Komplexní řešení pro sanace lokalit kontaminovaných kyanidy

Helena Burešová [1], Zdeněk Formánek [1], Ondřej Pařízek [2], Vladimír Kočí [2]

[1] GIS-GEOINDUSTRY, s. r. o., Tleskačova 1329/16, 323 00 Plzeň
e-mail: buresova@geoindustry.cz
[2] Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6

Souhrn

V příspěvku jsou shrnuty výsledky tříletého projektu TAČR s názvem "Komplexní řešení pro sanace lokalit kontaminovaných kyanidy", který probíhal v letech 2013–2015. Cílem projektu byl vývoj metod dekontaminace vody znečištěné kyanidy pomocí oxidace H_2O_2 a UV. V projektu byly navrženy metody, provedena jejich optimalizace v laboratorních podmínkách a ověření laboratorních výsledků v poloprovozu na lokalitě kontaminované kyanidy. Dalším cílem bylo hodnocení environmentálních dopadů jednotlivých sanačních metod pomocí metody Posuzování životního cyklu (Life cycle assessment – LCA). V závěru projektu bylo na základě poloprovozních poznatků zkonstruováno oxidační zařízení pro dekontaminaci vody znečištěné kyanidy.

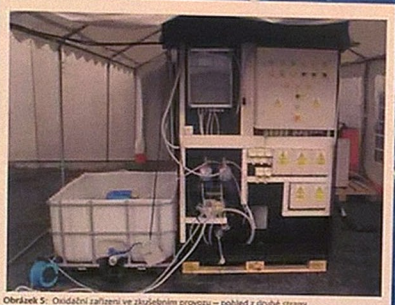
Úvod

V projektu byly optimalizovány parametry oxidace kyanidů v odpadních vodách pomocí H_2O_2 a UV. Práce na projektu probíhaly v několika souvisejících blocích:

- Ověřovací testy v laboratorních podmínkách,
- Testování zařízení v poloprovozním měřítku na lokalitě průmyslového areálu v ČR, na níž se nachází podzemní voda silně kontaminovaná kyanidy.
- Vytvoření řídicího systému, který umožňuje dálkové sledování některých parametrů a automatické nastavování technologie.
- Hodnocení environmentálních přínosů a dopadů daných technologií pomocí metody LCA (Life cycle assessment).

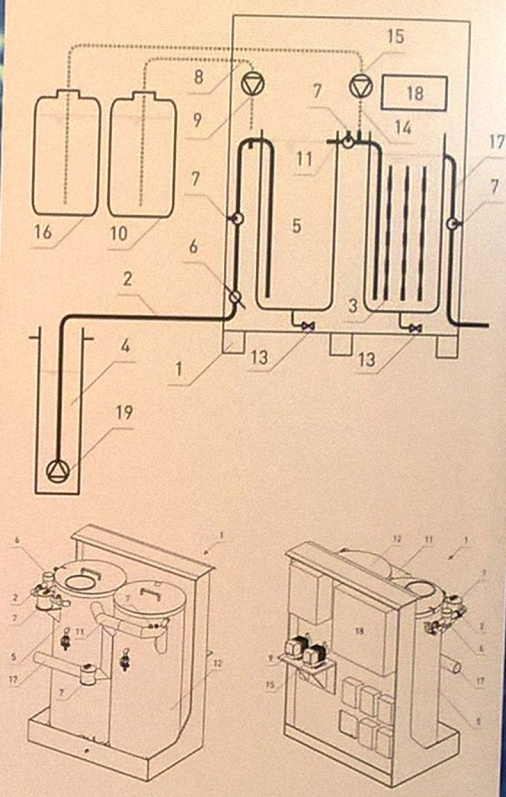
Získané poznatky z testování technologie a dalších bloků projektu byly použity při tvorbě finálního zařízení pro dekontaminaci vody znečištěné kyanidy.

Obrázek 4: Oxidační zařízení ve zkušebním provozu



Obrázek 5: Oxidační zařízení ve zkušebním provozu – pohled z druhé strany

Obrázek 6: 3D nákres zařízení



Obrázek 1, 2, 3: Funkční a technická schémata finálního oxidačního zařízení. 1 – zařízení pro dekontaminaci znečištěné vody, 2 – přívodní potrubí, 3 – zdroj UV záření, 4 – zdroj znečištěné vody, 5 – první nádoba, 6 – průtokoměr, 7 – senzor kvality vody, 8 – vedení chemikálie pro změnu pH, 9 – dávkovací čerpadlo, 10 – zdroj chemikálie pro změnu pH, 11 – spojovací potrubí mezi nádobami, 12 – druhá nádoba, 13 – vypouštěcí ventil, 14 – vedení peroxidu, 15 – dávkovací čerpadlo peroxidu, 16 – zdroj peroxidu, 17 – vypouštěcí potrubí pro odvádění vody, 18 – řídicí jednotka, 19 – čerpadlo zdroje znečištěné vody, 20 – datové úložiště, 21 – modem, 22 – displej, 23 – rozhraní pro obsluhu.

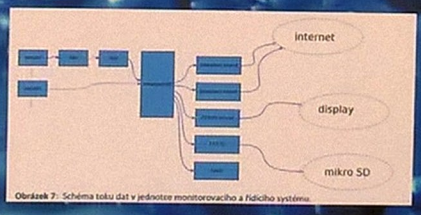
Oxidační procesy

Pokročilé oxidační procesy (AOP – Advanced oxidation processes), které zahrnují kombinaci chemického oxidantu a ultrafialového záření za účelem vytvoření hydroxylového radikálu (OH). Hydroxylové radikály reagují s jakoukoliv sloučeninou schopnou oxidace, přičemž následuje sled oxidačních a degradačních reakcí. Technologie AOP jsou vhodné na odstranění organických i anorganických polutantů z odpadních vod. Peroxid vodíku (H_2O_2) je silnější oxidant než kyslík, ale slabší než ozón. Peroxid vodíku je pro oxidaci často používán, protože je relativně levný, rozpustný ve vodě, jednoduše se s ním manipuluje a snadno se skladuje. Kyanidy jsou hydroxylovými radikály oxidovány podle následujících rovnic [1,2]:

$$CN^- + 2\,OH^\cdot \rightarrow OCN^- + H_2O$$
$$CNO^- + 3\,OH^\cdot \rightarrow HCO_3^- + \tfrac{1}{2}\,N_2(g) + H_2O$$
$$CNO^- + 6\,OH^\cdot \rightarrow HCO_3^- + NO_3^- + H^+ + 2\,H_2O$$
$$CNO^- + 8\,OH^\cdot \rightarrow HCO_3^- + NO_3^- + H^+ + 3\,H_2O$$

Fotolýza UV zářením může zefektivnit oxidačně-redukční reakce poskytnutím energie z elektromagnetického záření jako katalyzátoru procesů přesunu elektronů. Kyanidy pak mohou být oxidovány jako následek fotolýzy H_2O_2, kterou jsou také tvořeny hydroxylové radikály:

$$H_2O_2 \rightarrow 2\,OH^\cdot$$

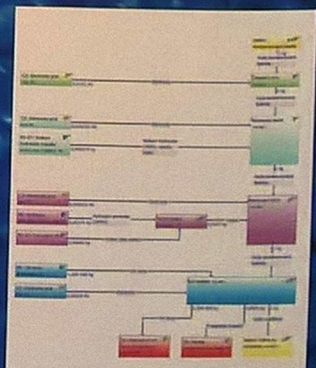


Obrázek 7: Schéma toku dat v jednotce monitorovacího a řídicího systému.

Řídicí systém

Dalším blokem projektu bylo "Automatické řízení chemické oxidace pro účely sanací lokalit kontaminovaných kyanidy" [4]. Cílem bloku bylo vytvoření systému měření některých vstupních a výstupních parametrů upravované vody, telemetrického sledování činnosti zařízení a nastavování jeho funkčních parametrů. Výsledkem bloku byl software pro kontrolu technologie na lokalitě a její automatické řízení.

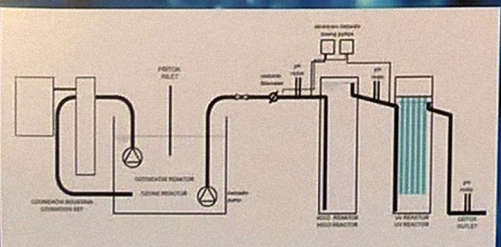
Měřicí a vizualizační systém sestával z měřicích sond pH a oxidačně-redukčního potenciálu na vstupu, měřicích sond pH a oxidačně-redukčního potenciálu na výstupu, bezpotenciálového kontaktu připojeného na impulsní vodoměr kontaminované vody, kontaktu dávkovače peroxidu vodíku, bezpotenciálového kontaktu řídicích jednotek jednotlivých lamp UV a vlastní procesní a zobrazovací jednotky datového koncentrátoru. Schéma toku dat je uvedeno na obr. 7.



Obrázek 8: LCA analýza – produktové schéma oxidace vytvořené v software Gabi 6.

Hodnocení environmentálních dopadů

Cílem dalšího navazujícího bloku projektu bylo hodnocení environmentálních přínosů či eventuální zátěže různých variant oxidace odpadní vody pomocí metody posuzování životního cyklu (LCA – Life Cycle Assessment). Ve studii byly porovnány environmentální dopady provádění různých metod oxidace vody kontaminované kyanidy. [5] Jednotlivé varianty vycházely z poloprovozních zkoušek oxidačního zařízení. Produktové schéma jedné z variant oxidace vody pomocí H_2O_2 a UV je uvedeno na obr. 8.



Obrázek 9: Kombinování technologie s dalšími oxidačními metodami, například s ozonizací

Konstrukce oxidačního zařízení

Poznatky získané ve všech předchozích fázích projektu byly propojeny a využity při tvorbě finálního oxidačního zařízení. Výsledek byl registrován na Úřadě průmyslového vlastnictví jako užitný vzor s názvem "Zařízení pro dekontaminaci vody znečištěné kyanidy" [6]. Provozní schéma zařízení a jeho jednotlivé části jsou uvedeny na obr. 1, 2 a 3. Provoz zařízení v reálných podmínkách je vidět na obr. 4 a 5. Finální zařízení je kompaktní a snadno přepravitelné přímo na místo použití. Zařízení je snadno kombinovatelné s dalšími čisticími technologiemi, např. ozonizací (viz obr. 9). Technologie je variabilní i z hlediska použitých činidel, kdy lze pomocí zařízení dávkovat i jiné látky než H_2O_2. Nedílnou součástí finálního nástroje je monitorovací a řídicí systém, který umožňuje dálkové sledování a řízení provozu a kontinuální měření některých fyzikálně-chemických parametrů.

Poděkování

Práce vznikla s finanční podporou programu Alfa Technické agentury České republiky, v rámci projektu Ta03021286 – Komplexní řešení pro sanace lokalit kontaminovaných kyanidy.

Literatura

[1] Montenegrado, J.M., Rodriguez, I., Valiente, J., 2004: Advanced oxidation processes for detoxification of cyanide from thermoelectric power station waste waters. J Chem Technol Biotechnol 79: 117125
[2] Young, C.A., Jordan, T.S., 1995: Cyanide remediation: current and past technologies. Proceedings of the 50th Annual Conference on Hazardous Waste Research, May 23-24, 1995, Kansas State University, Manhattan, Kansas, USA, 104129.
[3] Burešová, H., Pařízek, O., Formánek, Z., Hlousek, P., Kočí, V., 2015: Sanace lokalit kontaminovaných kyanidy. Vodní hospodářství 2, 7-10.
[4] Burešová, H., Klívanek, Z., Musil, M., Formánek, Z., Kočí, V., 2015: Automatické řízení chemické oxidace pro účely sanací lokalit kontaminovaných kyanidy. Příspěvek ve sborníku konference Odpadové fórum, 28.30.3. 2015, Hotel Centro, Hluboká nad Vltavou. ISBN 978-80-85990-26-9
[5] Burešová, H., Kočí, V., Pařízek, O., 2016: Posouzení životního cyklu technologických variant rozkladu kyanidů ve vodách. Vodní hospodářství 2, ISSN 1211-0760
[6] GIS-GEOINDUSTRY s.r.o., 2016: Zařízení pro dekontaminaci vody znečištěné kyanidy. užitný vzor, č. zápisu 28896.