

2020

Stručné shrnutí výsledků
dílčího projektu v rámci
projektu Vita-Min

Využití odpadních produktů z čistíren odpadních vod coby druhotných surovin (dílčí projekt 2.1)



LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg VA / 2014–2020



Úvod, kontext a vytčený cíl

Rámcová směrnice EU o vodě (RSV) stanovuje, že je třeba přijmout přiměřená opatření k přeměně nebo zachování dobrého chemického a ekologického stavu vodních útvarů nebo jejich dobrého ekologického potenciálu. To platí také pro vodní útvary, které jsou nepříznivě ovlivněny znečištěním způsobeným těžební činností. Technické ošetření (čištění) vody může významně přispět odstraněním znečišťujících látek z vodní cesty. K čištění vody ovlivněné těžbou se v systémech čištění vody používají různé metody, v závislosti na množství a povaze vody. Mnoho metod čištění je založeno na procesech srážení, které způsobují nahromadění značného množství kalů, které se obvykle musí nákladně zneškodňovat. V Sasku se to týká zejména regionů s těžbou hnědého uhlí, které se v důsledku úpravy důlní vody s obsahem železa musí vypořádat se značným množstvím odpadního produktu, kalu hydroxidu železa.

Proces srážení: Proces při úpravě vody, při kterém se rozpuštěná látka oddělí z roztoku a vysráží se ve formě špatně rozpustného kalu. Způsobem bývá obvykle změna pH nebo překročení součinu rozpustnosti.

Cílem této studie je shrnutí možných řešení pro další využití odpadních produktů ze systémů na čištění vody a kvantifikace množství vzniklého odpadu. Na jedné straně to přispívá ke zlepšení ekonomické stránky těchto systémů a na druhé straně se zkoumá a dokumentuje aktuální stav znalostí dané problematiky. Středem zájmu je zde situace v Sasku.

Metodika

Studie je rozdělena do tří hlavních pracovních komplexů, jejichž zpracování je zase rozděleno na různé dílní činnosti a je založeno především na rešerších v oblasti systémů čištění vody a jejich odpadních produktů. Zvláště zajímavé bylo ověření, do jaké míry by mohlo být alternativním využitím kalů hydroxidu železa jejich použití k zaplnění starých filtračních jímek v oblastech, kde probíhala těžba hnědého uhlí. Postup řešení tohoto tématu je uveden v tabulce 1.

Charakteristické hodnoty a parametry saských systémů pro čištění vody a filtračních jímek byly od provozovatelů/ vlastníků zjišťovány prostřednictvím dotazníkového šetření. Rešerši podpořili následující provozovatelé a poskytli základní data pro tuto studii:

- Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft mbH (MIBRAG),
- Lausitz Energie Bergbau AG (LEAG),

Využití odpadních produktů z čistíren odpadních vod coby druhotných surovin (dílčí projekt 2.1)

- Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV),
- Saxony Minerals & Exploration AG (SME),
- Wismut GmbH.

Tabulka 1: Postup v oblasti zpracování tří pracovních komplexů

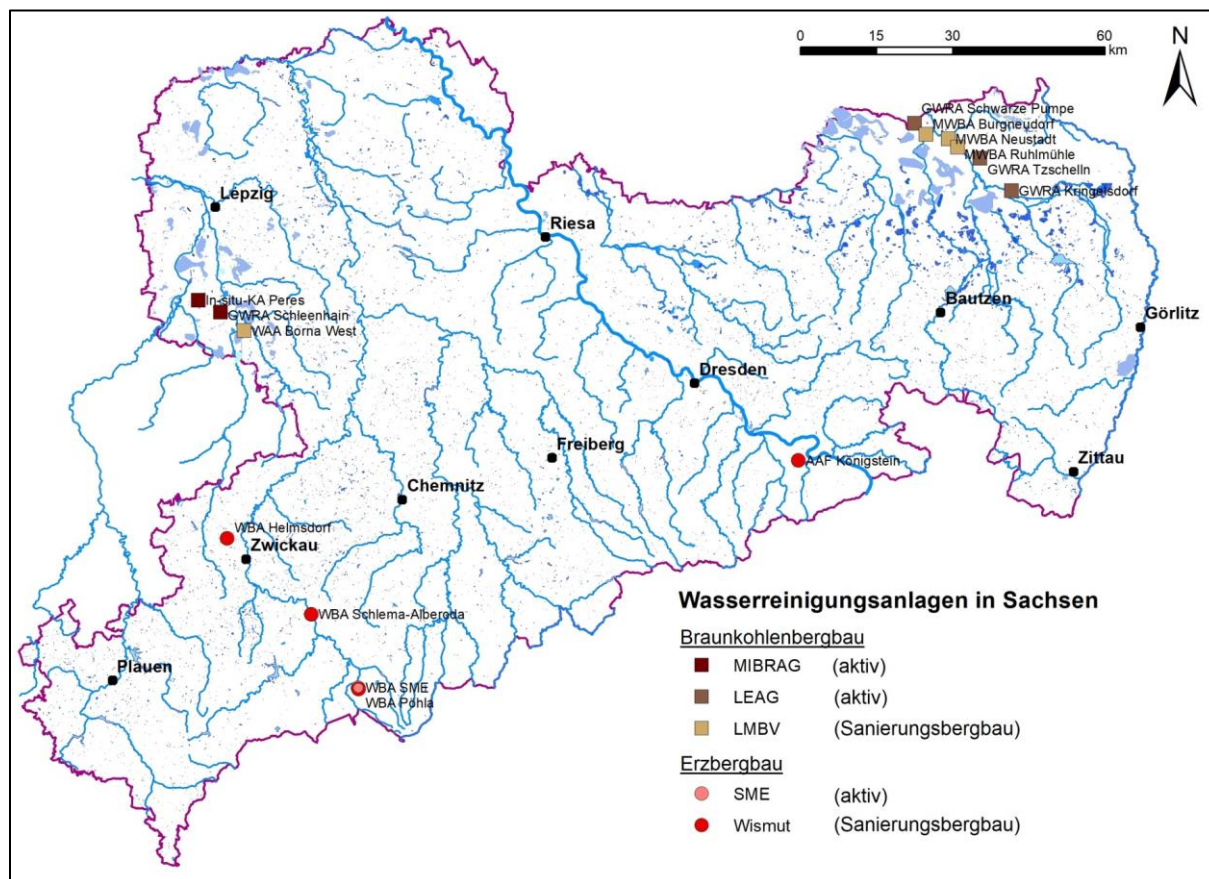
Č.	Pracovní komplexy	Dílčí činnosti
1	Základní rešerše a popis systémů čištění vody a jejich odpadních produktů v Sasku	<ul style="list-style-type: none">• Rešerše postupů čištění vody používaných v Sasku a vznikajících odpadních produktů (podrobné posouzení kalů hydroxidu železa)• Charakterizace odpadních produktů (m.j. hydrochemických a fyzikálních vlastností) a jejich možné použití• Zpracování rešerše a systematizace výsledků
2	Rešerše literatury ohledně možností následného využití odpadních produktů ze systémů pro čištění vody	<ul style="list-style-type: none">• Rešerše využití odpadních produktů ze systémů pro čištění vody (mezinárodní/národní)• Přehled možností využití odpadních produktů uvedených v komplexu 1 a diskuse se zohledněním podmínek v Sasku• Ověření možného použití odpadních produktů pro zaplnění starých filtračních jímek na výsypkách hnědouhelných dolů jako alternativní možnosti využití při likvidaci jímek
3	Příklad definování dimenze možností následného využití odpadních produktů systémů pro čištění vody v Sasku	<ul style="list-style-type: none">• Příklad pro zaplnění starých filtračních jímek odpadními produkty (m.j. kalů hydroxidu železa) ve staré filtrační jímce na výsypce hnědouhelného dolu• Příklad konkrétního stanovení dimenze možností následného využití vznikajících odpadních produktů po čištění vody

Výsledky a diskuse

Shrnutí poznatků ze systémů pro čištění vody provozovaných v Sasku

Těžební činnost v Sasku lze rozdělit podle odvětví těžby, dále se dělí na aktivní těžbu a sanační těžbu/činnosti a také podle surovin na těžbu hnědého uhlí a na těžbu rud.

Systemy na čištění vody v oblasti těžby hnědého uhlí provozují těžební společnosti MIBRAG ve středoněmeckém revíru, LEAG v lužickém revíru a LMBV, která je garantem pro sanaci území po těžbě hnědého uhlí (Obrázek 1).



Obrázek 1: Zařízení na čištění vody v Sasku a jejich provozovatelé (Stav k 01/2020)

Společnost MIBRAG provozuje v Sasku dva systémy na čištění důlních vod a sice v lokalitách Schleenhain a Peres. Čistírna důlní vody Schleenhain zpracovává důlní vodu klasickou metodou vysrážením pomocí vápna (obrázek 2). Přidáním vápenného mléka se hodnota pH vody zvýší na neutrální mez a obsah železa se po vysrážení sníží na <3 mg/l. Zbytková alkalita (schopnost vázat kyseliny) (alkalické) vody hydroxidu železa se vpraví do spodní výsypky s cílem snížit zakyselení vody vytékající z výsypky.

Zařízení na čištění důlní vody: *System, který odstraňuje částice železa z vodního toku ovlivněného těžební činností. Nejčastěji používanými technologicky řízenými procesními kroky s pomocí neutralizačních činidel a flokulantů jsou neutralizace, oxidace, srážení a sedimentace (Bilek et al. 2013).*

System na úpravu vody in-situ v lokalitě (dole) Peres slouží k ošetření kyselé a železité vody vytékající z výsypky použitím vápenného mléka. Upravená voda se odvádí do vodoteče odvádějící vodu do filtrační jímky. K sedimentaci dochází v sedimentační kotlině v podloží dolu.

Společnost LEAG je provozovatelem tří saských čistíren/ úpravěn důlní vody, jedná se o lokality Tzschelln, Kringelsdorf a Schwarze Pumpe. Zařízení Tzschelln a Kringelsdorf upravují důlní vodu pomocí procesů na bázi srážení použitím vápna. Od roku 2019 bylo více než 90% vody alkalického hydroxidu železa v obou systémech upravuje a dále zpracovává externí společností (P.U.S. GmbH). Také úpravna důlní vody Schwarze Pumpe používá k úpravě důlní vody procesy na bázi srážení za pomoci vápna. Kromě toho se hydrogenuhličitán fyzicky vytlačuje předchozím provzdušňováním s cílem ušetřit neutralizační činidla. Odpadní produkt, alkalická voda hydroxidu železa, se vypouští do vodních útvarů povrchového dolu a částečně jej zpracovává externí subjekt (firma).

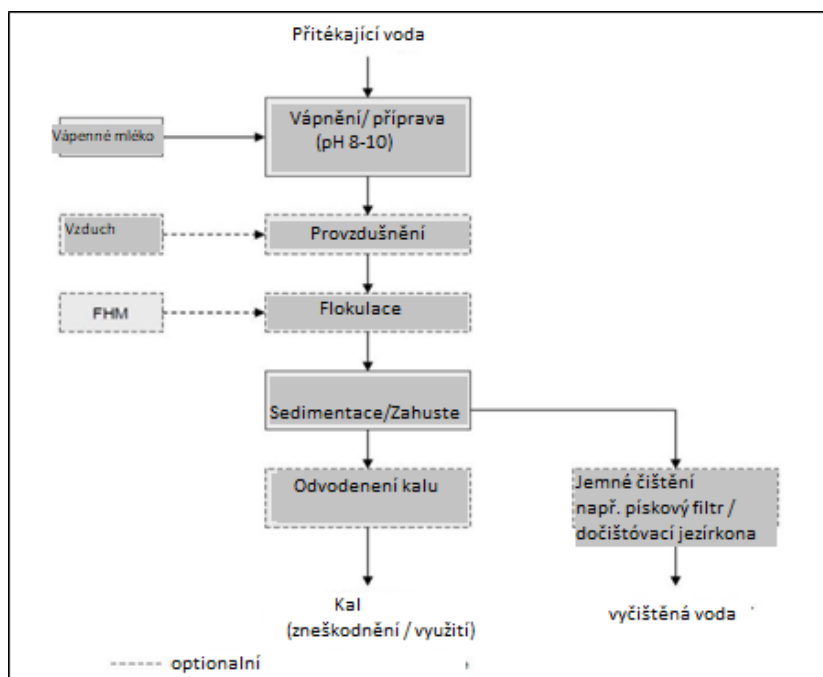
S cílem zabránit známým projevům zaokrování tekoucích vodních útvarů a zanášení koryt řek kalem, provozuje LMBV, coby společnost zabývající se sanacemi území, čtyři čistírny vod. Tři ze čtyř systémů jsou provozovány jako tzv. modulární systémy na úpravu vody (Lokalita Burgneudorf, Neustadt/ Spree, Ruhlmühle).

Tato zařízení slouží na úpravu přitékající a vyčerpané podzemní vody pro minimalizaci obsahu železa před tím, než se dostane do vodoteče. Na začátku roku 2020 byla tato zařízení zčásti ještě ve zkušebním provozu. Další úpravna vody se nachází v lokalitě Borna West, která zpracovává smíšenou vodu (podzemní a srážkovou vodu) s vysokým obsahem železa před tím, než je odčerpána do vodoteče.

Systémy pro čištění vody se používají také při **těžbě rud**, a to jak v aktivní těžbě, tak při sanaci území po těžbě. V Sasku je v provozu celkem pět takových zařízení (obrázek 1).

Modulární systémy úpravy vody společnosti LMBV: Další vývoj stacionárních systémů pro úpravu vody, které využívají procesy neutralizace, oxidace, flokulace, sedimentace, zahušťování a odvodnění kalu hydroxidu železa. Systémy v zásadě sestávají z kontejnerů (nádob), ve kterých reakce, flokulace a sedimentace a zahuštění kalů probíhá. Jejich konstrukce je modulární (stavebnicová) a lze je tedy používat flexibilně přizpůsobené konkrétním podmínkám.

Akciová společnost SME AG v rámci průzkumných prací na ložisku polymetalických rud provozuje zařízení na úpravu vody (WBA Pöhla), která z podzemní a důlní vody eliminuje naplavené látky, železo a kovy (m.j. arsen a mangan). Potom se voda vypouští do vodoteče. Odpadní produkty (kaly vzniklé při procesu srážení) se ukládají na skládku.



Obrázek 2: Schéma procesu srážení za pomoci hydroxidu vápenatého (proces srážení vápnem)

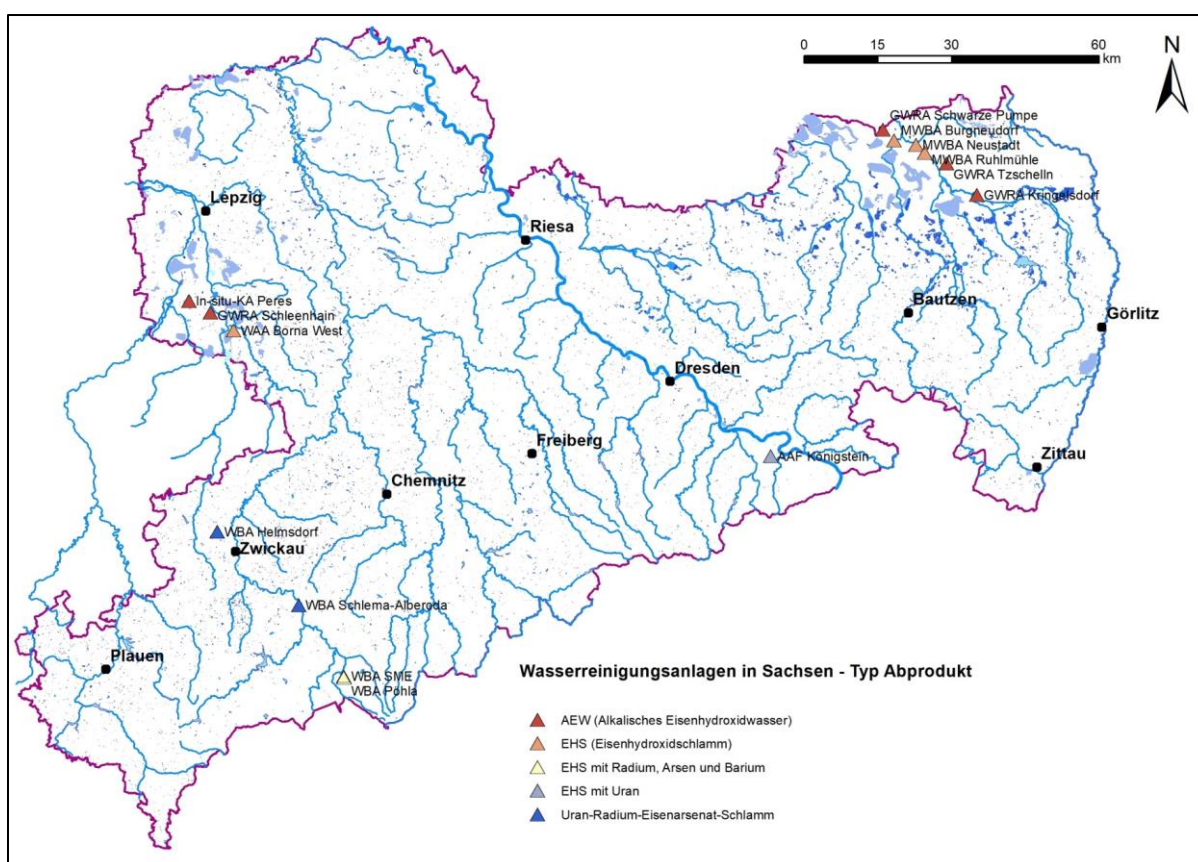
Společnost WISMUT GmbH je m.j. pověřena nápravou škod po těžbě uranové rudy a provozuje v Sasku čtyři zařízení na úpravu kontaminované důlní vody. Typickými znečišťujícími látkami ve vodě, která je určena k úpravě (čištění), jsou uran, radium, arsen, železo a řada dalších těžkých kovů. WBA Helmsdorf zpracovává kontaminovanou vodu z průmyslových sedimentačních systémů pomocí modifikovaného procesu srážení vápnem za účelem odstranění uranu a selektivní separaci radia a arsenu. Zahuštěný kal sestávající z uranu, radia a arzenátu železa se imobilizuje popelem z elektráren a cementem a ukládá se na plochy k tomu účelu určené. V úpravně vody Schlema-Alberoda se vystupující důlní voda upravuje stejným způsobem, jako v úpravně Helmsdorf. Imobilizace se ale provádí bez použití popela z elektrárny. Také úpravna vody Pöhla čistí vytékající důlní vodu. Znečišťující látky uran, radium, arsen, železo a mangan byly na začátku provozu separovány pomocí selektivních procesů srážení. V roce 1997 koncentrace uranu klesla pod hodnotu schválenou pro vypouštění, takže byla separace uranu ukončena. Radium a arsen se odstraňují vysrážením chloridem barnatým (BaCl_2) a chloridsulfátem železa (FeClSO_4). Kromě toho dochází k oxidaci pomocí peroxidu vodíku (H_2O_2), protože voda má silný redukční účinek. V úpravně vody v Königsteinu se kontaminovaná důlní voda čerpá a upravuje. V prvním kroku dochází k separaci uranu iontovou výměnou. Ve druhém kroku se zbývající znečišťující látky - radium, zbytkový uran a těžké kovy - vysráží pomocí vápna. Odvodněné zbytky se likvidují bezpečným uložením do odvalu. Zařízení se aktuálně za běžného provozu přestavuje na konvenční proces srážení vápnem s částečnou recirkulací kalu, neboť obsah uranu ve vodě klesl.

Na základě šetření a výše popsaných čistíren vody se v Sasku v současné době voda ovlivněná těžební činností upravuje (čistí) následujícími postupy:

Využití odpadních produktů z čistíren odpadních vod coby druhotných surovin (dílní projekt 2.1)

- Konvenční proces srážení vápnem (vytváří řídký kal; schéma procesu viz obrázek 2)
- Proces HDS (High Density Sludge; proces srážení vápnem s recirkulací kalů za účelem jejich zahušťování)
- Srážení chloridem barnatým (odstranění radia a arsenu)
- Proces výměny iontů (odstranění uranu).

V závislosti na různých procesech čištění, složení vody a lokalitě vznikají v Sasku různé typy odpadu (především alkalická voda obsahující hydroxid železa a kaly hydroxidu železa) s vlastnostmi specifickými pro danou lokalitu (obrázek 3).



Obrázek 3: typy odpadu

Kromě charakteristiky odpadních produktů ze zkoumaných čistíren vody bylo hodnoceno také množství odpadních produktů, které v saských zařízeních vzniká. Bilance množství ukázala, že největší množství alkalické vody s obsahem hydroxidu železa se vyskytuje v úpravnách důlní vody po těžbě hnědého uhlí s množstvím 2,96 milionu m³/a. Při těžbě rud vzniká dalších 2.585 m³/a kalu hydroxidu železa s produkty srážení uranu, radia, arsenu a těžkých kovů.

Možnosti využití odpadních produktů z úpraven (čistíren) vody

Se zbytkovými produkty po úpravě (čištění) vody je třeba nakládat zásadně v tomto pořadí: (1) zamezit vznik, (2) zhodnocení, (3) plavení, (4) skládkování. Nakládání s kaly hydroxidu železa (ukládání nebo opětovné použití) zásadně podléhá schválení, přičemž každé ze zamýšlených opatření musí být přezkoumáno a pro každé musí být vydáno samostatné rozhodnutí.

Vzniku zbytků nelze zabránit, ale plánováním a optimalizací provozu úpraven je možné snížit jejich množství. V oblasti Lužice, kde probíhají sanační práce, je možné snížit zatížení železem ve vodních tocích pomocí opatření, která působí přímo v podzemní vodě, jako například hydraulické bariéry, které snižují přítok podzemní vody, úprava podzemní vody (srážení) nebo metod hydraulického záchytu a převodu do vodního útvaru vzniklého po těžební činnosti.

Odpadní produkty ze saských čistíren vod se buď nákladně likvidují (ukládají na skládky), nebo se znovu používají. Opětovné použití kalů vyplývá z jejich chemického složení, fyzikálních vlastností, pravidelnosti vzniku, typu skladování, době skladování a z možností manipulace (nakládky) a přepravy. Pro látkové zhodnocení kalů hydroxidu železa tyto musí být k dispozici ve vysoké čistotě, čehož lze běžně dosáhnout pouze v případě separace v technických systémech. V Sasku byly zkoumány následující možnosti zhodnocení:

- Použití jako absorpční činidlo
 - o ve formě čerpatelného kalu pro sanaci vodních útvarů (eliminace živin)
 - o pro sirovodík (pachová zátěž) v kanalizačních systémech
 - o ve formě granulí např. ve věžních odsiřovačích (čištění bioplynu), pro úpravu dešťové vody, pro čištění odtoků z malých čistíren odpadních vod, jako absorpční hmota v pevných filtrech nebo jako filtrační materiál v kořenových čistírnách odpadních vod
- Použití při výrobě cihel a keramiky
- Použití jako neutralizační činidlo (plavení ve vodních útvarech vzniklých po těžební činnosti)
- Použití k zakrytí a sanaci ploch
- Použití jako pomocné flokulační činidlo

Další možností využití kalů hydroxidu železa je jejich ukládání. Například je možno je využít pro vyplnění dutin vznikajících při těžbě surovin. Po vyplnění dutin však musí být trvale zaručen trvalá bezpečnost veřejnosti podle horního zákon. Kromě toho lze kaly hydroxidu železa ukládat na povrch výsypek sanovaných dolů a

aktivních dolů formou odvalů nebo jemnozrnných zbytků nebo je ukládat do tělesa výsypek v dolech s aktivní těžbou.

Kromě již uvedených možností opětovného využití bylo zkoumáno, do jaké míry přichází v úvahu možnost *využít odpadní produkty k zaplnění starých filtračních jímek na výsypkách v hnědouhelných revírech*. V současnosti je v Sasku 13.000 známých filtračních jímek. Jedná se o celkový objem cca 130.000 m³, který by pro případné zaplnění kaly hydroxidu železa byl k dispozici. Při použití přídatných látek je zasypání filtračních jímek z technického hlediska považováno za realizovatelné. Vzhledem k ročnímu objemu kalů hydroxidu železa se však jedná o zanedbatelný objem, zejména s ohledem na roční spotřebu materiálu pro jímky, které mají být zasypány. Na možný objem pro zaplnění 7.750 m³/a připadne množství odpadních produktů 150.000 m³/a, což odpovídá podílu asi 5%. Kromě toho použití přídatných látek pro stabilizaci mírně snižuje dostupný objem. Vzhledem k uspořádání filtračních jímek na velké ploše není účelné zpracovávat (upravovat) materiál centrálně. Pro míchání suspenzí by tedy bylo nutné použít mobilní systémy. Porovnáme-li dosavadní postup s použitím popela po spalování hnědého uhlí ve výši 51 €/m³ se skládkováním za 70 €/m³, vznikne úspora 19 €/m³ bez zohlednění dalších právních, stavebních a plánovacích aspektů. I kdyby s ohledem na zjištěný objem 130.000 m³ všech dosud dostupných filtračních jímek bylo možné ušetřit teoreticky nejvýše 2,47 milionu €, v praxi by se tato částka změnou logistických procesů, přepravy a v případě potřeby nákupem přídatných látek a dosud chybějícího schválení snížila na úroveň, která by již nebyla výhodná. Způsobnost ke schválení se v současné době z právního hlediska jeví složitá. K dispozici nejsou spolehlivá data o chování kalů hydroxidu železa při jejich dlouhodobém skladování. K tomu by bylo nutné provést další zkoumání. Co se týče chemického složení, je třeba poukázat zejména na § 4 odst. 1 věta 1. Při překročení obsahu pevných látek by za určitých podmínek nemusely být požadavky pro uložení materiálu splněny.

Analýza deficitů a studie ekonomické proveditelnosti

Pro možné využití kalů hydroxidu železa je třeba porovnat všechny ekonomické a ekologické aspekty. Použití závisí na kvalitativních požadavcích případného způsobu využití. Obvykle jsou potřeba relativně čisté kaly nebo kaly s relevantním podílem vápna. Pro všechny typy a místa vzniku kalů neexistuje jednotné řešení. Výsledné kaly navíc často nesplňují zákonné požadavky pro jejich využití (viz Zákon o odpadech). V případě všech ostatních vzniklých kalů, s výjimkou kalů hydroxidu železa, se oddělené zpracování nevyplácí, protože generovaná množství a/nebo obsažený podíl zhodnotitelných látek je často příliš malý na to, aby byly speciální procesy vyvinuty resp. provozovány.

Pro použití kalů ze systémů pro čištění vody je problematické, pokud není kontinuální. V zimě existuje riziko, že kvůli vysokému obsahu vody kaly zmrznou.

Dále je třeba ověřit ekonomickou výhodnost využití kalů z hlediska nákladů na jejich přepravu, pokud poptávka pro další zpracování kalů není v přímém okolí.

Proces srážení vápnem je díky nákupu neutralizačních činidel značně nákladný. Tyto náklady by odpadly, kdyby ke srážení železa docházelo v kyselém prostředí. V úpravně důlní vody Tzschelln je proto v provozu pilotní zařízení pro mikrobiální oxidaci síranu a železa z důlní vody v kyselém prostředí. Vzniká biomineralizační produkt - zásaditý oxid a síran železitý - (Schwertmannit) s vysokým obsahem pevné substance a vyšší čistotou v porovnání s kalem vysráženým vápnem. Schwertmannit slouží jako surovina pro další zkoumání v různých (výzkumných) projektech, mimo jiné:

- pro výrobu základních nátěrů, laků, keramiky nebo pro procesy probíhající ve vysokých pecích,
- pro vývoj konceptu procesu pro zušlechťení Schwertmannitu pomocí mikrovlnné energie (vznik produktů se sníženým obsahem síranů nebo zcela bez obsahu síranů),
- pro biosyntézu reaktivních povrchů železo-minerálních povrchů pro úpravu vody (např. pro odstranění arsenátu, antimonátu, chromátu H_2CrO_4 , vanadátu a fosfátu).

Celkově vzato je pro možné využití/zhodnocení určitého množství materiálu rozhodující trh. V Sasku zpracovává kaly hydroxidu železa v průmyslovém měřítku pouze společnost P.U.S. GmbH. Každoročně sice zvyšuje odebírané množství kalu, ale s ohledem na trh a další firmy nemůže odebírané množství navyšovat libovolně. Možnosti zhodnocení kalů hydroxidu železa také vždy limituje jejich specifické složení /kvalita v jednotlivých lokalitách. Množství kalů v Sasku v současné době a při využití stávajících komerčních technologií nelze kompletně odebrat/ využít.

Ekonomičnost úpravy vzniklého množství kalů hydroxidu železa závisí na řadě faktorů:

- a) Rozhodující úlohu hraje stále ubývající prostor pro skládkování a s tím související nárůst nákladů za ukládání na skládku.
- b) Rozhodující je také otázka centralizovaného nebo decentralizovaného využití kalů a s tím související další náklady na dopravu.
- c) Využití/ zhodnocení samo o sobě bude ziskové pouze zřídka. Zisku z prodeje přímých odpadních produktů z čistíren důlní vody/ z úpraven vody bude možné dosáhnout jen těžko. Rentabilitu může provozovatel úpravny vody dosáhnout jen úsporou nákladů za zneškodnění a zájemce/zhodnotitel minimalizací nákladů za nákup „suroviny“ za předpokladu, že mu tato bude přenechána zdarma, levně nebo dokonce s určitým podílem na nákladech.

Shrnutí a výhled

Z vyhodnocení dat poskytnutých provozovateli čistíren důlní vody/ z úpraven vody a provedeného průzkumu lze vyvodit následující závěry:

- Možnosti pro využití odpadních produktů z čistíren důlní vody/ z úpraven vody v Sasku jsou v současné době pouze pro kaly hydroxidu železa.
- Složení kalů hydroxidu železa se podle lokality výskytu liší a jsou silně závislé na látkách obsažených ve vodě.
- V důsledku toho se možnosti využití těchto kalů lokálně velmi liší.
- Možnost univerzálního využití pro všechny kaly hydroxidu železa nebude k dispozici.
- Vedle stávajících a známých možností využití kalů probíhá v současné době na toto téma rozmanitý a intenzivní výzkum.
- Výsledkem může být konglomerát řešení pro různé možnosti využití.
- Je možné si představit spolufinancování využití tak, že by částečně odpadly nákladů na zneškodnění.
- Ne všechny kaly bude možné znovu využít.

S postupným útlumem těžby hnědého uhlí a s tím související restrukturalizací na území hnědouhelných revírů v Sasku se v budoucnu změní také množství kalů hydroxidů železa. Tomu se přizpůsobí také možnosti dalšího použití a s rozvojem technických možností se i ty budou měnit. Situaci bude potřeba v určitém okamžiku odpovídajícím způsobem znovu vyhodnotit.

Literatura

Bilek, F.; Koch, Ch.; Bücker, J.; Luckner, I. (2013): Bergrechtlich bestimmter Umgang mit den in den folgegebieten des Braunkohlebergbaus anfallenden Eisenhydroxidschlammern in Süd-Brandenburg. Studie. Auftraggeber: LMBV.

Impressum

Vydavatel:

Tento dokument byl vytvořen v rámci realizace projektu Vita-Min. Projekt Vita-Min byl podpořen z prostředků evropského Fondu pro regionální rozvoj v rámci Programu spolupráce SN-CZ 2014-2020. Partnery projektu jsou Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie / Saský úřad ŽP, zemědělství a ekologii (Leadpartner), město Oelsnitz/Erzgeb. a Ústecký kraj.

Všechny dílčí projekty LfULG jsou přínosem projektu „Pro čistou vodu v Sasku“ (Für saubere Gewässer in Sachsen).

V případě otázek a informací k tomuto dílčímu projektu kontaktujte:

Kontaktní osoba

Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Kontaktní osoba: Kathleen Lünich
Telefon: + 49 351 89284420
E-Mail: kathleen.luenich@smul.sachsen.de

Zpracovatel:

Výsledky tohoto dílčího projektu zpracovala v rámci zakázky LfULG
Firma G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH, Niederlassung Freiberg.

Fotografie na titulní straně:

G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH (2007): Schwertmannit
vytvořený na opoře (EU-Projekt ProMine)

Redakční uzávěrka:

24.04.2020

Další informace najdete na
www.vitamin-projekt.eu