

Sanace staré ekologické zátěže v areálu bývalého podniku Kovoplast a sousedním intravilánu města Nový Bydžov

Rozpracování projektového záměru - aplikace metody BRD

Priority:

- *Proveditelnost a bezpečnost navržených prací s využitím předchozích zkušeností*
- *Proveditelnost fakturace navržených prací dle stávajícího smluvního rozpočtu*
- *Minimalizace případných rozpočtových změn*

V letech 2013-2015 byla v blízkém okolí Kovoplastu (Kohoutovi, Černí, Škola) provedena aplikace 35 tun sušené syrovátky v podobě roztoku o koncentraci 6,25 % v objemu 560 m³.

Aplikace syrovátky vedla ke kýžené postupné dechloraci PCE přes TCE, DCE a VC až na netoxický ethen a případně dále na ethan. Nedošlo ani k časté akumulaci DCE, jehož rozklad bývá nejproblematičtější krokem BRD.

Současně s tím ovšem aplikace syrovátky vedla k **extrémním nárůstům koncentrace methanu**, jehož průměrné koncentrace se pohybovaly okolo 20 mg/l, a zaznamenané maximum bylo 48,6 mg/l. Rozpustnost methanu v podzemní vodě se přitom pohybuje mezi 20 až 30 mg/l v závislosti na teplotě.

Methan, který se za takovýchto podmínek může z vody vylučovat ve formě bublinek, se dostává do nadložní nesaturované zóny, a dále do ovzduší, může se kumulovat např. ve sklepích a studnách, v extrémním případě může dojít i k jeho výbuchu. Do plynné fáze methanu se navíc mohou také dostávat přítomné ClE a společně s ním migrovat z podzemních vod a kumulovat se v budovách.

Přestože souběžně s aplikací sušené syrovátky byl prováděn také monitoring sklepů s ohledem na případný nárůst hladiny p.v., zápach a výskyt plynů (měření O₂, H₂S, CO a hořlavé plyny jako % dolní meze výbušnosti DMV, měření VOCs), během sledovaného období nebyla přítomnost nežádoucích látek ani zápachu ve sklepích zjištěna. **Vývoj methanu v průběhu BRD považujeme za velmi problematický.**

Navíc methanogeneze je z pohledu úspěšného provedení BRD nežádoucí, neboť jednak neefektivně spotřebovává dodaný organický substrát/vyprodukovaný molekulární vodík, snižuje pH a vysoký nárůst methanogenních bakterií omezuje rozvoj dehalogenačních bakterií. Z tohoto důvodu je v posledních letech při aplikacích BRD kladen důraz na potlačení methanogeneze.

V textu ZZ ze sanace bohužel není zřejmé, jak výrazně aplikace syrovátky ovlivnila pH. Obecně platí, že pH (společně s teplotou podzemní vody) je jedním z klíčových parametrů ovlivňujících rychlost a účinnost BRD. Jako optimální pH je označováno úzké rozmezí pH 6-8, s poklesem pH pod 6 účinnost procesu klesá a pod pH 4 již v podstatě neběží. Na základě zkušenosti s aplikací syrovátky na jiných lokalitách předpokládáme, že pH při prováděných sanačních pracích výrazně pokleslo a limitovalo průběh reduktivní dehalogenace a současně vedlo k excesivnímu nárůstu methanogennů, kteří nejsou tolik pH citliví.

Dle projektové dokumentace se koncentrace methanu ve vrtech v oblasti aplikace syrovátky (ať již v rámci sanačních prací či v rámci direct push aplikací – AMIGA) na jaře 2019 stále pohybovaly

v jednotkách až nižších desítkách mg/l, což svědčí o tom, že methan není na lokalitě efektivně odbouráván, a po dalších aplikacích syrovátky lze očekávat nárůsty jeho koncentrací.

Současný projekt počítá s aplikací „120 t substrátu syrovátky“ (není definováno, zda v sušené formě, či v kapalně neředěné formě od dodavatelů z mlékárenského průmyslu, apod.) na ploše 13 600 m² bez pravidelného monitoringu sklepních prostor. V rámci předcházejících prací bylo aplikováno dle dostupných informací 35 t sušené syrovátky na ploše cca 7000 m² (za předpokladu sušené formy by se tedy jednalo o téměř o dvojnásobné dávkování). **V případě použití sušené syrovátky by aplikace 120 t byla výrazně nadbytečná, než je účelné a zároveň potenciálně nebezpečná.**

K množství „120 t substrátu syrovátky“ vedl výpočet předpokládající, že ošetřovaná bude „plocha 13 600 m² s kolektorem o mocnosti maximálně 4 m a efektivní pórovitostí 18 %“ a „objemu 11 016 m³“ (správná hodnota při daných číslech je ovšem 9 792 m³, přičemž reálně je množství vody cca poloviční, neboť průměrná mocnost kolektoru je okolo 2 m). Tento fakt byl zjištěn v rámci průzkumných etap zařízení MIP (předsanační průzkum, ale i předchozí etap Amiga), které zároveň měří elektrickou konduktivitu horninového prostředí. Z výsledků je jasně patrná mocnost kolektoru a jeho odlišení od svrchního a spodního izolátoru. „Cílová koncentrace organických látek v podzemní vodě je 1 g/l.“ Toho by bylo možné dle našeho výpočtu dosáhnout teoretickou aplikací cca 5 t sušené syrovátky (cca 91 m³ roztoku syrovátky o konc. 5,5 %). Při 11 aplikacích syrovátky by to znamenalo celk. množství 55 t sušené syrovátky (při koncentraci 5,5 % tomu odpovídá množství 1000 m³).

I toto množství syrovátky by se pravděpodobně ukázalo jako nadbytečné, neboť předcházející aplikace syrovátky vedly ke spotřebě většiny oxidovaných forem aniontů jako jsou sírany a dusičnany na jejichž redukci je syrovátka taktéž spotřebována.

Naopak jako klíčové pro úspěšné provedení sanace považujeme zajištění rovnoměrné distribuce organického uhlíku v prostoru kontaminačního mraku a udržení neutrálního pH aplikacemi stabilizátorů pH.

Současný projekt předpokládá, že část aplikace syrovátky bude provedena standardní cestou do 29 ks nově instalovaných vrtů a současně bude taktéž probíhat direct push injecktáž syrovátky do 25 ks direct push sond/na jedno kolo aplikace.

Nikde ovšem není uvedeno, jak velké množství syrovátky má být aplikováno formou direct push a jak velké množství formou aplikace do vrtů. Aplikace syrovátky metodou direct push je přitom výrazně technicky náročnější než aplikace do injecktážních vrtů. V rozpočtu se direct push zmiňuje pouze v položce:

Přípravné práce a testy pro metodu direct push	soubor	1	89 000 Kč	89 000 Kč
--	--------	---	-----------	-----------

Zde lze ovšem vzhledem k ceně položky pouze uvažovat o návrhu umístění sond, kompletaci a servis injecktážních čerpadel a injecktážních rozvodů a testů propustnosti prostředí.

V rozpočtu jsou aplikaci syrovátky věnovány následující 2 nejpodstatnější položky, a to:

Aplikace substrátu syrovátky	m ³	1550	1 100 Kč	1 705 000 Kč
Transport a aplikace substrátu syrovátky	t	120	75 000 Kč	9 000 000 Kč

Teoreticky lze uvedené vykládat tak, že má být aplikováno 1550 m³ roztoku syrovátky obsahující v souhrnu 120 t substrátu syrovátky (koncentrace substrátu syrovátky by tak byla cca 7,75 %). Pro tento výklad ovšem není v textu projektu žádná opora. Text naopak hovoří o aplikacích v koncentraci 5 až 5,5 %, čemuž by odpovídala aplikace 2 400 až 2 181 m³. Aplikace takto velkého množství je dle našeho názoru technicky neproveditelná.

V rozpočtu jsou dále v souvislosti s BRD uvedeny položky, z nichž vyplývá, že je počítáno s tím, že injektážní vrty budou propojeny injektážním potrubím, což umožní injektáž syrovátky do těchto vrtů z jednoho místa.

Dle aktuálního návrhu umístění stálých injektážních vrtů je ale zřejmé, že napojení vrtů na injektážní potrubí bude možné realizovat u max. 13 z 29 injektážních vrtů, zatímco ke zbývajícím vrtům bude nutné při každém kole aplikace syrovátku dopravit v IBC kontejneru či jiné nádobě. Rozvoz a injektáž po rozsáhlém území kontaminačního mraku bude značně organizačně a logisticky náročná.

Navíc výrazný rozdíl mezi cenou aplikace metodou direct push a cenou aplikace do vrtů není v rozpočtu nijak zohledněn.

Dle našeho názoru není na lokalitě vhodné aplikovat sušenou syrovátku, neboť její aplikace nepřináší oproti aplikaci standardní tekuté syrovátky (kromě možnosti jejího delšího skladování) žádné výhody. Naopak aplikace sušené syrovátky přináší problémy spojené s jejím rozmícháváním.

Z tohoto důvodu navrhujeme provedení aplikace tekuté syrovátky (v neředěné formě dodané od dodavatelů z mlékárenského průmyslu) v množství 1000 m³. 1 m³ tekuté syrovátky obsahuje cca 55 kg celkového organického uhlíku a má sušinu cca 100 kg. Do každého 1 m³ syrovátky bude dále dávkováno 20 kg hydrogenuhličitanu sodného či jiného vhodného stabilizátoru pH, který bude považován za součást „substrátu syrovátky“. 1 m³ tekuté syrovátky tak bude obsahovat 120 kg „substrátu syrovátky“, což odpovídá projektovému zadání resp. definici přísl. položky smluvního rozpočtu.

V součtu tak bude z uvedených 2 položek rozpočtu vyčerpáno 1000 m³ aplikace substrátu syrovátky za 1 100 000 Kč a 120 t transport a aplikace substrátu syrovátky za 9 000 000 Kč. **Část takto vzniklé úspory za aplikaci substrátu syrovátky v množství 550 m³ (cca ½ z celkem 605 tis. Kč) doporučujeme použít na doplnění MIP průzkumu oblasti kontaminačního mraku a přesné zacílení direct push injektáží syrovátky (20 sond do hloubky á 7m). Z důvodu nové skutečnosti – zjištění ohniska v nenasurované zóně v areálu bývalého Kovoplastu bylo nutno použít plánovaný objem předsanačního MIP průzkumu na přesné vymapování tohoto ohniska. Z tohoto důvodu nebyla prozkoumána oblast v okolí kostela.**

Na základě tohoto doprůzkumu by pak měla být specifikována navazující direct push injektáž, což je uvedeno i v projektu. Navíc dle ojedinelých sond víme, že litologický profil zde bude odlišný od profilu v areálu bývalého Kovoplastu.

Dále navrhujeme rozdělení direct push injektáže na dva přístupy – operativní (mobilní) direct push injektáž, která bude moci reagovat na průběžné výsledky monitoringu, a injektáž pomocí direct push vystrojených sond. Výhody těchto sond jsou:

- možnost přesného nadesignování otevřených intervalů dle předchozího průzkumu,
- možnost opakovaného tlakového zásaku činidel,
- sondy jsou ve svrchních intervalech zatěsněny a nedochází tak k výronům činidel na povrch
- lze do nich injektovat bez přítomnosti vrtné soupravy, to přináší výhody v místech, kde je periodický pohyb soupravy nežádoucí či problematický (zahrady rodinných domů, parky atd.)

- rychlá instalace oproti klasickým vrtům a účinnost srovnatelná s mobilním direct push zásakem

Zachování souhrnné ceny za aplikaci syrovátky je nutné z důvodu výrazně vyšší ceny její aplikace dané nutností jejího rozvozu po celém kontaminačním mraku a vyšší ceny aplikace metodou direct push, což umožní rovnoměrnou distribuci syrovátky po celém kontaminačním mraku a taktéž reakci na aktuální vývoj situace.

Na 1 kolo aplikace syrovátky tak bude aplikováno cca 91 m³ tekuté syrovátky, z nichž 58 m³ bude aplikováno do injektážních vrtů (které budou rozmístěny po celém kontaminačním mraku) a zbývajících 33 m³ bude injektováno formou direct push injektáže, a to buď do k tomu určených direct push instalovaných vystrojených sond, které budou využívány opakovaně a cena jejich instalace bude zahrnuta v ceně aplikace či do klasických jednorázových direct push sond.

Současně s tím doporučujeme do projektu zahrnout také monitoring sklepních prostor v budovách v okolí aplikací syrovátky, který bude zaměřen především na sledování koncentrací methanu, případně také VOCs. V případě výrazného nárůstu koncentrací methanu pak doporučujeme aplikace peroxidu vápenatého, jakožto zdroje kyslíku, které povedou k aerobnímu rozkladu methanu a současně taktéž nižších CIE (DCE a VC).

Další alternativou je pak využití komerčně dostupných sanačních činidel určených pro potlačení methanogeneze jako je například Provect-CH4[®] Methane Inhibitor (<https://www.provectusenvironmental.com/provect-ch4/>).

Finanční část, cenový rozklad nákladů

Následující tabulka byla vyňata ze smluvního rozpočtu:

Technologie BRD				11 460 500 Kč
Zapojení vrtu (sanační zhlaví, ventil)	vrt	25	5 800 Kč	145 000 Kč
Instalace podzemních rozvodů-výkopy (vrt-technologie)	soubor	1	177 000 Kč	177 000 Kč
Instalace rozvodů aplikačních vrtů	soubor	1	60 000 Kč	60 000 Kč
Instalace technologie (kontejner, rozvody v kontejneru)	ks	1	140 000 Kč	140 000 Kč
Demontáž systému BRD, technologie, potrubní rozvody	soubor	1	27 000 Kč	27 000 Kč
Přípravné práce a testy pro metodu Direct Push	soubor	1	89 000 Kč	89 000 Kč
Aplikace substrátu syrovátky	m ³	1 550	1 100 Kč	1 705 000 Kč
Transport a aplikace substrátu syrovátky	t	120	75 000 Kč	9 000 000 Kč
Dovoz vody v cisternách pro aplikaci substrátu syrovátky	m ³	2 350	50 Kč	117 500 Kč

Dle této kap. rozpočtu jsou níže jednotlivé položky rozvedeny seznamem navrhovaných prací, které budou v rámci sanace provedeny.

Zapojení vrtu (sanační zhlaví, ventil)

- instalace tlakového zhlaví na vrty formou bajonetové či hasičské přípojky (vhodná koncovka vrtu bude řešena v koordinaci s firmou provádějící vrtné práce) – jedná se o vrty, kde nebude možná rigidní instalace zasakovacího systému, a kde bude injektáž probíhat z mobilních nádrží dle dohodnutého harmonogramu – jedná se o jižní část kontaminačního mraku
- instalace zhlaví na vrty a s ventily v místech, kde bude možná trvalejší instalace zasakovacího systému – jedná se o oblasti přiléhající k areálu bývalého Kovoplastu

Instalace podzemních rozvodů-výkopy (vrt technologie)

- instalace rozvodů k vrtům z centrální stanice pro přípravu syrovátky. Přednostně se bude jednat o místa, kde nebude možná instalace nadzemních rozvodů – tj. oblast okolí mateřské školy či přilehlých rodinných domků, případně oblasti okolo kostela

Instalace rozvodů aplikačních vrtů

- instalace rozvodů aplikačních vrtů v místech, kde bude možno použít nadzemní rozvody, kde nebude hrozit jejich poškození či naopak nebude možno přistoupit k realizaci pomocí podzemních rozvodů.

Instalace technologie (kontejner, rozvody v kontejneru)

- zařízení místa určeného pro přípravu a skladování roztoku syrovátky – instalace zásobních a ředících nádrží
- instalace mobilních nádrží vybavených míchadly
- Instalace kontejneru určeného pro provoz technologie a skladování činidel
- Předpokládá se využití místa v areálu bývalého Kovoplastu, případně pozemku základní školy, tak aby nedošlo ke kolizí s technickým zázemím pro odtěžbu zemin a ISCO aplikaci

Demontáž systému BRD, technologie a potrubních rozvodů

- Demontáž veškerého zařízení určeného pro účely sanace BRD po skončení prací

Přípravné práce a testy pro metodu Direct Push

- Návrh umístění sond
- Kompletace a servis injektážních čerpadel určených pro Direct Push zásak
- Testy propustnosti prostředí a zvolení nejefektivnějšího způsobu injektáže (top down, bottom up, širokoprofilové x úzkoprofilové tyče)

Aplikace substrátu syrovátky

- Aplikace 1000 m³ pufrovaného roztoku syrovátky během 11 kol aplikace – tekutá syrovátka z mlékárny + hydrogen uhličitán sodný či jiný stabilizátor
- Příprava požadovaného roztoku + provoz zasakovacího systému– rozvody plus čerpadla
- Doprůzkum pomocí EC/MIP pro určení vhodných horizontů pro direct push injektáž a instalaci direct vystrojených sond – primárně oblast u kostela

Transport a aplikace substrátu syrovátky

- Nákup tekuté syrovátky a organizace její dopravy na místo určení
- Nákup stabilizačního činidla
- Instalace direct push systému = kombinování 2 přístupů
 - 1) Mobilní direct push aplikace pomocí vrtné soupravy Geoprobe – pružná reakce na průběžné výsledky monitoringu – ošetření míst s dosavadními neuspokojivými výsledky
 - 2) Direct vystrojené sondy pomocí vrtné soupravy Geoprobe – instalace v místech nevhodných pro periodickou injektáž pomocí vrtné soupravy – 25 direct sond s možností periodického tlakového zásaku činidel
- Každé kolo (celkem 11) direct push aplikace činidel bude injektováno 33 m³ stabilizované syrovátky – přesné nakonfigurování každého kola se bude řídit průběžným monitoringem podzemní vody

- Zatěsnění direct push sond bentonitem po každém kole aplikace
- Likvidace direct vystrojených sond po skončení prací
- Transport připraveného roztoku na místo určení a následná aplikace – mobilním zásobníkem na vleku za terénním autem (jižní vrty) nebo pro účely direct push aplikace
- Injektáž do vystrojených vrtů (mobilním zásobníkem) či do vrtů připojených na permanentní rozvody (58 m³ každé kolo)
- Eventuální možnost odklonu od stávajících činidel v případě hrozícího havarijního stavu z hlediska produkce nadlimitního množství metanu – záměna za peroxid vápenatý za zachování stávajícího rozpočtu případně použití přípravku pro potlačení methanogeneze

Dovoz vody v cisternách pro aplikaci substrátu syrovátky

- Nákup a dovoz vody určené pro k proplachu rozvodů, vrtů injektážních sond
- Zde dojde k pravděpodobně ke snížení rozpočtu položky (případně přesunu) v případě akceptování formy tekuté syrovátky

Výkazový rozklad – položka „Transport a aplikace substrátu syrovátky“

Transport a aplikace substrátu syrovátky - rozklíčování		
Nákup, dovoz, přečerpání tekuté syrovátky + stabilizátoru (120 Kg substrátu)	1 m ³ (120 kg)	1000
Instalace direct vystrojených sond	sonda	25
Instalace rozvodů k direct sondám	soubor	1
1 kolo aplikace direct push/ direct vystrojené sondy	kolo	11
1 kolo aplikace do vystrojených vrtů	kolo	11
Likvidace direct sond	sonda	25

Vyvolaná rozpočtová změna (dle smluvního rozpočtu)

Méněpráce:		
Aplikace substrátu syrovátky	m ³	- 550
Dovoz vody v cisternách pro aplikaci substrátu syrovátky	m ³	- 1550
Vícepráce		
Sondáž s prostorovou detekcí kontaminace chlorovaných uhlovodíků	bm	140