyspělých zemích právní předpisy, které mají vodní zdroje chránit. Dalším postupem, jak omezit znečištění, jsou sanační metody.

V České republice se sanačními technologiemi a inventarizací kontaminovaných míst zabývají zejména orgány státní správy, vysoké školy, akademie věd a soukromé subjekty působící v ochraně životního prostředí. Jedním z projektů, který se zabývá výzkumem v oblasti odstraňování ekologických škod je „Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost“ (č. SS02030008). Dílčím cílem projektu je pak inventarizace dostupných inovativních řešení pro kontaminované lokality pro potřeby státní správy. V rámci řešení předložené bakalářské práce byla ověřena možnost získání potřebných dat z veřejně dostupných databází zaměřených na aplikovaný výzkum a vývoj.

Teoretická část této bakalářské práce se zaměřuje na obecnou charakteristiku a ochranu podzemních a povrchových vod v Česku. Dále na popis hlavních znečišťujících látek, staré ekologické zátěže a běžně využívané metody sanace vod.

Praktická část zkoumá situaci v oboru sanace podzemních a průmyslových odpadních vod v ČR za poslední dekádu. K výzkumu se využívají databáze Registru informací, výsledků vědy a výzkumu, Centrální evidence projektů a databáze Starfos. Bylo vyfiltrováno celkem 767 aplikovaných výsledků typu P, Z, G, F, H, N, R, které byly vytvořeny v rámci projektů aplikovaného výzkumu a vývoje v ČR podpořeného poskytovateli jako je Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO), Ministerstvo zemědělství (MZe), Ministerstvo životního prostředí (MŽP), Ministerstvo vnitra (MV), Ministerstvo zdravotnictví (MZ) a Technologická agentura ČR (TAČR) a Akademie věd ČR (AV ČR). Z toho, podle databáze Starfos, bylo 304 výsledků reálně uplatněno v praxi. Pro firmy, které jsou uživateli vzniklých výsledků (realizují vlastní sanační práce), byl vytvořen kvalitativní dotazník, který pomůže získat podrobnější informace o daných výsledcích (např. sanačních technologiích). Diskutovány byly také další možné způsoby získávání informací o inovativních metodách sanace vod.

Klíčová slova: sanační technologie, podzemní voda, průmyslová odpadní voda

Abstract

Water pollution is one of the most serious global problems in today's age. Contamination of water disrupts aquatic ecosystems and their surroundings. A major problem for people in some parts of the world is the decreasing availability of drinking water. In order to prevent further pollution, there are laws, mostly in developed countries, that try to protect water resources. Another procedure to reduce pollution is remediation methods.

In the Czech Republic there are entities active in environmental protection deal with remediation technologies and inventories of contaminated sites such as state administration bodies, universities, academies of sciences and private entities. One of the projects that deals with research in the field of environmental damage removal is the "Environmental Research Center: Waste and Circular Economy and Environmental Safety" (No. SS02030008). A partial goal of the project is the inventory of available innovative solutions for contaminated sites for the needs of the state administration. As part of the solution of the submitted bachelor's thesis, the possibility of obtaining the necessary data from publicly available databases focused on applied research and development was verified.

The theoretical part focuses on the general characteristics and protection of underground and surface waters in the Czech Republic. Further to the description of the main pollutants, the old ecological burden and the commonly used methods of remediation of water.

The practical part examines the situation in the field of underground and industrial wastewater remediation in the Czech Republic over the last decade. The database of the Register of Information, Science and Research Results, the Central Register of Projects and the Starfos database are used for research. A total of 767 applied results of the type P, Z, G, F, H, N, R were filtered out, which were created within the framework of applied research and development projects in the Czech Republic supported by providers of the Ministry of Industry and Trade (MPO), the Ministry of Agriculture (MZe), the Ministry of the Environment (MŽP), the Ministry of the Interior (MV), the Ministry of Health (MH), the Technological Agentur of the Czech Republic (TAČR) and the Academy of Sciences of the Czech Republic (AVČR). Of these, according to the Starfos database, 304 results were actually applied in practice. A qualitative questionnaire was created for companies that are users of the resulting results (they carry out their own remediation work), which will help to obtain

more detailed information about the given results (e.g. remediation technologies). Other possible ways of obtaining information about innovative methods of water remediation were also discussed.

Key words: remediation technology, groundwater, industrial waste water

Seznam použitých zkratk

- AVČR- Akademie věd ČR
- CENIA- Česká informační agentura životního prostředí
- CEP- Centrální evidence projektů
- CIU- Chlorované uhlovodíky
- ČOV- Čistírna odpadních vod
- F- Užitečný/průmyslový vzor
- G- Prototyp/funkční vzorek
- H- Výsledek promítnutý například do právních předpisů
- MF- Ministerstvo financí
- MPO- Ministerstvo průmyslu a obchodu
- MPSV- Ministerstvo práce a sociálních věcí
- MŠMT- Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy
- MV- Ministerstvo vnitra
- MZ- Ministerstvo zdravotnictví
- MZe- Ministerstvo zemědělství
- MŽP- Ministerstvo životního prostředí
- N- Schválená, certifikovaná nebo akreditovaná metodika
- NIKM- Národní inventarizace kontaminovaných míst
- P- Patent
- PAU- Polycyklické aromatické uhlovodíky
- PCB- Polychlorované bifenyly
- PCE- Tetrachlorethen
- PFAS- Perfluorované a polyfluorované látky
- POV- Průmyslová odpadní voda
- R- Software
- RIV- Registru informací a výsledků vědy a výzkumu
- SEKM- Systém evidence kontaminovaných míst
- SEZ- Stará ekologická zátěž
- TAČR- Technologická agentura České republiky
- TCE- Trichloethen
- VAV- Databáze Věda a výzkum
- Z- Poloprovoz/ověřená technologie

Obsah

1. Úvod	9
2. Voda a ochrana vod v České republice	10
2.1. Voda	10
2.2. Povrchové vody	10
2.3. Podzemní vody	10
2.4. Průmyslové vody	10
2.5. Ochrana vod v ČR	11
3. Zdroje znečištění a hlavní polutanty v podzemních vodách	13
3.1. Přírodní zdroje znečištění	13
3.2. Antropogenní zdroje znečištění	13
4. Staré ekologické zátěže	16
4.1. Definice staré ekologické zátěže	16
4.2. Přehled kontaminovaných míst	16
4.2.1. Projekt inventarizace kontaminovaných míst NIKM	16
4.2.2. Databáze SEKM	18
4.2.1.1. Druhy kategorií kontaminovaných a potenciálně kontaminovaných lokalit	19
5. Metody sanace vod	20
5.1. Metody sanace vod <i>in situ</i>	20
5.1.1. Monitorovaná přirozená a podporovaná atenuace	20
5.1.3. Fyzikálně chemické metody <i>in situ</i>	22
5.2. Metody sanace vod <i>ex situ</i>	23
5.2.1. Biologické metody <i>ex situ</i>	24
5.2.2. Fyzikálně chemické metody <i>ex situ</i>	25
5.3. Historie sanačních metod v ČR a ve světě	26
5.4. Výzkum a vývoj nových metod sanace	27
5.4.1. Podpora výzkumu sanačních metod v rámci ČR	27
5.4.2. Dostupné zdroje informací o inovativních sanačních metodách	27
5.4.2.1. Databáze CEP, RIV a Starfos	27
5.4.2.2. Další zdroje informací o výsledcích aplikovaného VaV	28
6. Cíl práce	29
7. Praktická část	30

7.1. Metodika sběru dat	30
6.2. Třídění dat	31
6.3. Získané výsledky	31
6.4. Návrh dotazníku pro oslovení sanačních firem a získání zpětné vazby	33
6.5. Získané odpovědi v dotazníkovém šetření	34
7. Diskuze	37
8. Závěr	39
Seznam použitých zdrojů	40
Další webové zdroje	42
Seznam obrázků a tabulek	45
Přílohy	46

1. Úvod

Kontaminace vod představuje závažný environmentální problém. Zejména ekonomicky vyspělé země investují nemalé prostředky do inovací stávajících a vývoje nových metod dekontaminace, které umožňují tento problém řešit. Bakalářská práce „Pokroky aplikovaného výzkumu v oblasti sanace kontaminovaných podzemních a průmyslových vod“ byla zpracována jako součást projektu č. SS02030008 s názvem „Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost“, který je financován Technologickou agenturou České republiky (TAČR). Jedním z dílčích cílů zmíněného projektu je inventarizace dostupných inovativních řešení pro kontaminované lokality pro potřeby státní správy.

Teoretická část představuje stručný náhled na problematiku ochrany podzemních a povrchových vod v rámci České republiky. Vzhledem k šíři tématu zde nejsou popisovány vody komunální a nakládání s nimi. Popsány jsou hlavní zdroje znečištění a nejčastěji zastoupené polutanty. Součástí práce je také kapitola věnovaná starým ekologickým zátěžím (SEZ). Jedná se o lokality, ve kterých se nachází znečištěné horninové prostředí, povrchová nebo podzemní voda. Za SEZ se považuje takové místo, u kterého došlo ke kontaminaci před privatizací, nebo není znám původce kontaminace. Důležitým zdrojem znečištění mohou být také tzv. průmyslové odpadní vody. Součástí teoretické části je také souhrn stávajících metod sanace podzemních a průmyslových vod, které jsou v rámci nápravných opatření využívány.

Praktická část je zaměřena na zhodnocení situace na poli výzkumu a vývoje v oboru sanačních technologií vod v ČR poslední dekadě. Pomocí databáze Centrální evidence projektů (CEP) a Registru informací a výsledků vědy a výzkumu (RIV) byly vyfiltrovány určité typy nově vzniklých aplikovaných výsledků, jejichž následné uplatnění v sanační praxi bylo ověřováno pomocí databáze Starfos, která shromažďuje data z implementačních zpráv projektů aplikovaného výzkumu a vývoje (VaV) financovaných prostřednictvím agentury TAČR. V rámci řešení práce také vznikl dotazník pro firmy, které současně s realizací sanačních zakázek praktikují vlastní výzkum a vývoj. Byla ověřena ochota takových firem sdílet informace týkající se implementace nově vyvinutých technologií a jiných výsledků do sanační praxe. Dále byly diskutovány další možnosti získávání informací pro inventarizaci nově vzniklých metod a technologií a jejich uplatnění v praxi.

2. Voda a ochrana vod v České republice

2.1. Voda

Jedním z hlavních zdrojů pro existenci života na Zemi je voda. Proto je důležitá její ochrana a metody využívané k navrácení do jejího původního stavu, pokud došlo ke znečištění. Vodu můžeme rozdělit do několika kategorií podle skupenství, mineralizace, lokality a využití.

2.2. Povrchové vody

Povrchové vody jsou přirozeně se vyskytující na zemském povrchu. Tyto vody se dělí na lentické (stojaté) a lotické (tekoucí). V lentických vodách dochází k oběhu vody a díky tomu se velmi odlišují od vod lotických (obsah kyslíku, světlo, teplota). Za stojaté vody se považují nádrže, rybníky, jezera, bažiny, tůň a rašeliniště (MŽP, 2008-2022).

Tekoucí voda se vyznačuje tím, že teče korytem mezi břehy. Rozlišujeme větší (řeky) a menší toky (potoky). Povrchové vody jsou často vystavené znečištění. Jedná se o bodové zdroje (čistírny odpadních vod, průmyslové sektory apod.) a plošné + difúzní zdroje znečištění (zemědělství, doprava, splachy, septiky, atmosférická depozice).

2.3. Podzemní vody

Podzemní voda je pod zemským povrchem, kde vytváří souvislou hladinu. Může se vyskytovat i poměrně blízko pod povrchem země. Podzemní voda je úzce spjata s horninovým prostředím, jelikož vyplňuje póry nebo pukliny v hornině. Když se vrstvy hornin naplní vodou, jedná se o tzv. zvodně. Podzemní voda pochází ze vsaku srážkové vody (vadózní podzemní voda) nebo z vnitra Země (juvenilní podzemní voda) (Součková, 2020). Voda, která se vyskytuje pod povrchem Země, je považována za nejcennější sladkovodní zdroj, proto je i primárně využívána jako zásobárna pitné vody. O to víc je zde kladen důraz na ochranu tohoto zdroje.

2.4. Průmyslové vody

Jako průmyslové vody lze označit odpadní vody, které pochází z průmyslových podniků (potravinářský, papírenský, automobilový, stavební, strojírenský, energetický, textilní, tiskařský, chemický atd.). Odpadní vody jsou čištěny buď přímo v podniku nebo jsou odváděny do čistíren odpadních vod (ČOV).

Za odvod průmyslové odpadní vody (POV) je stanoven vyšší finanční poplatek než za odpadní vody komunální, jelikož jsou více znečištěné látkami, které jsou zpravidla hůře odbouratelné. Čím více je POV znečištěná, tím má podnik povinnost zaplatit vyšší poplatek. Průmyslové odpadní vody jsou jedním z hlavních zdrojů znečištění podzemní a povrchové vody, proto limity pro koncentraci nežádoucích kontaminantů zpřísňují (Šrámek, 2015).

2.5. Ochrana vod v ČR

Jelikož je voda nenahraditelným a neobnovitelným zdrojem, prakticky každá vyspělá země ve světě se snaží své vodní zdroje chránit pomocí různých směrnic, zákonů, vyhlášek a nařízení.

V České republice se řídíme Rámcovou směrnicí vodní politiky Evropské unie (2000/60/ES) z 23.10.2000, která je základním právním předpisem Rady ustávajícím rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Tuto směrnici upravuje v Česku Vodní zákon č. 254/2001, Sb.. Na jeho základě mohou být rozvedena jeho ustanovení pomocí vyhlášek a nařízení.

Prioritou Vodního zákona je:

- ochrana povrchových a podzemních vod → udržování a zlepšení jejich kvality
- nakládání s vodními zdroji
- eliminace povodní a sucha
- ochrana vodních ekosystémů
- zásobování obyvatelstva pitnou vodou

(Košutová, 2012)

V České republice je každoročně vydávána tzv. Modrá zpráva, tedy Zpráva o stavu vodního hospodářství, kterou předkládá Ministerstvo životního prostředí (MŽP) a Ministerstvo zemědělství (MZe).

V rámci ochrany vod existují v ČR čtyři hlavní subjekty:

- **Agentura ochrany přírody a krajiny** je organizace, která se zabývá péčí o přírodu a krajinu v České republice.
- **Český hydrometeorologický ústav** je ústřední státní orgán ČR, který se zabývá kvalitou ovzduší, meteorologií, klimatologií a hydrologií.
- **Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i.** je veřejná výzkumná instituce založená MŽP České republiky sídlící na Praze 6. Hlavním

úkolem této instituce je výzkum vodních ekosystémů a protipovodňové prevence.

- **Česká inspekce životního prostředí** je z gesce MŽP pověřená dozorem nad respektováním právních předpisů v oblasti životního prostředí. Dohlíží rovněž na dodržování závazných rozhodnutí správních orgánů a eviduje informace o škodách na životním prostředí. Hledá původce a příčiny škod a snaží se přispět k jejich odstranění.

(Cenia, 2018)

3. Zdroje znečištění a hlavní polutanty v podzemních vodách

Jelikož mezi povrchovou a podzemní vodou dochází k silné interakci, je i znečištění nedílnou součástí vzájemného působení. Důvodem je hlavně průsak vody z povrchu země, která může být znečištěna řadou látek, do podzemí, čímž vzniká i znečištěná podzemní voda. Další příčinou znečištění podzemní vody je kontaminace okolního horninového a půdního prostředí, ze kterého se následně mohou uvolnit polutanty do podzemní vody. Zdroje znečištění je možné rozlišit na přirozené a antropogenní. Větší pozornost bude věnována popisu antropogenních zdrojů znečištění, protože se jedná o vážný problém, který se týká vod prakticky na všech kontinentech, a zasaženo je tak celkově životní prostředí nás všech.

3.1. Přirozené zdroje znečištění

Přirozené zdroje znečištění pocházejí ze sopečné činnosti a sesuvů půdy. Z podloží se mohou také uvolňovat toxické látky, k čemuž dochází během geologických dějů (zemětřesení, výbuchy sopek, tektonika). K přirozenému znečišťování dochází i ve fázi, kdy je vyšší mortalita organismů a následný rozklad organických zbytků, které souvisí zejména s obdobím sucha.

Mezi prvky, které se běžně vyskytují v podzemní vodě, patří mangan a železo. Podle geologické struktury a podloží je koncentrace těchto prvků v podzemní vodě různá. Mangan a železo se z podzemní vody odstraňují převážně z estetického hlediska, protože se v pitné vodě vytváří načervenalý zákal (Naše voda, 2021).

3.2. Antropogenní zdroje znečištění

Hlavní příčiny znečištění podzemních vod jsou antropogenního původu. Problematické je průmyslové znečištění, které pochází převážně z elektrochemických, koksochemických, chemických nebo automobilových závodů. Dále se může jednat o znečištění z jaderných elektráren, kde se jedná o radioaktivní znečištění (J.J. Fried, 1975). Hlavními polutanty z průmyslu jsou chemické látky, jako jsou chlorované uhlovodíky, aromatické a polyaromatické uhlovodíky, ropné látky, polychlorované uhlovodíky (PCB), perfluorované a polyfluorované organické látky (PFAS).

Chlorované uhlovodíky (CIU) byly využívány v druhé polovině 20. století k chemickému čištění oblečení. Používaly se i jako rozpouštědla či odmašťovadla.

Kvůli špatnému nakládání s těmito látkami, se snadno dostaly do životního prostředí (Dolinová a kol., 2021).

Aromatické a polyaromatické uhlovodíky (PAU) jsou organické látky, které jsou v životním prostředí všudypřítomné (půda, vzduch, voda). Je u nich prokázána toxicita, karcinogenní a mutagenní účinky a schopnost vysoce potlačovat imunitu organismů (Manoli, Samara, 1999).

Ropné látky se přirozeně vyskytují pod zemským povrchem v sedimentech. Existují ve formě plynů, polotuhých látek (bitumen), pevných látek (vosk, asfaltit) a hlavně ve formě kapalin (fosilní palivo). Toto palivo obsahuje mnoho různých sloučenin uhlovodíků (alifatické, nasycené, nenasycené, aromatické, polycyklické aromatické). Ropné látky jsou převážně pro organismy vysoce toxické. Kontaminanty mohou způsobovat karcinogenitu, hemotoxicitu, genotoxicitu, mutagenitu, neurotoxicitu apod. (Chukwunonso a kol., 2020).

Polychlorované bifenyly (PCB) jsou syntetické, organické sloučeniny, které se ve 20. století používaly jako náplně do transformátorů a kondenzátorů. PCB se používalo i jako aditivum barev a laků. Během výroby a používání PCB uniklo i značné množství do životního prostředí. Polychlorované bifenyly jsou nebezpečné zejména díky schopnosti bioakumulovat se přes potravní řetězce v tělech organismů (Holoubek, 2000). Odstraňování PCB látek je nedílnou součástí sanačních technologií.

Jedním z nejdiskutovanějších nově se vyskytujících polutantů současnosti jsou perfluorované a polyfluorované látky (PFAS). Jedná se o synteticky vytvořenou rozsáhlou skupinu organických látek, která vznikla v druhé polovině minulého století. Organické látky PFAS odpuzují vodu a mastnotu, proto se používají v potravinářském průmyslu (papírové obaly potravin). Dále se využívají při výrobě outdoorového oblečení nebo při výrobě teflonu. U některých PFAS je podezření na riziko karcinogenních účinků. Látky PFAS se bohužel nacházejí v životním prostředí všude a obávaným rizikem je kontaminace pitné a podzemní vody (Straková, 2020).

Mezi významné polutanty patří i těžké kovy jako je Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Hg, či Zn (Tariq et al., 2005). V minulém století bylo velkým problémem hlavně olovo, které se vyskytovalo v pohonných hmotách. Nejen, že kontaminovalo celkově životní prostředí, ale bylo i častou příčinou předčasných úmrtí lidí, kteří byli působení olova vystaveni. Naštěstí od 70. let minulého století některé země, jako například Japonsko, Rakousko nebo Kanada, začaly toto aditivum v benzínu zakazovat. V České republice došlo k úplnému zákazu až v roce 2001. Teprve od roku 2021 byl přijat

celosvětový zákaz olova v pohonných hmotách. Posledním státem, který k dohodě/zákazu přistoupil, bylo Alžírsko (Dohnal, 2021).

Dalším velmi toxickým kovem s vážnými negativními účinky na živé organismy i životní prostředí je rtuť. Tento kov se vyskytuje v přírodě i přirozeně, ale kvůli lidské činnosti se do prostředí dostává až v příliš velkém množství.

Evropská unie se snaží rtuť co nejvíce eliminovat, a proto je její průmyslové využití zakázáno. V některých státech, který nejsou v EU, dochází ke zvyšování obsahu rtuti v prostředí. Je to převážně zapříčiněno rostoucím hospodářským rozvojem, nadměrným spalováním tuhých paliv a nízkokapacitní těžbou zlata. V roce 2013 však byla přijata globální mezinárodní dohoda – Minamátská úmluva.

Tato dohoda směřuje k omezování a k jinému způsobu nakládání s rtutí. Minamátská úmluva je nazvaná podle japonského města Minamata, kde došlo mezi lety 1932-1968 v chemické továrně k úniku enormního množství dimethylrtuti do odpadní vody (Marnane, 2018).

Další výrazné znečištění pochází ze zemědělství. Hlavními polutanty z tohoto odvětví jsou sloučeniny dusíku a fosforu a pesticidy. Na zemědělských půdách dochází k nadměrnému používání hnojiv a pesticidů. Tyto polutanty se následně smyvují do vodních ekosystémů a podzemní vody. Kontaminace podzemní vody těmito látkami má několik aspektů. Záleží na retenci, transformaci a transportním procesu. Například pesticidy, které jsou slabě absorbované na půdní částice, mají vysokou mobilitu, a tím představují riziko znečištění podzemních vod (Ongley, E. D., 1996). Důležitou roli hraje při kontaminaci vody také lokalita a druh půdy, který se na ní vyskytuje.

Do antropogenního znečištění spadá i znečištění z domácností. Jsou to odpadní vody, které pochází jak z domácností, tak ale i z průmyslových podniků. Proto se tyto vody dělí na komunální odpadní vody a průmyslové odpadní vody. U komunálních vod jsou hlavními znečišťovateli fekálie a moč (bakteriální znečištění) a u průmyslových vod, jak už jsem zmiňovala v předchozím odstavci, jsou to těžké kovy.

4. Staré ekologické zátěže

4.1. Definice staré ekologické zátěže

Podle Ministerstva životního prostředí se za starou ekologickou zátěž (SEZ) považují taková místa, kde se nalézá kontaminované horninové prostředí a povrchová nebo podzemní voda. K tomuto zdevastování lokalit došlo v minulosti nevhodným nakládáním s látkami nebezpečnými pro životní prostředí jako jsou například ropné látky, PCB, těžké kovy nebo chlorované a aromatické uhlovodíky. Považovat kontaminované místo za starou ekologickou zátěž je možné v případě, pokud došlo ke kontaminaci před privatizací nebo není znám původce kontaminace.

Financování rekultivací těchto znečištěných lokalit se provádí prostřednictvím tzv. Ekologických smluv, které spravuje Ministerstvo financí (MF) ČR. Využívány jsou i finanční zdroje z operačního Programu životní prostředí (ŽP) a národního programu ŽP v gesci Ministerstva životního prostředí (MŽP), dále zdroje z Ministerstva průmyslu a obchodu (MPO) či některé soukromé finanční zdroje, ty ale v žádném případě nepřevažují.

Ministerstvo životního prostředí nezajišťuje jen financování odstraňování SEZ, ale také řeší problematiku odstraňování SEZ celkově, vydává stanoviska k procesům v rámci přípravy a realizace zakázek, zabývá se problematikou Národního programu ŽP, kontroluje plnění zakázek, poskytuje data o tzv. územně analytických podkladech, je součástí mezinárodních komisí zaměřujících se na problematiku SEZ a vytváří a poskytuje metodické pokyny pro management kontaminovaných míst (MŽP, 2008-2022).

4.2. Přehled kontaminovaných míst

V České republice je hlavním poskytovatelem dat o kontaminovaných lokalitách Česká informační agentura životního prostředí (CENIA), díky které se realizoval projekt NIKM (Národní inventarizace kontaminovaných míst).

Výstupem tohoto projektu je databáze SEKM (Systém evidence kontaminovaných míst). Jedná se o nejucelenější přehled lokalit, které jsou kontaminované nebo potenciálně kontaminované.

4.2.1. Projekt inventarizace kontaminovaných míst NIKM

Samotný projekt měl 2 fáze. První fáze probíhala v letech 2009–2012 a jejím hlavním cílem bylo vytvoření efektivního a jednotného postupu evidence a hodnocení

kontaminovaných a potenciálně kontaminovaných míst. Zpracována byla metodika a kategorizace priorit pro plošnou inventarizaci kontaminovaných a potenciálně kontaminovaných míst na území celé České republiky. První etapa ve své hlavní podstatě připravovala a vytvářela nástroje a předpoklady pro vlastní inventarizaci, která byla provedena v druhé etapě. Celkový rozpočet projektu během doby řešení od roku 2009 do roku 2012 byl 100.662.000,- Kč (Suchánek a kol., 2011).

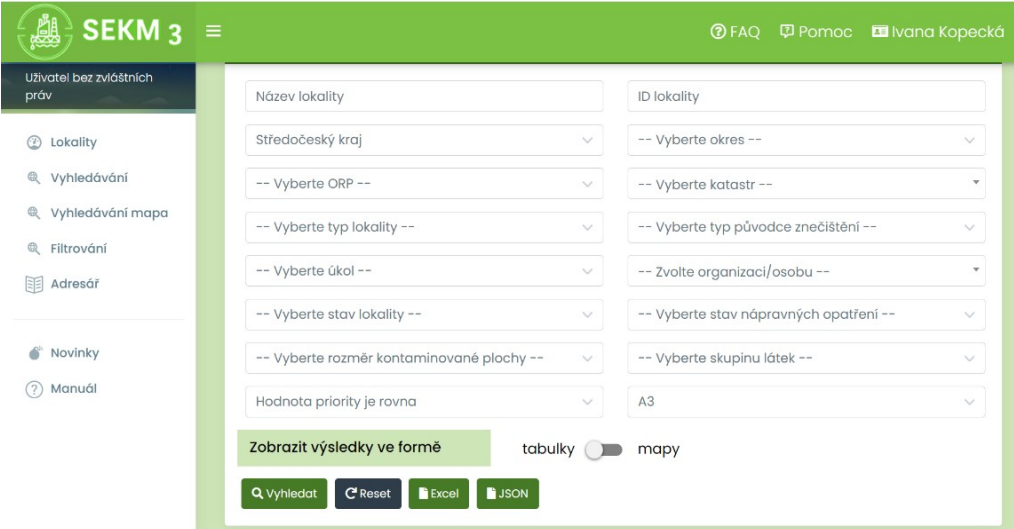
K druhé etapě došlo v letech 2018-2021 a byla zaměřena na již zmíněnou vlastní inventarizaci kontaminovaných míst. Jako výstup této etapy vznikla celostátní databáze SEKM, ve které má každá kontaminovaná lokalita svůj záznam. Na začátku této etapy bylo vytipováno 31 000 míst, která byla zkontrolována a zanalyzována odborníky. Podle výsledků jejich šetření byly lokality zařazeny do kategorií podle priority. Dle výsledků bylo zaznamenáno 10 134 lokalit, které byly kontaminované nebo potenciálně kontaminované. Z průzkumu ale i vyplynulo, že u 3302 lokalit k odstranění starých ekologických zátěží už došlo. Nejvíce kontaminované lokality jsou v Praze, Brně, Ostravě, Podkrušnohorské pánvi, Polabí a také v okolí Plzně (Benediktová, 2022).

Projekt měl přispět k redukci rizik zátěží, lepšímu územnímu plánování, lepší připravenosti na nutno řešit sanace konkrétních lokalit.

4.2.2. Databáze SEKM

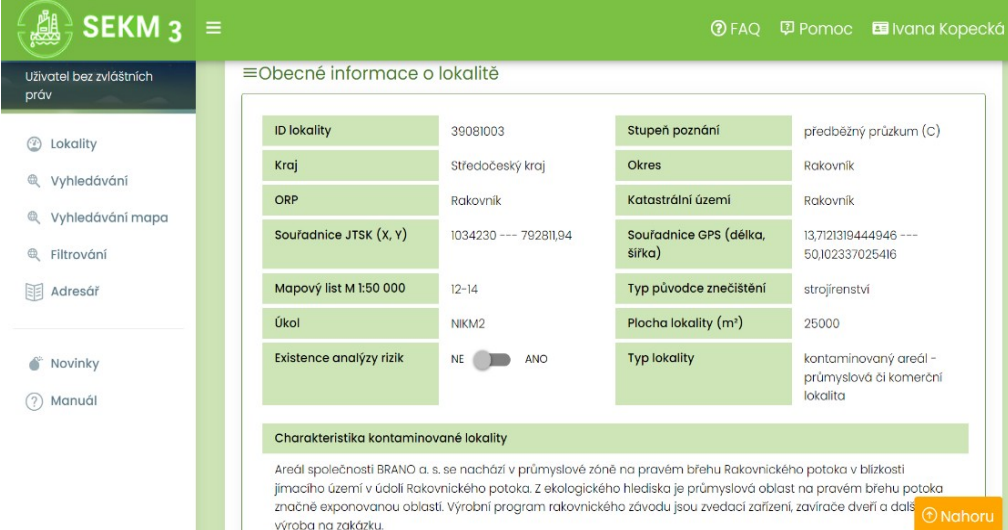
Tento informační systém obsahuje souhrn informací o kontaminovaných místech a ekologických újmách. Jedná se především o staré ekologické zátěže.

Pro vyhledání kontaminovaných míst v systému je zapotřebí registrace. Bez registrace je možné jen nahlédnutí pouze do základní mapy lokalit (SEKM, 2019-2022). Postup při vyhledávání lokality je ilustrován pomocí Obrázků 1 a 2.



The screenshot shows the search interface of the SEKM 3 system. It features a green header with the logo and navigation links. A sidebar on the left contains menu items like 'Lokalita', 'Vyhledávání', and 'Filtrování'. The main area is a search form with multiple dropdown menus for filtering by region, ORP, type of locality, task, status, size of the contaminated area, and priority. There are also buttons for 'Vyhledat', 'Reset', 'Excel', and 'JSON', and a toggle for 'tabulky' vs 'mapy'.

Obrázek 1: Vyhledávání kontaminované lokality v databázi SEKM. Převzato ze SEKM (2022)



The screenshot displays the 'Obecné informace o lokalitě' (General information about the locality) page. It contains two columns of data:

ID lokality	39081003	Stupeň poznání	předběžný průzkum (C)
Kraj	Středočeský kraj	Okres	Rakovník
ORP	Rakovník	Katastrální území	Rakovník
Souřadnice JTSK (X, Y)	1034230 --- 792811,94	Souřadnice GPS (déřka, šířka)	13,7121319444946 --- 50,102337025416
Mapový list M 1:50 000	12-14	Typ původce znečištění	strojírenství
Úkol	NIK M2	Plocha lokality (m ²)	25000
Existence analýzy rizik	NE <input type="checkbox"/> ANO <input type="checkbox"/>	Typ lokality	kontaminovaný areál - průmyslová či komerční lokalita

Below the table is a section titled 'Charakteristika kontaminované lokality' (Characteristics of the contaminated locality) with a text description and a 'Nahoru' button.

Obrázek 2: Příklad kontaminované lokality v databázi SEKM. Převzato ze SEKM (2022)

4.2.1.1. Druhy kategorií kontaminovaných a potenciálně kontaminovaných lokalit

Během vyhledávání v databázi SEKM se setkáváme s kategorií priority.

Jedná se o rozdělení do kategorií podle postupu, který je v dané lokalitě žádoucí.

- Lokality typu A3, A2 → nutné nápravné opatření (okamžitá náprava)
- Lokalita typu A1 → žádoucí nápravné opatření
- Lokality P4 a P3 → je nezbytný průzkum a nelze definovat závěr
- Lokalita P2 → je nutný pouze monitoring daného místa
- Lokalita P1 → kontrola lokality, jakou má funkci využití
- Lokality N2, N1 a N0 → nevyžaduje zásah

(Věstník MŽP, 2022)

Je nutno podotknout, že pojem nápravné opatření znamená jakoukoliv redukci rizik kontaminace.

5. Metody sanace vod

Sanace neboli úprava a ozdravení zdevastované krajiny je nedílnou součástí ochrany životního prostředí. Díky ní jsme schopni vrátit krajinu do původního stavu a provádět kontrolní opatření. Nejedná se jen o sanaci vody, ale i o sanaci horninového prostředí a vzduchu kolem nás. S ohledem na téma práce jsou níže uvedené technologie zaměřené na sanaci vod. Metody jsou rozděleny na dvě základní skupiny *in situ* a *ex situ*. Podle využití daného prostředku k sanaci se metody dělí i na biologické a fyzikálně-chemické.

5.1. Metody sanace vod *in situ*

Metody *in situ*, jsou takové typy metod, které se provádí v místě kontaminace. Kontaminovaná voda není transportována a přímo na místě se sanuje. Mezi metody *in situ* lze zařadit i monitorovanou přirozenou a podporovanou atenuaci.

5.1.1. Monitorovaná přirozená a podporovaná atenuace

Přirozená atenuace pomáhá eliminovat znečišťující látky z prostředí bez jakéhokoliv zásahu člověka. Jedná se o využití biologických a fyzikálně-chemických procesů, jako je biodegradace, disperze, sorpce, odpařování, hydrolýza a samovolný rozklad znečišťujících látek. Biodegradace je přitom výsledkem přirozených metabolických procesů vyskytujících se v rostlinných a mikrobiálních buňkách (Matějů a kol, 2006).

Podporovaná atenuace je založená na stejném principu jako přirozená, navíc ale dochází k dalšímu lidskému zásahu nad rámec pouhého monitoringu. Důvodem je snaha o urychlení přirozených degradačních procesů. Metoda se používá především u lokalit, kde je již nízká koncentrace znečišťujících látek, ale stále nejsou nesplněny sanační limity. Pro lepší efekt odstranění kontaminantů je atenuace doprovázena dalšími zásahy, jako například sanačním čerpáním v závěrečných fázích.

Tyto metody sanace vod jsou jedny z nejpoužívanějších, protože nejsou finančně nákladné a spotřeba energie je nízká. Zároveň jsou tyto metody velmi efektivní (Slaninka a kol., 2010).

5.1.2. Biologické metody *in situ*

- Bioremediace: Jedná se o dlouhodobé řešení, které využívá mikroorganismy k degradaci znečišťujících látek. Jedná se o ekologický proces, který je oproti chemicko-fyzikálním metodám ekonomicky výhodný. Bioremediace probíhá

přímo v místě, kde dochází ke kontaminaci. Látky, které znečišťují vodu jsou rozkládány původní nebo geneticky modifikovanou bakteriální komunitou. V České republice však použití geneticky modifikovaných bakterií pro sanační účely není povoleno.

K mikrobiální degradaci může docházet přirozenou nebo umělou cestou. Přirozená bioremediace je ekonomicky velmi výhodná, ale je časově náročná. Do umělé bioremediace zasahuje lidská činnost, díky které je sanace rychlejší a účinnější (Motlagh, Yang, Saba, 2020).

- Bioaugmentace: Jednou z metod umělé bioremediace je tzv. bioaugmentace. Do podzemních znečištěných vod jsou přidávány další bakteriální kmeny, který dokáží vzdorovat sloučeninám jako jsou např. trichloethen (TCE), tetrachlorethen (PCE), polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), ropa a různá léčiva (Motlagh, Yang, Saba, 2020).
- Kometabolismus: Kontaminant je matabolizován za přítomnosti jiné látky, která je primárně zdrojem energie a uhlíku pro mikroorganismy. Příkladem může být přídavek toluénu nebo metanu. Mikroorganismy, které transformují metan, produkují enzymy, jimiž jsou oxidovány další uhlíkaté sloučeniny (Slaninka a kol., 2010).
- Bioventing: U této metody se nuceným vháněním nebo odsáváním vzduchu ventilovými vrty dopravuje kyslík do nenasycené zóny. Čím větší koncentrace kyslíku je v nenasycené zóně, tím se lépe rozkládají kontaminanty. Bioventing se používá pro aerobní rozklad znečišťujících látek (Matějů a kol., 2006).
- Biosparging: Sanační technologie, která se používá v nasycené zóně. Vzduch a živiny se vstříkují do zóny a tím se zvyšuje biologická aktivita mikroorganismů. Biosparging se může použít pro odstranění chlorovaných ethylenů nebo metyl-terc-butyléteri (MTBE). Tato metoda se používá uvnitř kontaminačního mraku a může sloužit i jako bariéra proti šíření znečištění (Slaninka a kol., 2010).
- Bioslurping: Moderní technologie, jež kombinuje prvky ze tří různých sanačních technik. Jedná se o vakuové čerpání, bioventing a extrakci půdních par. Odstraňují se kontaminanty z volné fáze a z výparů, které jsou zachycené v půdě. Bioslurping slouží k eliminaci látek, které jsou lehčí než voda (např. benzín, letecké palivo, motorová nafta) (Gidakos a Aivalioti, 2007)

- Biotransformace, bioredukce: Jedná se o technologii, při které se jedna látka přemění na jinou látku pomocí enzymatické aktivity organismů. Metoda je využívána, pokud vede k transformaci na látku s nižší toxicitou. Biotransformace a bioredukce se používá například u snižování mocenství kovů (Matějů a kol., 2006).
- Biologické reaktivní bariéry: Do biologických metod jsou zahrnuty i reaktivní bariéry. Jsou to reaktory, které rozkládají kontaminanty pomocí reaktivního materiálu. Po použití této technologie vznikají neškodné nebo nepatrně nebezpečné produkty (CO_2 , H_2O). Většinou se bariéry používají v lokalitách znečištěných organickými polutanty (Veselá a kol., 2006).
- Fytoremediace: Jedná se o technologii, která využívá rostliny a mikroorganismy k fixaci, rozkladu nebo akumulaci různých látek znečišťujících půdu, vodu a vzduch. Fytoremediace se často využívá k čištění odpadní vody nebo k zachycení polutantů z automobilového provozu (Vaněk a kol., 2017).

5.1.3. Fyzikálně chemické metody *in situ*

Fyzikálně chemické metody jsou takové typy technologií, které jsou založené na fyzikálně chemických procesech.

- Air sparging: Jedná se o metodu snižující koncentraci těkavých polutantů, který jsou sorbovány na zeminy nebo jsou rozpuštěny v podzemní vodě. U air spargingu dochází ke stlačování vzduchu pod hladinou podzemních vod v sítích spargingových vrtů. Když vzduch projde skrze znečištěnou vrstvu nasycené zóny, tak je pak schopný vázat těkavé složky kontaminantů. Air sparging může eliminovat paliva, ředidla a chlorované uhlovodíky (Herčík, 2006).
- Chemická oxidace a redukce: Při oxidaci se přidává silný roztok s oxidantem do provzdušněné a nasycené oblasti. Dochází k rozpuštění kontaminujících látek. Oxidace se nejčastěji používá při čištění podzemní vody s vyšší koncentrací netoxických produktů, které lze oxidovat.

Chemická redukce je založena na stejném principu jako chemická oxidace, ale používá se redukční činidlo, díky kterému pak vznikají redukované formy kontaminantu. Tyto formy jsou pak méně škodlivé pro životní prostředí (Slaninka a kol., 2010)

- Metody tepelného ošetření: Díky přidané tepelné energii se některé kontaminující látky degradují nebo vypařují. Tepelné metody lze využít u všech polutantů, které jsou těkavé (Matějů, 2006).
- Bariéry vertikální: Zpomalují transport kontaminantů. Existuje několik druhů bariér, a to uzavřená, otevřená, dočasná, trvalá, nepropustná, těsnící, separační, drenážní, hydraulická, přípustná reaktivní (Černá, Řičica, 2006).
- Hluboká injektáž: Princip této metody je určité tlakové dávkování média. Médii se vyplňují póry, trhliny a pukliny. Jsou to tzv. vytěšňovací bariéry kolem místa znečištění (Řičica, 2006).
- Hydraulické štěpení: Tato technologie je prováděna vysokotlakou injektáží vody nebo síťovaného polymeru do vrtu. Díky tomu lze vytvořit větší propustnost v dané hloubce. Toto štěpení se většinou využívá v jílovitých zeminách (Kvapil, 2006).
- Pneumatické štěpení: Jedná se o technologii, která je založena na stejném principu jako hydraulické štěpení, avšak zde dochází k injektáži plynu (Kvapil, 2006).
- Torpedace: Metoda, která se využívá ke zvýšení propustnosti. K tomu se využívají tzv. torpedované vrty. Podle typu horninového prostředí se určuje vzdálenost mezi jednotlivými vrty. Díky torpedaci vzniká rozvolněná zóna, do které se umísťuje sanační systém, který infiltruje vhodné podpůrné látky, aby došlo k redukci kontaminačního mraku (Kvapil, 2006).
- Radiolytický rozklad: Jedná se o technologii, při které se využívá γ -záření k rozkladu organických polutantů v podzemní vodě. Radiační záření je uzavřeno v zářičích, který vytváří radiační pole. Tyto zářiče jsou umístěny ve zvodni v okolí čerpaného vrtu, kde právě dochází k radiolytickému rozkladu. Tato metoda se nejčastěji používá k rozkladu organických kontaminantů jako jsou kyanidy, karboxylové kyseliny, alkoholy, chlorované uhlovodíky apod. (Pastuszek, 2006).

5.2. Metody sanace vod *ex situ*

Při uplatnění metod *ex situ* čili mimo místo, se podzemní voda sanuje mimo horninové prostředí. Tyto metody se zaměřují převážně na kontaminanty rozpustné ve vodě nebo na kontaminanty přítomné ve volné fázi. Většinou se metody *ex situ* používají v kombinaci s metodami *in situ*. V poslední době jsou více

upřednostňovány metody *in situ*. Metody *ex situ* jsou zpravidla oproti *in situ* finančně náročnější. Čerpání vody z horninového prostředí a následná instalace vhodného technologického zařízení může být ekonomicky nevýhodná (Matějů, 2006).

I technologie *ex situ* lze dělit na biologické a fyzikálně-chemické metody.

5.2.1. Biologické metody *ex situ*

- Bioreaktory: Principem bioreaktoru je vyčerpání znečištěné vody na povrch a následný transport do bioreaktoru. V něm dochází k biologickým přeměnám díky mikroorganismům. Po použití bioreaktoru je voda čistá a bez toxických produktů. Tento způsob sanace se nejčastěji využívá k odstranění těžkých organických látek a ropných látek. U důlních vod se využívají například bioreaktory s bakteriemi, které dokáží redukovat sulfáty (Matějů, 2006).
- Umělé mokřady: Jsou svou funkcí a vzhledem totožné s přírodními mokřady, pouze jsou vytvořené člověkem. V mokřadech se v symbióze s vodními rostlinami daří mnoha mikroorganismům, které svou činností čistí vyčerpanou podzemní vodu od kontaminantů, jako jsou například těžké chlorované uhlovodíky, chlórbenzen, kovy i anorganické látky (dusičnany, fosfor, sírany). Na principu umělého mokřadu také fungují kořenové čistírny odpadních vod. Nejčastěji se používají v domácnostech, ale je možné je využít i v menších obcích, kde dosud není vyřešena centrální kanalizace (Slaninka a kol., 2010).



Obrázek 3: Kořenová čistírna odpadních vod (autor: Petra Innemanová)

5.2.2. Fyzikálně chemické metody *ex situ*

Fyzikálně chemické metody oproti biologickým jsou v *ex situ* režimu více významné, neboť bývají při čištění čerpané znečištěné vody efektivnější.

- **Air stripping:** Jedná se o proces, při kterém těkavé látky rozpuštěné ve vodě přecházejí z kapalné fáze do plynné. Plynným médiem je atmosférický vzduch nebo vodní pára, pokud je zapotřebí vyšší teplota pro odstranění méně těkavých látek. Stripovacími zařízeními jsou vertikální (stripovací věže) a horizontální provzdušňovače. Air stripping se považuje za nejlepší dostupnou technologii, která dokáže odstranit prakticky všechny těkavé organické látky (Charvát, 2006).
- **Adsorpce a absorpce:** Adsorpce vzniká na místě, kde se stýká kapalná fáze nebo plynná fáze s pevnou fází. Jedná se tzv. mezifázové rozhraní. Při tomto procesu dochází k akumulaci adsorbátu na povrchu adsorbentu. Po určité době dochází k ustavení tzv. adsorpční rovnováhy, při které se již koncentrace adsorbátu ve vodném prostředí výrazně nemění, pouze kolísá kolem jedné hodnoty. K adsorpci se nejčastěji využívá aktivní uhlí, které je hlavně aplikováno pro odstranění zbytků znečišťujících látek.

K absorpci čili k pohlcování dochází u hmoty, která přechází mezi plynnou a kapalnou fází. I u absorpce dochází k absorpční rovnováze.

Tyto metody se využívají k odstranění organických látek (pesticidy, herbicidy) (Přikrylová 2006).

- **Chemická oxidace:** Za přítomnosti silného oxidačního činidla (manganistan draselný, Fentonovo činidlo atd.) dochází k oxidaci organických polutantů na netoxické nebo méně toxické látky. Chemická oxidace se používá pro eliminaci ropných a monoaromatických uhlovodíků, chlorovaných uhlovodíků, herbicidů, PCB, PAU (Matějů, 2006).
- **Sanační čerpání:** Jedná se o nejzákladnější a nejstarší sanační metodu. Aby bylo čerpání co nejefektivnější, dochází k navázání na další sanační metody, které následně podzemní vodu přečišťují.

Ze saturované zóny horninového prostředí se pomocí čerpadel a turbín transportuje podzemní voda do jednotky přečištění. Metody čištění mohou být gravitační (sedimentace, odstředění, gravitační odloučení), fyzikálně chemické (filtrace, adsorpce, stripování, neutralizace, oxidace) a biologické (aerobní a anaerobní bioreaktory) (Polenka, 2006).

- Srážení: Technologie, při které se ze sanačního roztoku vyloučí polutanty ve formě sraženiny. Ke srážení může docházet během změny teploty nebo při oxidačně redukčních podmínkách. Srážením lze odstranit prakticky všechny znečišťující látky (Dubánek, 2006).
- Koagulace: Tato technologie je zaměřena na odstraňování polutantů, které jsou tvořeny termodynamicky nestálými disperzemi. Jedná se o tzv. koloidní soli, což jsou jíly, hydroxidy nebo sulfidy kovů. Polutanty mohou být i stále disperzní soustavy jako jsou molekulární nebo micelární koloidy z podzemních, povrchových nebo technologických vod. Součástí koagulace je flokulace čili vločkování (Dubánek, 2006).
- Flotace: Proces, při kterém se odděluje pevná fáze od fáze kapalné. Přidáním koagulantu jsou rozptýlené látky ve vodě sráženy do vloček. Proudem vzduchových mikrobublinek jsou vločky vyneseny na hladinu, které se pak odstraňují např. stíráním (Envipur, 2022). Flotací se hlavně odstraňují tuky, chladicí nebo řezné kapaliny a ropné látky. Použitelnost flotace je zejména v potravinářském, textilním, papírenském, chemickém a metalurgickém průmyslu (Dubánek, 2006).
- Výměna iontů: Proces, při kterém jsou nežádoucí ionty ve vodě zaměněny za neškodné. K iontové výměně se využívá aktivovaný iontoměnič, který je přírodní nebo uměle připravovaný. Ionтомěnič se využívá pro odstraňování polutantů v iontové formě, v komplexech nebo i v organických sloučenin (Dubánek, 2006).

5.3. Historie sanačních metod v ČR a ve světě

O životní prostředí se začala lidská společnost více zajímat od 60. let minulého století. Jednalo se spíše o poznatky a názory z teoretického hlediska, ale pomohlo to k dalším, už konkrétním postupům. V 80. letech se již začala využívat teorie v praxi, zejména realizací technologií, které vedly k ozdravení zdevastované krajiny. Největší rozmach sanačních technologií začal v USA a v Kanadě.

V České republice se začaly technologie využívat až po roce 1989, kdy došlo k privatizaci podniků. Jako první technologie se uplatňovalo tzv. čerpání (*ex situ*). Jednalo se o ekonomicky nenáročnou metodu, ale neměla tak efektivní účinky jako metody *in situ*, které se v ČR vyvinuly o něco později. Z metod *in situ* se hlavně kolem roku 2000 používala chemická oxidace, ale později se začalo přiklánět spíše k reduktivní metodě (Slouka a Beneš, 2016).

5.4. Výzkum a vývoj nových metod sanace

V 60.-80. letech minulého století nastal velký převrat v průmyslu. Ekonomické zájmy byly ve společnosti na prvním místě, aniž by se bral ohled na životní prostředí. Například v zemědělském průmyslu se začalo používat enormní množství chemických hnojiv a pesticidů, díky kterým měli zemědělci větší úrodu, a tedy i větší zisk. Nebyly však uvažovány případné dopady chemických látek na půdu a živé organismy. Kvůli tomuto nevhodnému zacházení vzniklo obrovské množství starých ekologických zátěží. V posledních desetiletích 20. století se začaly SEZ inventarizovat a odstraňovat a byly zahájeny první výzkumy v oboru sanačních technologií. Aplikovaný výzkum v tomto oboru je podporován různými institucemi státní správy a grantovými agenturami. Na aplikovaném výzkumu se kromě vědeckých institucí také aktivně podílejí samotné sanační firmy. Každý rok se konají mezinárodní a národní konference, které umožňují sdílení nových poznatků mezi odbornou veřejností, zejména zástupci státní správy a realizátory sanačních prací, z navrhovaných projektů a z realizací sanačních postupů na znečištěných lokalitách.

5.4.1. Podpora výzkumu sanačních metod v rámci ČR

Podporu výzkumu a vývoje sanačních technologií poskytují zejména tyto orgány státní správy: Ministerstvo životního prostředí (MŽP), Ministerstvo zemědělství (MZe), Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO), Ministerstvo zdravotnictví (MZ), Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy (MŠMT), Ministerstvo vnitra (MV). Podpora aplikovaného výzkumu v oblasti ochrany životního prostředí je dnes téměř výhradně koordinována prostřednictvím Technologické agentury ČR (TAČR). Většina projektů aplikovaného VaV je navíc spolufinancována příjemci podpory (soukromý sektor).

5.4.2. Dostupné zdroje informací o inovativních sanačních metodách

5.4.2.1. Databáze CEP, RIV a Starfos

Zdroje informací o inovativních sanačních metodách existují jak v knižní, tak i v digitální podobě. Digitálními zdroji jsou dvě velké databáze CEP a RIV. Databáze CEP i RIV spadají pod Ministerstvo práce a sociálních věcí (MPSV) a poskytují přehled o projektech VaV úplně nebo částečně podporovaných z veřejných rozpočtů v ČR. V databázi CEP se nalézají informace o cílech řešení projektu, účastnících projektu, výši poskytnuté podpory, hodnocení ukončeného projektu a informace

o výsledcích projektu v RIV. Databáze RIV je provázána spolu s CEP. Registr informací o výsledcích výzkumu, vývoje a inovací slouží k hodnocení a základnímu přehledu o tom, jak byl projekt úspěšný. Vedle databáze CEP a RIV je dále možné vytěžovat databázi Starfos, kterou spravuje TAČR. Tato databáze je zaměřena výhradně na sběr výsledků, které byly uplatněny v praxi. Jedná se tedy o jakousi zpětnou vazbu, s jakou úspěšností jsou jednotlivé výsledky aplikovaného výzkumu implementovány v soukromém sektoru a státní správě.

5.4.2.2. Další zdroje informací o výsledcích aplikovaného VaV

Nedílnou součástí výzkumu a vývoje sanačních technologií jsou konference. V ČR jsou „Sanační technologie a Inovativní sanační technologie“, které jsou organizovány společností Vodní zdroje Ekomonitor. Tato společnost se zároveň sama podílí na sanačních projektech.

Další konferencí, která se zabývá sanačními technologiemi je „Týden výzkumu a inovací pro praxi (TVIP)“ pořádaná Českým ekologickým centrem, z. s. (CEMC) a konference „Průmyslová ekologie“, kde organizátorem je společnost Exponex s. r. o..

Pro český výzkum sanačních technologií je zajímavým zdrojem konference „Odpadové vody“, která se koná ve Slovenské republice.

Na mezinárodní úrovni je známá konference RemTech (The Remediation Technologies) a konference CHISA (Czech Society of Chemical Engineering), která se koná v České republice.

Dle ústního sdělení zástupců agentury CENIA mohou být potenciálním zdrojem informací a uplatnění nově vyvinutých metod v praxi závěrečné zprávy ze sanačních akcí, které byly financovány ze státního rozpočtu. Tyto zprávy povinně archivuje MŽP.

6. Cíl práce

Cílem teoretické části práce bylo uvedení do problematiky a vytvoření přehledu stávajících metod využívaných v sanačních praxi nejen na území ČR.

Cílem praktické části bylo vyhledání maximálního počtu relevantních projektů a jejich výsledků vytvořených v časovém období 2010-2021, se zaměřením na sanace podzemních a odpadních průmyslových vod.

Pro vyhledávání těchto projektů posloužily databáze CEP, RIV a Starfos. U nalezených projektů bylo vyčísleno množství úspěšně dosažených aplikovaných výsledků. Byly hodnoceny pouze takové druhy aplikovaných výsledků (například patent, ověřená technologie, certifikovaná metodika apod.), které lze přímo uplatnit v sanační praxi. Z úspěšně dosažených aplikovaných výsledků byly dále pomocí databáze Starfos identifikovány takové výsledky, které byly již reálně implementovány do praxe. Dílčím cílem práce bylo dále ověřit ochotu sanačních firem poskytovat konkrétní informace, zaměřené na předem vytipované implementované výsledky. K tomu účelu byl vytvořen návrh dotazníku, který je společně s příkladem odpovědí součástí praktické části.

7. Praktická část

Praktická část spočívala ve vytěžování databází CEP, RIV a Starfos za účelem vytvoření přehledného seznamu projektů aplikovaného VaV vzniklých od roku 2010 do současnosti, které se zabývaly inovací stávajících nebo vývojem nových sanačních metod podzemní a odpadní průmyslové vody. U každého takto vybraného projektu byl vytvořen seznam nově vzniklých výsledků s přímým aplikačním potenciálem. Dále bylo zhodnoceno, jak se daří vybraným typům aplikovaných výsledků implementovat do sanační praxe.

7.1. Metodika sběru dat

Ke sběru dat byly využity veřejně dostupné databáze CEP, RIV a Starfos. V prvním kroku byly z databáze Starfos vyfiltrovány projekty aplikovaného VaV, jejichž výsledky již byly implementovány v praxi. Tyto informace čerpá agentura TAČR, která databázi provozuje, z tzv. implementačních zpráv. Implementační zprávu je příjemce podpory povinen vyplňovat a zadávat do systému vždy první, druhý a třetí rok po ukončení řešení každého projektu VaV. Agentura tak získává zpětnou vazbu o úspěšnosti přenášení výsledků VaV do praxe. Pomocí klíčových slov a jejich kombinací (sanace podzemní vody, odpadní voda, sanace vod, remediace podzemní vody, sanační technologie pro podzemní vodu) došlo k vyfiltrování poměrně velkého množství projektů (řádově tisíce). Doba řešení projektů byla pro potřeby této práce zúžena na období 2010-2021.

Byly hodnoceny pouze takové druhy výsledků, které mají přímý aplikační potenciál:

- N- schválená, certifikovaná nebo akreditovaná metodika
- G- prototyp/funkční vzorek
- F- užitný/průmyslový vzor
- Z- poloprovoz/ověřená technologie
- H- výsledek promítnutý například do právních předpisů
- R- software
- P- patent

(TAČR, 2018)

Jako relevantní poskytovatele podpory byly vybrány takové instituce, které pravidelně vypisují programy podpory zaměřené na ochranu životního prostředí (TAČR, MŠMT, MZe, AVČR, MV, MŽP, MPO). Výsledky typu Ostatní (O) nebo

Publikační výsledky (J) nebyly v tomto výzkumu podstatné, a proto byly vynechány, stejně tak poskytovatele podpory jako např. Ministerstvo zdravotnictví apod. Po zadání požadavků došlo k vyfiltrování výsledků, který se již podařilo uplatnit v praxi. Po rozkliknutí výsledku bylo možné dohledat identifikační údaje projektu, během jehož řešení daný výsledek vznikl. Kód projektu byl následně zadán do databáze CEP a tím byly získány další údaje o projektu (příjemce podpory, spolupříjemci, úspěšnost řešení atd.). Následně byl pomocí databáze RIV, zkompletován úplný seznam výsledků aplikovaného výzkumu vzniklých v rámci řešení daného projektu. Příklad práce s databázemi je ilustrován na Obrázcích I-1 až I-4 v Příloze I.

6.2. Třídění dat

Při práci s databází Starfos došlo u téměř každého klíčového slova k vygenerování více než 2000 výsledků. Z nich byly vyfiltrovány předvolené typy výsledků a těm následně přiřazeny projekty, při jejichž řešení výsledky vznikly. Protože v rámci jednoho projektu většinou vznikne více výsledků aplikovaného výzkumu (někdy i několik desítek), bylo identifikovaných projektů méně než původně vyfiltrovaných výsledků. Tyto údaje jsou přehledně shrnuty v Tabulce č. II-1. (Příloha II).

U každého zapsaného projektu je název, klíčové slovo, doba řešení, identifikační kód, příjemce, další účastníci, médium, počet výsledků, počet aplikovaných výsledků daného druhu (P, Z, G, F, H, N, R), počet uplatněných výsledků, odkaz na uplatněné výsledky.

V Tabulce č. II-2. (Příloha II) byl zhodnocen počet aplikovaných a uplatněných výsledků daného druhu. Data z této tabulky byla použita k výpočtu procentuálního podílu každého aplikovaného výsledku v celkovém součtu aplikovaných výsledků a procentuálního podílu uplatnění výsledku v celkovém součtu uplatněných výsledků. Tyto výpočty jsou shrnuty v Tabulce č. 1.

6.3. Získané výsledky

Pomocí výše popsané metody bylo identifikováno 93 projektů, zaměřených na vývoj sanačních metod podzemních a průmyslových odpadních vod. Při řešení těchto projektů vzniklo celkem 2081 aplikovaných výsledků. Z této sumy je 767 aplikovaných výsledků druhu P, Z, G, F, H, N, R. Podle databáze Starfos bylo z tohoto množství úspěšně uplatněno v praxi 304 výsledků.

V rámci výzkumu byly identifikovány projekty s největším počtem uplatněných výsledků. Jedná se o „Čištění odpadních vod v integrovaném biotechnologickém systému (FR-TI3/778)“ (15 výsledků), „Anaerobní separátor nerozpuštěných látek a nutrientů (TA02021032)“ (13 výsledků) a „Výzkum možností optimalizace provozu a zvýšení účinnosti čištění odpadních vod z malých obcí pomocí extenzivních technologií (TA02020128)“ (10 výsledků).

Tabulka 1: Počet aplikovaných a uplatněných výsledků a jejich procentuální zastoupení

Druh výsledku	Počet aplikovaných výsledků	Počet uplatněných výsledků	Procentuální podíl aplik.výsledku v celkovém součtu apl. výsledků [%]	Procentuální podíl uplatněného výsledku v celk. součtu upl. výsledků [%]	Procentuální úspěšnost uplatnění daného aplikovaného výsledku [%]
P	57	19	7,4	6,3	33,3
Z	190	94	24,8	30,9	49,5
F	132	68	17,2	22,4	51,5
G	302	91	39,4	29,9	30,1
H	6	3	0,8	1,0	50,0
N	59	26	7,7	8,6	44,1
R	21	3	2,7	1,0	14,3
Celkem	767	304			39,6

6.4. Návrh dotazníku pro oslovení sanačních firem a získání zpětné vazby

V rámci praktické části byl také vytvořen kvalitativní dotazník, jehož obsahem byly otázky na jeden konkrétní, předem vytipovaný výsledek daného projektu, který byl dle databáze Starfos již úspěšně implementován v praxi. Tímto dotazníkem bylo osloveno 6 kontaktů, z nichž pouze dva poskytli vyžádané informace.

Jednalo se o zástupce společnosti EPS biotechnology, s.r.o., která se podílela na řešení projektu „Pokročilé technologie lithotrofní imobilizace a anaerobní bioremediace pro nápravu a prevenci škod na životním prostředí“ (TA04020258) a společnosti GEOTest, a.s., která se podílela na řešení projektu „Aplikace odpadních modifikovaných biomateriálů pro čištění důlních vod“ (TJ01000015).

Dotazník sloužil k odhadu ochoty soukromých subjektů sdílet informace o uplatněných výsledcích jejich vlastního výzkumu a vývoje. Otázky byly formulovány tak, aby bylo možné rámcově posoudit potenciál nově vyvinuté metody/technologie při realizaci budoucích nápravných opatření.

Společnosti byly dotazovány na:

1. Dle databáze Starfos již došlo k uplatnění výsledku (technologie/metody) v praxi. Jaký typ znečištění je touto metodou odstraňován a je metoda využitelná i na jiné druhy znečištění? Pokud ano, prosím uveďte jaké.
2. Pokud je to možné, uveďte konkrétní zakázku a množství zpracovaného odpadu, případně jednotkovou cenu za sanaci.
3. Je v této fázi implementace metody možné konstatovat, že její využití v reálném měřítku je úspěšné?
4. Představuje nově vyvinutá metoda konkurenční výhodu pro organizaci při účasti na veřejných zakázkách?
5. Je možné konstatovat, že se jedná nebo pravděpodobně bude jednat o BAT (Best Available Technique – Nejlepší dostupná technika) pro dané znečištění a typ matrice?
6. Jaké jsou silné a slabé stránky použití metody ve srovnání s již používanými metodami?

6.5. Získané odpovědi v dotazníkovém šetření

Dotazník pro účely přípravy Bakalářské práce „Pokroky aplikovaného výzkumu v oblasti sanace kontaminovaných podzemních a průmyslových vod“

Technologie: **Kombinovaná technologie pro anaerobní odstranění ropných a chlorovaných uhlovodíků (EPS-ANAREM)**

(Projekt TA04020258: **Pokročilé technologie lithotrofní imobilizace a anaerobní bioremediace pro nápravu a prevenci škod na životním prostředí**)

1. Dle databáze Starfos již došlo k uplatnění výsledku (technologie/metody) v praxi. Jaký typ znečištění je touto metodou odstraňován a je metoda využitelná i na jiné druhy znečištění? Pokud ano, prosím uveďte jaké.

Používá se na BTX, ropné uhlovodíky. Obecně pro organické znečištění.

2. Pokud je to možné, uveďte konkrétní zakázku a množství zpracovaného odpadu, případně jednotkovou cenu za sanaci.

Unipetrol Litvínov

3. Je v této fázi implementace metody možné konstatovat, že její využití v reálném měřítku je úspěšné?

ANO

4. Představuje nově vyvinutá metoda konkurenční výhodu pro organizaci při účasti na veřejných zakázkách?

ANO

5. Je možné konstatovat, že se jedná nebo pravděpodobně bude jednat o BAT (Best Available Technique – Nejlepší dostupná technika) pro dané znečištění a typ matrice?

Částečně

6. Jaké jsou silné a slabé stránky použití metody ve srovnání s již používanými metodami?

Silné

- Nízké náklady

- Jednoduchá aplikace

Slabé

- Delší čas sanace

(Ing. Petr Beneš, PhD., 2022)

Dotazník pro účely přípravy Bakalářské práce „Pokroky aplikovaného výzkumu v oblasti sanace kontaminovaných podzemních a průmyslových vod“

Technologie: **Zařízení pro dočišťování důlních vod (Užitný vzor-Technické řešení)**

(Projekt TJ01000015: **Aplikace odpadních modifikovaných biomateriálů pro čištění důlních vod**)

1. Dle databáze Starfos již došlo k uplatnění výsledku (technologie/metody) v praxi. Jaký typ znečištění je touto metodou odstraňován a je metoda využitelná i na jiné druhy znečištění?

Bylo využito spíše technologické zařízení jako takové. Kolony nebyly naplněny materiálem na bázi biocharu modifikovaného podvojnými vrstevnatými Fe-Mg hydroxidy (BC-LDH), jak je uvedeno v dokumentu Užitného vzoru, ale byl testován jiný sorpční materiál na bázi přírodních zeolitů. Takže spíše byla využita konstrukční složka Užitného vzoru. Zeolity byly testovány na kyselých důlních vodách za účelem odstranění Cu.

2. Pokud je to možné, uveďte konkrétní zakázku a množství zpracovaného odpadu, případně jednotkovou cenu za sanaci.

Jedná se o technologické zařízení, které je určeno hlavně pro pilotní testování nových materiálů anebo pro čištění objemů vod do max 1 m až 3 m. Nejedná se tedy o velkokapacitní technologickou jednotku, kterou by bylo možné provádět nějaké sanace. Konkrétní zakázka popsaná výše se týkala výzkumného projektu řešeného na Univerzitě Komenského v Bratislavě, kdy potřebovali pilotně ověřit zmíněné

zeolity a věděli, že disponujeme zařízením, které je schopné testy tohoto typu provádět, a to přímo na lokalitě. Množství přečištěné vody se pohybovalo okolo 2 m³ za 4-5 dnů provozu. Jednotkovou cenu není možné určit.

3. Je v této fázi implementace metody možné konstatovat, že její využití v reálném měřítku je úspěšné?

Co se týká kompletního Užitného vzoru, tj. technologického zařízení, kdy sorpční kolony jsou naplněny materiálem BC-LDH, tak toto nebylo po ukončení projektu dále testováno především pro časovou a ekonomickou náročnost výroby sorpčního materiálu. Tedy z tohoto pohledu ne. Samotné technologické zařízení bylo úspěšně využito a je zde potenciál pro další použití.

4. Představuje nově vyvinutá metoda konkurenční výhodu pro organizaci při účasti na veřejných zakázkách?

Opět, pokud se podíváme na komplexní metodu (technologické zařízení + materiál BC-LDH), tak nikoliv, avšak samotné technologické zařízení umožňuje provádět pilotní testy i s jinými materiály a v tomto ohledu to určitě výhoda je. Obávám se však, že nedosahuje takové úrovně, která by hraničila s konkurenční výhodou.

5. Je možné konstatovat, že se jedná nebo pravděpodobně bude jednat o BAT (Best Available Technique – Nejlepší dostupná technika) pro dané znečištění a typ matrice?

Určitě ne, zde hraje roli, jak už bylo zmíněno, poměrně časově i ekonomicky náročný proces přípravy BC-LDH.

6. Jaké jsou silné a slabé stránky použití metody ve srovnání s již používanými metodami?

Slabé stránky byly již popsány – časově i ekonomicky náročný proces přípravy BC-LDH. Silné stránky spočívají za jistých okolností v tom, že spojení uhlikaté matrice (biochar) a kovových vrstevnatých hydroxidů (LDH-Fe, Mg) může navyšovat účinnost odstraňování některých kovů a metaloidů z vod v jednom kroku. Jinými slovy, některé prvky se lépe sorbují na uhlikatou matici jiné zase lépe na hydroxidy Fe a Mg. Spojením obou materiálů se tak teoreticky může odstraňovat širší portfolio kovů a metaloidů během jednoho procesu. Avšak záleží na mnoha dalších okolnostech...

(Ing. Petr Lacina, PhD., 2022)

7. Diskuze

Během práce s databázemi CEP, RIV a Starfos bylo zjištěno, že při zadání zvolených klíčových slov a jejich kombinací dojde k vyfiltrování velkého množství výsledků a projektů, které nespĺňují zvolená kritéria, tj. týkají se například ochrany povrchových vod, čištění komunálních vod apod.. Proto bylo nutné jednotlivé projekty/výsledky individuálně posoudit a vybrat jen ty relevantní. Během výzkumu bylo identifikováno 767 aplikovaných výsledků u P, Z, F, G, H, N a R vzniklých v období od roku 2010. Z toho bylo 304 výsledků uplatněno v praxi, dle údajů poskytnutých příjemci podpory agentury TAČR. Je možné, že se tento údaj může nepatrně lišit, pokud by k vyhledávání projektů nebo výsledků byla použita jiná kombinace klíčových slov. Ze zkušenosti s vyhledáváním v databázích však vyplývá, že další změnou klíčových slov vztahujících se na danou oblast výzkumu, došlo k opětovnému vyfiltrování projektů, které již byly předem identifikovány.

Při analýze získaných údajů bylo zjištěno, že nejčastěji zastoupeným aplikovaným výsledkem v celkovém součtu sledovaných výsledků byl G-prototyp/funkční vzorek (39,4 %), Z-poloprovoz/ověřená technologie (24,8 %) a F-užitný/průmyslový vzor (17,2 %). Tento poměr se však mění u výsledků reálně uplatněných v praxi. Tam je nejvíce zastoupený výsledek typu Z (30,9 %), poté G (29,9 %) a následuje F (22,4 %) jehož relativní zastoupení v celkovém množství sledovaných uplatněných výsledků mírně stouplo.

Nejméně zastoupeným aplikovaným výsledkem je s 0,8 % H-výsledek promítnutý například do právních předpisů. Nejmenší podíl u uplatněných výsledků byl zjištěn pro typy H a R-software, kde oba představují 1 % z celkového počtu sledovaných uplatněných výsledků.

Během tohoto výzkumu byla zaznamenána kulminace počtu projektů zaměřených na sanaci podzemních a průmyslových odpadních vod v období 2012-2015. Nejčastějším příjemcem byly společnosti Dekonta, a.s. a ASIO-TECH, spol. s.r.o.

Z výsledků uvedených v Tabulce č. 1 je také patrné, že nejúspěšnější implementace do praxe byla zaznamenána u výsledků druhu F a H, protože z počtu aplikovaných výsledků se jich uplatnilo v praxi více než 50 %. Dále byla pozorována vysoká úspěšnost uplatnění u výsledků druhu Z (49,5 %) a N (schválená, certifikovaná nebo akreditovaná metodika) (44,1 %). Nejnižší procentuální úspěšnost praktického uplatnění byla zjištěna u výsledku typu

R (14,3 %). Celkově se z počtu aplikovaných výsledků reálně uplatnilo v praxi 39,6 %.

Je však nutné zdůraznit, že výsledky byly získány na základě dat, která jsou dostupná z veřejných databází. Zejména pak databáze Starfos představuje zpětnou vazbu od firem, nakolik se daří výsledky aplikovaného výzkumu a vývoje uplatnit v praxi. Aby bylo možné vytvořit ucelený seznam inovativních technologií vzniklých po roce 2010, které jsou skutečně konkurenceschopné a představují přínos pro sanační praxi, bude nutné doplnit stávající šetření o další kroky. Jedním z možných postupů je dotazníkové šetření. V této práci byl vytvořen návrh kvantitativního dotazníku, který je zaměřen vždy na jeden konkrétní výsledek. Osloven byl pak tvůrce tohoto výsledku. Tato bakalářská práce si kládla za cíl především otestovat ochotu soukromých subjektů poskytovat dílčí data o daném výsledku. Ze získané zpětné vazby (odpověděli 2 ze 6 oslovených) vyplývá, že bude nutné k úplné inventarizaci inovativních sanačních metod využít ještě jiné zdroje. Těmi mohou být sborníky odborných konferencí, případně archiv závěrečných zpráv z ukončených sanací MŽP. Důvodem neochoty odpovídat na dotazník může být ochrana informací o daném výsledku před konkurencí, nebo nedostatečná časová kapacita na vyplnění dotazníku. Možným zdrojem informací by proto mohl být modifikovaný dotazník, který bude méně konkrétní a jeho vyplnění nebude časově náročný.

Podobným výzkumem týkající se inventarizace dostupných inovativních řešení pro kontaminované lokality se zabývala v letech 2005-2008 Evropská komise, která vytvořila projekt EuroDemo. Díky tomuto projektu byly shrnuty informace a data o inovativních technologiích, demonstrační projekty a možné zdroje financování dostupné na jednom centrálním místě (Müller, 2008). Dalším dostupným zdrojem inovativních řešení je Publikace o sanačních technologiích pro čištění kontaminovaných míst (Publications on Remediation Technologies for Cleaning Up Contaminated Sites), která vznikla pod Agenturou pro ochranu životního prostředí USA (EPA). Publikace obsahuje studie o sanačních technologiích, kdy cílem bylo zdokumentovat výsledky a poučení z raných technologických aplikací. Studie pomohou tak stanovit srovnávací údaje o nákladech a výkonu, co by mělo vést k lepšímu výběru sanační technologie pro danou kontaminovanou lokalitu (EPA, 2022).

V České republice se doposud inventarizací inovativních řešení pro kontaminované lokality zabývá pouze projekt „Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost“.

8. Závěr

V bakalářské práci „Pokroky aplikovaného výzkumu v oblasti sanace kontaminovaných podzemních a průmyslových vod“ byla provedena inventarizace projektů aplikovaného výzkumu a vývoje v ČR, které se zabývají inovativními sanačními technologiemi podzemní vody a odpadní průmyslové vody od roku 2010.

Vytěžování databází CEP, RIV a Starfos bylo vyfiltrováno celkem 93 projektů aplikovaného výzkumu a vývoje, v rámci jejichž řešení vzniklo 767 relevantních aplikovaných výsledků. Nejvíce zastoupeným aplikovaným výsledkem je výsledek typu G (prototyp/funkční vzorek) a nejméně zastoupeným je typu H (výsledek promítnutý například do právních předpisů). Pomocí databáze Starfos bylo zjištěno, že z uvedených 767 výsledků jich bylo 304 uplatněno v praxi. Zde převažovaly výsledky typu Z (poloprovoz/ověřená technologie) a G.

V závěru praktické části byl vytvořen kvantitativní dotazník, který poukázal na ochotu soukromých subjektů o poskytnutí podrobnějších informací o konkrétním výsledku. Z šesti oslovených subjektů odpověděly pouze dva. Podle této reakce na dotazník bude v dalším procesu inventarizace a získání informací potřeba využít jiné zdroje. Dále je možné uvažovat o dotazníku s méně konkrétními otázkami.

Tato inventarizace, která je součástí projektu č. SS02030008, by měla spolu s výsledky navazujících prací pomoci snazšímu výběru vhodné sanační metody pro danou kontaminovanou lokalitu. Pro potřeby státní správy jsou získané informace využitelné při zadávání státních zakázek v oboru odstraňování ekologických škod.

Seznam použitých zdrojů

Černá, M., Dubánek, V., Herčík, F., Charvát, T., Kvapil, P., Matějů, V., Pastuszek, F., Polenka, M., Příkrylová, V., Řičíca, J., Veselá, L. (2006): Technologie čištění podzemní vody a průsakových vod, Burkhard, J. a kol., Kompendium sanačních technologií, Ekomonitor, Praha, s. 86-168.

Fried, J. J. (1975): Groundwater pollution, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, s. 327.

Gidakos, E., Aivalioti, M. (2007): Large scale and long term application of bislurping: The case of a Greek petroleum refinery site, Journal of Hazardous Materials, 149, č. 3, s. 574-581.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.06.110>

Holoubek, I. (2000): Polychlorinated Biphenyls (PCBs), World-Wide Contaminated Sites, č. 173, s. 1-36.

Dostupné z: <https://www.academia.edu/download/37707746/tocoen-report-173-id438.pdf>

Chukwunonso, O., Azid, A., Auwalu, H., Fauziah, S.H. (2020): Remediation of soil and water contaminated with petroleum hydrocarbon, Environmental Technology, 17, č. 100526, s. 1-42.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100526>

Kačaroglu, F. (1999): Review of Groundwater Pollution and Protection in Karst Areas, Water, Air, and Soil Pollution, č. 113, s. 337-356.

Dostupné z: [Review of Groundwater Pollution and Protection in Karst Areas | SpringerLink](#)

Manoli, E., Samara, C. (1999): Polycyclic aromatic hydrocarbons in natural water: sources, occurrence and analysis, Trends in Analytical Chemistry, 18, č. 6, s. 417-428.

Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(99\)00111-9](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(99)00111-9)

Meadowcroft, J. (2002) Politics and scale: some implications for environmental governance, Landscape and Urban Planning, 61, č. 2-4, s. 169-179.

Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00111-1](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00111-1)

Motlagh, A., M., Yang, Z., Saba, H. (2020): Groundwater quality, Water Environment Research, 92, č. 10, s. 1649-1658.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/wer.1412>

Müller, D. (2008): European Platform for Demonstration of Efficient Soil and Groundwater Remediation, EURODEMO (GOCE 3985) – Publishable final activity report, s. 11.

Dostupné z: https://cordis.europa.eu/docs/results/3/3985/124584821-6_en.pdf

Ongley, E. D. (1996): Control of water pollution from agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, s. 51.

Dostupné z:

<https://books.google.com/books?hl=cs&lr=&id=LxJsTnFoGagC&oi=fnd&pg=PA4&dq=+water+pollution+from+agriculture&ots=AU4nCOzx1a&sig=bfryovuayPY5y6kACrhRIPMCjAo>

Slaninka, I., Kordík, J., Mikita, S. (2010): Metódy sanácie vod, Frankovská, J. a kol., Atlas sanačných metód environmentálnych záťaží, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava, s. 160-253.

Slouka, J. Beneš, P. (2016): Základy remediácie kontaminovaného pôdného prostredia, Vodní zdroje Ekomonitor spol. s.r.o., Chrudim. s. 95.

SU, N., MIAO, B., LIU, F-S. (2002): Effect of wash water and underground water on properties of concrete, Cement and Concrete Research, 32, č. 5, s. 777-782.

Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(01\)00762-1](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(01)00762-1)

Suchánek, Z., Bukáček, R., Řeřicha, J. (2011): Projekt NIKM: Národní inventarizace kontaminovaných míst (1. etapa) v druhé polovině, CENIA, č. 19, s. 323-329.

Dostupné z: [PROJEKT NIKM NÁRODNÍ INVENTARIZACE KONTAMINOVANÝCH MÍST \(1. ETAPA\) V DRUHÉ POLOVINĚ. Zdeněk Suchánek, Roman Bukáček, Jaroslav Řeřicha - PDF Free Download \(adoc.pub\)](#)

Tariq, M., Shah, Z. (2005) Characteristics of industrial effluents and their possible impacts on quality of underground water, Department of Soil and Environmental Sciences, č. 25 (1), s. 64-69.

Dostupné z: [Microsoft Word - 64-69 Tariq Ali Shah.doc \(researchgate.net\)](#)

Vaněk, T. a kol. (2017): Fytoremediace a možnosti její aplikace, Věda kolem nás, 1, č. 12215, s. 28.

Dostupné z: [VKN64 Fytoremediace_vnitrek_zlom_ZM.indd \(academia.cz\)](#)

Další webové zdroje

Benediktová, J., (2022): Kontaminace se v Česku zřejmě týká 10 tisíc míst, naléhavé řešení je nutné u čtyř set lokalit. ct24.ceskatelevize.cz [online]

Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/domaci/3457078-kontaminace-se-v-cesku-zrejme-tyka-10-tisic-mist-nalehave-reseni-je-nutne-u-ctyr-set> [cit. 27.7. 2022]

Česká informační agentura životního prostředí (2018): Ochrana vod-základní informace. cenia.cz [online]

Dostupné z: <https://helpdesk.cenia.cz/hdPublic/helpdesk/ochrana-vod/zakladni-informace-voda.html> [cit. 27.7. 2022]

Dolinová, I., a kol. (2021): Aplikace molekulárně-genetických metod. Vodní hospodářství. vodnihospodarstvi.cz [online]

Dostupné z: [Aplikace molekulárně-genetických metod — Vodní hospodářství \(vodnihospodarstvi.cz\)](#) [cit. 28.7. 2022]

Dohnal, R. (2021): Svět je konečně bezolovnatých paliv. Trvalo to 97 let. ekolist.cz [online]

Dostupné z: [Svět je konečně bez olovnatých paliv. Trvalo to 97 let - Ekolist.cz](#) [cit. 27.7. 2022]

Ekolist (2015): Chcete mít kořenovou čistírnu odpadních vod? Přečtěte si, co vás čeká. ekolist.cz [online]

Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/rady-a-navody/chcete-mit-kořenovou-cistirnu-odpadnich-vod-precete-si-co-vas-ceka> [cit. 2.8. 2022]

Envipur (2022): Flotace (DAF). Envi-pur.cz [online]

Dostupné z: <https://www.envi-pur.cz/upravny-pitne-vody-flotace-rozpustenym-vzduchem-daf/> [cit. 2.8. 2022]

EPA (2012): A Citizen's Guide to Air Stripping. epa.gov [online]

Dostupné z: [A Citizen's Guide to Air Stripping \(epa.gov\)](#) [cit. 27.7. 2022]

EPA (2022): Publications on Remediation Technologies for Cleaning Up Contaminated Sites. epa.gov [online]

Dostupné z: <https://www.epa.gov/remedytech/publications-remediation-technologies-cleaning-contaminated-sites#A-C> [cit. 3.8. 2022]

Informační systém výzkumu, vývoje a inovací (2016-2022): Centrální evidence projektů. Isvavai.cz [online]

Dostupné z: <https://www.isvavai.cz/> [cit. 3.8. 2022]

Košutová, K. (12.7. 2012): Jakou legislativou se v ČR řídí ochrana vod? Naše voda. nase-voda.cz [online]

Dostupné z: [Jakou legislativou se v ČR řídí ochrana vod? - Naše voda \(nase-voda.cz\)](#) [cit. 27.4. 2022].

Kryštofová, E. (2015): Cesta podzemní vody. Česká geologická služba. Youtube.com [online]

Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=A8i4ZSRL08U> [cit. 27.7. 2022]

Marnane, I. (2018): Rtuť: přetrvávající hrozba pro životní prostředí a lidské zdraví, Evropská agentura pro životní prostředí. europa.eu [online]

Dostupné z: [Rtuť: přetrvávající hrozba pro životní prostředí a lidské zdraví — Evropská agentura pro životní prostředí \(europa.eu\)](#) [cit. 27.7. 2022]

Ministerstvo životního prostředí (2008-2022): Povrchové vody. Ochrana vod. mzp.cz [online]

Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/povrchove_vody [cit. 27.7. 2022]

Ministerstvo životního prostředí (2008-2022): Staré ekologické zátěže, resp. kontaminovaná místa. Rizika pro životní prostředí. mzp.cz [online]

Dostupné z: [Staré ekologické zátěže, resp. kontaminovaná místa-Ministerstvo životního prostředí \(mzp.cz\)](#) [cit. 27.7. 2022]

Naše voda (2021): Rizikové prvky v českých vodách. Co bychom měli vědět o vodě. nase-voda [online]

Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/rizikove-prvky-v-ceskych-vodach/>

Součková, M. (2020): Co je podzemní voda? Český hydrometeorologický ústav. chmi.cz [online]

Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Wt-eYEDJhrk> [cit. 27.7. 2022]

SEKM 3 (2019-2022): Přehled kontaminovaných lokalit. sekm.cz [online]

Dostupné z: <https://www.sekm.cz/portal/> [cit. 27.7. 2022]

Straková, J. (2020): Perfluorované a polyfluorované látky (PFAS), Arnika, z.s. arnika.org [online]

Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/perfluorovane-a-polyfluorovane-latky-pfas>

Šrámek, M. (2015): Průmyslové vody a jejich praktické řešení. ASIO, spol. s.r.o. asio.cz [online]

Dostupné z: Průmyslové vody a jejich praktická řešení: ASIO, spol. s r.o. [cit. 27.7. 2022]

TAČR (2009): Starfos. starfos.tacr.cz [online]

Dostupné z: <https://starfos.tacr.cz/cs/search/sgfiaacm3lcq/> [cit. 27.7. 2022]

TAČR (2018): Definice výsledků podporovaných programem ÉTA. tacr.cz [online]

Dostupné z: Vysledky_podporovane_programem_eTA.pdf (tacr.cz) [cit. 27.7. 2022]

Věstník MŽP ČR (2022): Hodnocení priorit-kategorizace kontaminovaných a potenciálně kontaminovaných míst. novyepis.cz[online]

Dostupné z: file:///C:/Users/johanka/Downloads/vestnik_ministerstva_zivotniho_prostredi_%E2%80%A2_castka_1_%E2%80%A2_rok_2021.pdf [cit. 27.7. 2022]

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1: Příklad kontaminované lokality v databázi SEKM. Převzato ze SEKM (2022)	18
Obrázek 2: Vyhledávání kontaminované lokality v databázi SEKM. Převzato ze SEKM (2022)	18
Obrázek 3: Kořenová čistírna odpadních vod (autor: Petra Innemanová).....	24
Tabulka 2: Počet aplikovaných a uplatněných výsledků a jejich procentuální zastoupení.....	32

Přílohy

Příloha I

Obr. I- 1. Vyhledávání výsledků v databázi Starfos. Převzato z TAČR- STARFOS (2022).....	47
Obr. I- 2. Vložení kódu projektu do databáze CEP. Převzato z IS VaVaI (2022).....	47
Obr. I- 3. Informace o daném projektu v databázi CEP. Převzato z IS VaVaI (2022)	48
Obr. I- 4. Vyhledávání uplatněných výsledků pod kódem projektu v databázi Starfos. Převzato z TAČR- STARFOS (2022).....	48

Příloha II

Tab. II-1. Seznam projektů a relevantních výsledků v oboru sanačních metod podzemní a odpadní průmyslové vody.....	50
Tab. II- 2. Sumarizace výsledků aplikovaného VaV, které byly i) vytvořeny v rámci řešení daných projektů (Aplikované výsledky) a ii) reálně uplatněny v praxi (uplatněné výsledky).....	55


The screenshot shows the STARFOS search results page for the query "Sanace podzemních vod". The interface includes a search bar at the top with the text "Sanace podzemních vod" and a search button. Below the search bar, there are navigation tabs: "Vše", "Projekty VaVaI", "Výsledky v RIV", and "Subjekty". The "Výsledky v RIV" tab is active, displaying a bar chart for "Rok uplatnění" (Year of application) and a list of search results. The results include titles such as "Specifické mapy zranitelnosti podzemních vod pesticidy" and "Sanace Tunelů - Metodická příručka pro přípravu sanací tunelů".

Obr. I- 1. Vyhledávání výsledků v databázi Starfos. Převzato z TAČR- STARFOS (2022)

The screenshot shows the IS VaVaI search interface for project entry. The header includes the text "INFORMAČNÍ SYSTÉM VÝZKUMU, VÝVOJE A INOVACÍ" and a navigation menu with options: "Aktivity VaVaI", "Veřejné soukromé", "Projekty VaVaI", "Výsledky VaVaI", and "Přihlášení uživatele". Below the header, there are search filters: "Jednoduché vyhledávání", "Rozšířené vyhledávání", "Vyhledávání řešitelů", and "Výzkumné infrastruktury". The main form is divided into sections: "PROJEKT" with fields for "Identifikační kód" (containing "TA02021283") and "Název projektu"; "FINANCOVÁNÍ PROJEKTU" with a dropdown for "Poskytovatel" (set to "- bez omezení -"); and "KLASIFIKACE PROJEKTU" with a dropdown for "Program" (set to "- bez omezení -").

Obr. I- 2. Vložení kódu projektu do databáze CEP. Převzato z IS VaVaI (2022)

INFORMAČNÍ SYSTÉM VÝZKUMU, VÝVOJE A INOVACÍ



ARUNTY VaVal
Výzkumné infrastruktury
Projekty VaVal
Výsledky VaVal
Přihlášení uživatelů

CEA
VES
CEP
RIV

CENTRÁLNÍ EVIDENCE PROJEKTŮ

Jednoduché vyhledávání
Rozšířené vyhledávání
Vyhledávání řešitelů
Výzkumné infrastruktury

TA02021263 - INOVACE A VYUŽITÍ CÍRKULAČNÍCH VRTŮ S VLOŽENÝM REAKTOREM V SANAČNÍ GEOLOGII (2012-2015, TA0/TA) ZPĚT NA VÝSLEDKY HLEDÁNÍ ZPĚT NA HLEDÁNÍ

Identifikační kód	TA02021263
Důvěrnost údajů	S - Není předmětem státního či obchodního tajemství a data lze v souladu s právními předpisy poskytnout do veřejně přístupných informačních systémů včetně mezinárodních
Název projektu v původním jazyce	Inovace a využití cirkulačních vrtů s vloženým reaktorem v sanační geologii
Název projektu anglicky	Innovation and application of circulation wells in contaminated geology
Poskytovatel	TA0 - Technologická agentura ČR (TA, ČS)
Program	TA - Program na podporu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje ALFA (2011 - 2019)
Kategorie VaV	AP - Aplikovaný výzkum
Hlavní obor - skupina	D - Vědy o zemi
Hlavní obor	DK - Kontaminace a dekontaminace půdy včetně pesticidů
Vedlejší obor	DJ - Znečištění a kontrola vody
Další vedlejší obor	DN - Vliv životního prostředí na zdraví
Zahájení řešení	01.01.2012
Ukončení řešení	31.12.2015
Data posledního uvolnění úkolové podpory	10.03.2014
Číslo smlouvy	2012TA02021263

Obr. II- 3. Informace o daném projektu v databázi CEP. Převzato z IS VaVal (2022)

T A
Č R STARFOS

Sanace podzemních vod

Vyhledávejte v angličtině
Vyhledávejte v češtině

Vše
Projekty VaVal
Výsledky v RIV
Subjekty

Druh výsledku 2

Z - Poloprovoz, ověřená technologi... (2) +

J - Článek v odborném periodiku (1) +

O - Ostatní výsledky (1)

P - Patent (1)

Nalezeny 3 výsledky za 0,158s

Čištění podzemní vody kontaminované ropnými látkami pomocí cirkulačního vrtu
[groundwater] [circulation well] [groundwater contamination] ... Uvedená technologie čištění kontaminované vody je jednou z možných typů použití cirkulačního vrtu v sanační hydrogeologii. Je navržena pro čištění látek...
Zech | 2014 | D - Vědy o zemi

Zařízení pro dekontaminaci podzemní vody
[groundwater] [circulation well] [groundwater contamination] [in-situ reactor] ... je odstranění znečištění podzemních vod chlorovanými etheny. Zařízení tvoří hydrogeologický ... otevřeného úseku vrtu s výskytem...
P | 2015 | D - Vědy o zemi

Čištění podzemní vody kontaminované chlorovanými etheny pomocí cirkulačního vrtu s vloženým reaktorem
[groundwater] [circulation well] [groundwater contamination] [in-situ reactor] ... , jejímž účelem je odstranění znečištění podzemních vod chlorovanými etheny ... otevřeného úseku vrtu s výskytem znečištěné podzemní...
Zech | 2016 | D - Vědy o zemi

Spojovat pomocí: NEBO A

▼ TA02021263 - Inovace a využití cirkulačních vrtů

X Resetovat všechny filtry

Obr. I- 4. Vyhledávání uplatněných výsledků pod kódem projektu v databázi Starfos. Převzato z TAČR-STARFOS (2022)

Příloha II

Tab. II- 2. Sumarizace výsledků aplikovaného VaV, které byly i) vytvořeny v rámci řešení daných projektů (Aplikované výsledky) a ii) reálně uplatněny v praxi (uplatněné výsledky)

Název Projektu	Kód projektu	Počet aplikovaných výsledků	Doba řešení 2010-2021						Doba řešení 2010-2021														
			P	Z	F	G	H	N	R	P	Z	F	G	H	N	R							
Ekologické setravné nanotechnologie a biotechnologie pro čištění vod a půd	TE01020218	234	8	32	2	5											9	1	8				
Inovativní suspenze pro podporu samice hydraulickým špečením	7D16002	3																					
Funkční rozvoj bi-systémového kapalného filtru pro recyklaci procesních vod s použitím moderních metod	TH02020949	17																					
Vývoj a použití nových technologií pro monitoring životního prostředí v systému ovzdušňovací-půda	TJ02000162	12																					
Filtrační systémy s biokatalytickými aktivními nanolátkovými materiály pro úpravu vody	TH02030858	18																					
Membránové čištění odpadních vod v potravinářském průmyslu	TH02030720	5																					
Využití technologií slunce a fotochemické oxidace pro eliminaci mikropolutantů charakteru farmaceutických	EG15_019/00004571	3																					
Technická a ekonomická optimalizace terciárních technologií pro odstraňování PPCPs z odpadních vod	TH02030227	13																					
Vývoj integrované technologie pro čištění a recyklaci vod v prádelenských provozech	TJ01000144	14																					
Opatření k minimalizaci negativních vlivů plošných a bodových zdrojů N a P v zemědělských povodích:	TA04020512	8																					
Nanostrukturované filtrační materiály pro eliminaci arsenu z vod	TJ02000269	10																					
Výzkum a vývoj metod čištění průmyslových odpadních vod	EG16_084/0010271	3																					
Membránová destilace pomocí polymerních dutých vláken	TJ01000254	3																					
Vývoj kompozitních keramických membrán na bázi recyklovaných materiálů včetně jejich způsobu	FV20270	31																					
Čištění skládkových výluhů kombinovanou membránovou technologií s použitím biologických	TH01030661	12																					
Modulární systém úpravy znečištěných vod	EG15_019/00004748	4																					
Vývoj komplexního separačního zařízení pro odstranění vybraných kontaminantů z odpadních vod ražby tunelů	TJ01000062	2																					
Kombinovaná mobilní technologie pro úpravu decentralizované produkovaných obřizně	TH02030209	8																					

Tab. II-2. Pokračování

Kombinovaná sanace vod kontaminovaných rozpustnými aktivy paliv využívající nanotechnologie	EG16_084/0010305	10	4	4	2				3	2	1		
Aplikace odpadních modifikovaných biomateriálů pro čištění důlních vod	TJ01000015	5		1		1			2		1		1
Centrum kompetence pro energetické využití odpadů	TE02000236	201	6	8	7	1	8		4	2	1	1	
Elektrochemické metody čištění odpadních vod z energetického využití odpadů	TH03030388	5	1	1					2		1	1	
Aktivní nanovláknemé membrány pro čištění odpadní vody	TH01030643	9		1	4				5		1	4	
Nanoobjekty pro dekontaminaci vod	TJ01000072	6		2	2				1		1		
Udržitelná technologie pro odstranění dusičnanů ze zemědělských smyčů	QJ1520280	26	3	2	3	1			9	3	2	3	1
Vývoj pokročilě variabilní membránové technologie pro čištění různých druhů obtížně biologicky	TH02030527	8		1					1		1		
Studium příčin a dynamiky zátěže vod drobných vodních toků přípravky na ochranu rostlin	TA04021527	10	1			2			2				2
Efektivní odstraňování aromatických halogenderivátů (AOX) z lokálních průmyslových zdrojů	TH02030200	9	1	1	1				2	1	1		
Výzkum a vývoj zařízení pro recyklaci odpadní vody v potravinářském průmyslu	EG15_018/0004937	2		1	1				2		1	1	
Výzkum a vývoj podvácího agregátu pro vysokopacitní moduly čerpání	VI20152019030	13	1	2	2				3		1	2	
Elektrochemické zpracování odpadních koncentrátů z membránových separací	TJ02000116	5		1					1		1		
Nizkomolekulové systémy čištění vod	TH02030766	7	3	2		2			6	3	2		1
Systematická ochrana vodních zdrojů před rizikem znečištění pesticidy a jejich metabolity (SOPR)	TH01031187	4			2	2			2		1	1	
Pokročilé in situ sametání technologie podporované elektrickým polem	TA04020431	8	2	1	1	2			1	1			
Nanomateriály pro sanace kontaminovaných vod	TF02000064	7	1	1	1				3	1	1	1	
Elektrochemické odstraňování toxických kovů ze znečištěných vod	TA04020130	13	2	1	2				3	1	2		
Nové technologie a materiály pro čištění podzemních vod s využitím biogeochemických procesů	TH01030851	5	1	1	1				3	1	1	1	
Komericializace výsledků VaV pro energetiku CORD	TG02010037	61	5	4	5	2		2	2	1	1	1	

Tab. II- 2. Pokračování

Apkace membránových kontaktů pro odstranění organických polutantů z odpadních proudů	TH02030814	5	1	1	2				3	1	1	1	
Antimikrobiální nanovláknenná membrána pro filtrační vody	LTC19034	2			1				1			1	
Izotypy chrómu jako indikátor samočištění kontaminovaných vod: Řešení technologie za užití Vývoj kombinované technologie nano-bio k sanaci znečištění chrómem	TA01021055	26	2	3					2	1	1		
In-situ remediacce podzemní vody a půdy pomocí aplikace nanobublin vhodných plynů	TA01021792	10	1	2					1	1			
Inovace a využití cirkulačních vrtů s vloženým reaktorem v sanaci geologii	FR-TI3/678	6	1	1					2	1	1		
Vývoj a testování automatizovaného cirkulačního systému sanace podzemních vod (ACUSS)	TA02021263	5	1	2					3	1	2		
Integrační technologie pro hodnocení a podporu úplného odstranění chlorovaných etylenů z podzemní Odstranění radonu z vody pocházející z malých vodních zdrojů	TA04021725	1	1	1					1	1			
Omezení plošných zdrojů znečištění povrchových a podzemních vod fosforem pomocí agrotechnických kontaminovaných podzemních vod z průmyslových Aplikace magnetického pole v biologické	TA02020534	10	1	1					1	1			
Sorbenty na bázi na uhlíku k odstranování těžkých kovů z vody	2A-1 TPI /044	9	1	2					2	1	1		
Výzkum a ověření metod katalytické dehalogenace dekontaminaci odpadních vod	TA02020337	13		2		3			4	2		2	
Apkace magnetického pole v biologické dekontaminaci odpadních vod	FI-IM3/050	4		1					1	1			
Sorbenty na bázi na uhlíku k odstranování těžkých kovů z vody	LF11016	15	1	2	1				3	1	1	1	
Cistění odpadních vod v integrovaném biotechnologickém systému	FR-TI1/389	2	1	1					2	1		1	
Možnosti odstraňování vybraných specifických polutantů (PPCP) v ČOV	FR-TI3/778	46	2	6	6	9	1		15	2	3	3	6
Anaerobní separátor nerozpustných látek a nutrientů	QI92A223	13		1					1	1			
Vývoj technologie pro eliminaci vnosu mikropolutantů a genů rezistence na antibiotika do životního prostředí: Systém biotechnologického čištění odpadních vod v zemědělství a jejich recyklace	TA02021032	34	6	6	4		1		13	4	4	4	1
Výzkum, vývoj a aplikace elektromembránových modulů nové generace	TI02000139	1		1					1				
Výzkum a vývoj separace těžkých kovů z odpadních vod redukcí-sorpčním způsobem a technik zpracování	TA01020573	8		2			1		3	2			1
	FR-TI4/398	53	2	6	24				9	3		6	
	FR-TI3/187	7	1	1					2	1	1		

Tab. II- 2. Pokračování

Biologická eliminace kyanidů z průmyslových odpadních vod s komplexním znečištěním	TA01021368	15	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1
Pokročilé sorbenty pro separaci mikroplastů a mikropolutantů	FV40126	3			1				1				1
Kontejnerová technologie pro čištění průmyslových odpadních vod	FR-TI4/254	20	4	2	6		2		7	2	1	3	1
Odstátní endokrinních disruptorů z odpadních a pitných vod pomocí fotokatalytických a biologických	TA01020804	23	4	2	2				6	2	2	2	
Pokročilé technologie lithotrofní imobilizace a anaerobní bioremediace pro nápravu a prevenci škod	TA04020258	13	1	2	2	2			4	1	2	1	
Progressivní technologie ochrany životního prostředí a efektivního hospodaření s vodou v malých povodích	TA01020219	6	1	4					5	1	4		
Inovace systémů zemědělského hospodaření v prostředí kvartérních sedimentů, jejich ověření a aplikace v	QJ1320213	29					3	6	1				2
Výzkum možnosti optimalizace provozu a zvýšení účinnosti čištění odpadních vod z malých obcí pomocí	TA02020128	30	3	6	5				10	3	4	3	
Využití membrán s nano-póry pro snižování zdravotních rizik VOC z malých vodních zdrojů	TA01010552	40	2	4	2	3	16		9	1	4	1	3
Vývoj a zavedení nástrojů aditivně modulujících proces bioremediace pudy a vody	FR-TI1/456	34			3	1			1				
Modifikované nosiče biomasy pro čištění odpadních vod	TA01021764	35	6	1	6				4	2	1	1	
Stanovení distribuce farmakologicky aktivních látek a jejich degradace v rámci procesů čištění odpadních	TH02030337	16	1						2	1			
Vývoj sanačního modulu (SM) pro variabilní aplikace remediace technologie	FR-TI3/564	17	3	1	1	3			4	3	1		
Dosažení nízkých odtokových hodnot koncentrací fosforu na čistírnách odpadních vod za použití	FV30034	6		2	1				3	2	1		
Reaktivní chemické bariéry pro dekontaminaci silně znečištěných podzemních vod	FR-TI1/065	15	2	1					2	1	1		
Vývoj technologie pro odstraňování organických látek se zaměřením na látky známé v koksárenské technologii	TA04021212	13	1	1	5				7	1	1	5	
INV-FLOW: Zařízení pro zonální měření vertikálního proudění podzemní vody a přímou kvantifikaci přítoku	TH04030492	2			1		1		1			1	
Možnosti zadržování reaktivního dusíku ze zemědělství ve vodohospodářsky nejzranitelnější oblasti	QJ1220007	81					2		1				1
Progressivní rozvoj Membránového inovačního centra	LO1418	326	1	13	4	91			5	2	3		
Komplexní posuzování důsledků průmyslových výrobní na vodní útvary	TD03000376	1					1		1				1

