

## SANÁCIA PRIEMYSELNÉHO AREÁLU V ŽIARI NAD HRONOM

Miriám ŤAHÚŇOVÁ - Emília HRONCOVÁ - Juraj LADOMERSKÝ

## REMEDIATION OF INDUSTRIAL AREA IN RADIATION OVER HRON



### ABSTRAKT

*Brownfields (rozumej nevyužívané plochy sídiel, nesúce následky bývalého užívania) vznikajú ako vedľajší dôsledok priemyselnej alebo inej reštrukturalizácie využívaných území v ktorejkoľvek krajine a v ktoromkoľvek čase. Dynamické spoločenské a najmä ekonomické zmeny (napríklad prechod z plánovanej do trhovej ekonomiky, utlmenie štátneho a rozvoj súkromného podnikania) spôsobili v štátoch strednej a východnej Európy vznik veľkého množstva brownfields, na ktoré je nezriedka viazaná extrémne veľká záťaž vo forme polozničených výrobných, či administratívnych budov, zvyškov priemyselných prevádzok, kovového šrotu, znečisteného životného prostredia (vytečených výrobných, alebo prevádzkových kvapalín) a podobne. Nové využívanie brownfields zväčša vyžaduje významné finančné zdroje aj zo strany verejného sektora a doba nápravy môže trvať desaťročia (Ferber et al. 2006). V súvislosti s tým sa do popredia výrazne dostáva problematika brownfields ako starých environmentálnych záťaží. Je to dané jednak stavom životného prostredia a neustálou snahou o jeho zlepšenie, ale rovnako je to podmienené aj relatívne novou legislatívou, ktorá upravuje túto oblasť ochrany životného prostredia. Napriek tomu, že je táto téma z hľadiska existencie legislatívy na Slovensku nováčikom, v priemyselnom areáli v Žiari nad Hronom a predovšetkým v samotnej spoločnosti ZSNP, a.s. bolo a je vysporadúvanie sa so starými environmentálnymi záťažami bežnou súčasťou fungovania podniku. Len vďaka aktívnemu prístupu spoločnosti ZSNP, a.s. a dobrej spolupráci s orgánmi štátnej správy a samosprávy na úseku ochrany životného prostredia zaradujeme dnes Žiarsku kotlinu medzi územia so slabým znečistením a nie medzi zaťažené územia ako tomu bolo donedávna. Práca rieši komplexný prieskum a riešenie brownfields veľkého priemyselného areálu v Žiari nad Hronom. Cieľom práce je získať komplexný obraz o brownfields, sanačných prác a ďalších postupov pri prevádzke predmetného veľkého priemyselného areálu.*

**KLÚČOVÉ SLOVÁ:** brownfields, veľké priemyselné areály, prieskum, riziková analýza, sanácia

### ABSTRAKT

*Brownfields arise as a side effect of industrial or other remediation of land use in any country at any time. Dynamic social and especially economic changes have caused a large number of brownfields in Central and Eastern Europe. The re-use of brownfields mostly requires significant financial resources from the public sector, and the recovery period may take decades (Ferber et al. 2006). In this context, the issue of brownfields as old environmental burdens is coming to the forefront. Despite the fact that this topic is a newcomer in terms of the existence of legislation in Slovakia, in the industrial area in Žiar nad Hronom and above all in ZSNP, a.s. dealing with old environmental burdens has been and is a common part of the business. The work solves a complex survey and solution of brownfields of a large industrial complex in Žiar nad Hronom. The aim of this work is to obtain a comprehensive*



*picture of brownfields, remediation works and other procedures in the operation of the large industrial site.*

**KEY WORDS:** *brownfields, large industrial sites, research, risk analysis, remediation*

## ÚVOD

Na Slovensku ale i vo svete existuje celý rad veľkých priemyselných areálov. Podľa autorov Ferber, et al. (2006) a Rusko (2017) ich môžeme podľa využívania rozdeliť nasledovne:

- staré veľké nevyužívané a opustené priemyselné areály,
- staré veľké priemyselné areály, ktoré prechádzajú postupnou rekonštrukciou,
- nové veľké priemyselné areály.

Z pohľadu vzťahu k životnému prostrediu sú najproblematickejšími samozrejme staré priemyselné areály, pretože väčšina z nich vznikala a bola prevádzkovaná v období, keď ešte nejestvoval potrebný legislatívny rámec zabezpečujúci ochranu životného prostredia, resp. len čerstvo vznikali. V súčasnosti je však nevyhnutné takéto areály prispôsobiť požiadavkám platnej legislatívy v oblasti ochrany životného prostredia, čo si samozrejme vyžaduje nemalé finančné náklady. Aj preto mnohí investori radšej uprednostňujú investovanie na zelenej lúke, tzv. greenfields (Petríková, et al. 2013). Toto je ale všetko na úkor záberu kvalitnej poľnohospodárskej pôdy, pričom pôvodné priemyselné areály ostávajú opustené a bez náležitej starostlivosti.

Veľký priemyselný areál v Žiari nad Hronom patrí medzi staré priemyselné areály, ktoré prechádzajú postupnou rekonštrukciou, čím vznikajú priestory pre nové investičné akcie. V celom areáli prebehli rozsiahle prieskumy zamerané na kvalitu zložiek životného prostredia. Predovšetkým sa jednalo o prieskumy horninového prostredia a prieskumy a následné monitorovacie práce v oblasti kvality podzemných vôd. Na základe uvedených prieskumov boli identifikované kritické miesta areálu, ktoré bolo potrebné riešiť úpravami, revitalizáciou, prípadne sanáciou. Po realizácii takýchto zásahov bolo možné pokračovať vo výrobe produktov modernejším spôsobom, resp. tak vznikli priestory pre rozširovanie pôvodných prevádzok alebo priestory pre nových investorov, ktorí mohli začať podnikáť v dotknutej priemyselnej zóne.

Výskum autorov je zameraný na získanie komplexného obrazu o realizovaných sanačných prácach a na základe získaných poznatkov vytvorenie návrhu ďalšieho postupu riešenia problematiky, resp. potenciálu ďalšieho rozvoja brownfield priemyselného areálu Žiar nad Hronom.

Na Slovensku existuje viac ako 880 pravdepodobných a 311 potvrdených environmentálnych záťaží, (envirozataze.enviroportal.sk, 2018). Environmentálne záťaže predstavujú znečistenie územia spôsobené činnosťou človeka, ktoré predstavuje závažné riziko pre ľudské zdravie alebo horninové prostredie, podzemnú vodu a pôdu s výnimkou environmentálnej škody (Zákon č. 569/2007 Zb.z.) a častokrát sú prítomné bez úplného zabezpečenia na zabránenie ich negatívneho vplyvu na životné prostredie. A presne toto je dôvod, prečo je množstvo predovšetkým starých priemyselných areálov zaradených do pravdepodobných ale aj potvrdených environmentálnych záťaží. Veľmi podobné je to aj v priemyselnom areáli Žiar nad Hronom.

Širokej a odbornej verejnosti je všeobecne známe ako v minulosti negatívne pôsobila žiarska hliníkareň na jej bezprostredné i vzdialené okolie. Rovnako je známe, ale menej sa zdôrazňuje a uvedomuje skutočnosť, že bývalý štátny podnik ZSNP mohol v podmienkach centrálného a direktívneho riadenia, svoju hospodársku činnosť a ekologické aktivity uskutočňovať len v určenom rámci.

Počas existencie podniku výroba elektrolytického hliníka, ktorá sa v ZSNP začala v roku 1953, postupnou intenzifikáciou výroby vzrástla z pôvodných 48 tis. ton za rok na 70 tis. ton za rok, výroba anódovej, elektródovej a dusacej hmoty z 50 tis. ton za rok na 100 tis. ton za rok. Rozšírením výroby oxidu hlinitého o Bayerovskú vetvu, vzrástla jej produkcia na 210 tis. ton za rok z pôvodných 140 tis.

ton za rok. Úmerne s výrobou sa zvyšovali potreby elektrickej energie, tepla a pary, z čoho ZSNP na prevádzke energetického hospodárstva zaisťovala výrobu v rozsahu 800 – 1300 MW ročne.

Ekologický stav v okolí ZSNP po dosiahnutí projektovanej kapacity výroby (hliník, oxid hlinitý, anódové hmoty) v 60-tych rokoch bol priam katastrofálny. Hoci realizáciou technických opatrení sa podarilo znížiť hlavne znečistenie ovzdušia emisiami fluóru a prachu, bolo monitoringom preukázané, že redukcia zníženia znečistenia je nedostatočná a závery výsledkov výskumu potvrdili, že pri súčasnej technológii výroby elektrolytického hliníka sa vyčerpali všetky technické i technologické možnosti na zníženie zaťaženia životného prostredia. Bolo jasné, že inštalovaná technológia nemôže zabezpečiť zlepšenie ekologickej situácie a bol zvolený smer zásadnej rekonštrukcie elektrolytickej výroby na vopred vypaľované anódy. Takáto aktivita vznikla v ZSNP už v roku 1968 a napríklad Federálna vláda Československej republiky prijala uznesenie č. 172/69 a vlády Slovenskej republiky č. 304/70 o podstatnom znížení fluórových a dechtových exhalátov v ZSNP Žiar nad Hronom, rekonštrukciou elektrolýzy na vopred vypaľované anódy. Žiaľ, všetky tie kroky až do roku 1985 ostali len pri uzneseniach.

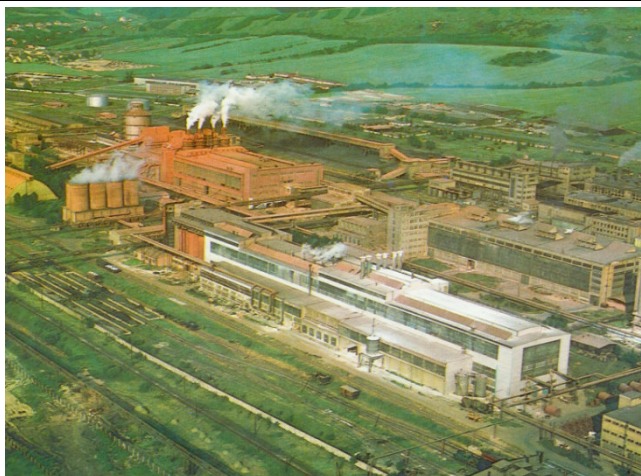
Neskôr v roku 1980 vypracoval ZSNP program nevyhnutných ekologických akcií a prehlásil technickú pripravenosť realizovať tieto akcie. Tento program i cez všetky zmeny v štáte a spoločnosti je s malými obmenami a upresneniami platný dodnes. V roku 1985 bol tento dokument oficiálne odsúhlasený ako koncepcia ochrany životného prostredia v ZSNP Žiar nad Hronom do roku 2000. Je v nej dokumentované, že pre docelenie ekologickej rovnováhy je nutná realizácia 20-tich akcií – stavieb, s nákladom 6 miliárd Kčs, v cenovej úrovni roku 1985. Žiaľ, postup realizácie nebol adekvátny jeho významu, pretože stavby nebolo možné realizovať podľa ekologických priorít, ale len podľa množstva direktívne pridelovaných finančných prostriedkov.

V priebehu rokov 1985 – 1990 sa z pôvodného programu realizovalo celkom 8 stavieb, z ktorých 5 prispelo k zníženiu znečistenia ovzdušia, jednou stavbou sa zaisťovalo zníženie spotreby vody a 2 stavby sa realizovali za účelom zvýšenia kapacity skládok odpadov. V daných podmienkach je možné za čiastkový úspech označiť skutočnosť, že intenzifikáciou výroby proporcionálne nenarastalo zaťaženie prostredia s výnimkou produkcie odpadov, ale sa docielilo postupné znižovanie znečistenia ovzdušia a zlepšilo sa využívanie vody.

### Súčasný stav riešenej problematiky

Na Slovensku v súčasnosti už existuje legislatíva, ktorá opatreniami na svojom úseku v princípe predchádza vzniku nových veľkých priemyselných areálov, ktoré by mohli predstavovať hrozbu pre životné prostredie. Jednak sa jedná o legislatívu v oblasti posudzovania vplyvov na životné prostredie v zmysle zákona NR SR 24/2006 Z. z. v znení neskorších zmien a rovnako túto oblasť rieši aj legislatíva úseku integrovanej ochrany a kontroly znečistenia životného prostredia, teda IPK, konkrétne zákon NR SR 39/2013 Z. z. v znení neskorších zmien, ktorý vychádza zo smernice Rady Európy 96/61/ES o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia (IPK, resp. angl. IPPC). Všetka uvedená legislatíva komplexne zastrešuje proces posúdenia, povolenia, prevádzkovania ale aj uzatvorenia a prípadného odstránenia veľkých priemyselných podnikov, ktoré by mohli byť akýmsi srdcom veľkých priemyselných areálov.

Čo sa týka opustených veľkých priemyselných areálov zaradených medzi environmentálne záťaž, ktoré vznikali ešte v minulom storočí, resp. v období neexistencie potrebnej legislatívy a zároveň ich vlastníci, resp. vlastníci pozemkov pod týmito areálmi nie sú povinnou osobou v zmysle zákona NR SR 409/2011 Z.z. o niektorých opatreniach na úseku environmentálnej záťaž, je možné na ich prieskum a sanáciu čerpať finančné prostriedky z Operačného programu Kvalita životného prostredia pre roky 2014 – 2020. Konkrétne sa jedná o Investičnú prioritu 4 prioritnej osi 1: 1.4 Prijatie opatrení na zlepšenie mestského prostredia, revitalizácie miest, oživenia a dekontaminácie opustených priemyselných areálov (vrátane oblastí, ktoré prechádzajú zmenou), zníženie miery znečistenia ovzdušia a podpory opatrení na zníženie hluku. Pričom MŽP SR ako riadiaci orgán Operačného programu si stanovilo cieľ zvýšenie podielu sanovaných lokalít s evidovanými environmentálnymi záťažami



**Obrázok 1** Pohľad na pôvodné prevádzky Kyslíčkáreň a Tepláreň (80-te roky 20. stor.)

Priemyselný areál v Žiari nad Hronom vzniká postupne od roku 1951. Vtedy boli vybudované prvé prevádzky, ktoré sa postupne rozrastali a zároveň pribúdali ďalšie, ktoré priamo alebo nepriamo súviseli s výrobou a spracovaním hliníka. Celý areál bol známy ako Závod slovenského národného povstania Žiar nad Hronom. Postupom rokov, predovšetkým v posledných 25 rokoch prešiel však areál ako taký rozsiahlymi zmenami. V prvom rade to boli zmeny vlastníckych vzťahov a obchodných foriem až po konečné rozdelenie jedného veľkého podniku na niekoľko menších so strategickými investormi. Tak sa postupne z národného podniku Závod slovenského národného povstania stal ZSNP, a.s. s rozlohou 1 673 612 m<sup>2</sup>. A pokiaľ v minulosti areál tvoril jeden podnik s jedným vedením a teda aj strategickými rozhodnutiami, v súčasnosti v areáli podniká takmer 50 spoločností. V rámci toho je samozrejme nesmierne ťažké robiť akékoľvek spoločné rozhodnutia. Avšak riešenie environmentálnych problémov sa týkalo celého areálu a začalo sa s ním dávno pred rozdelením podniku.

Samotné riešenie environmentálnych problémov nadobudlo v ZSNP, a.s. nový rozmer v 90-tych rokoch. Začalo sa s riešením historických environmentálnych záťaží, ktoré vznikli ako následok vtedy 42-ročného prevádzkovania výroby hliníka, oxidu hlinitého, anódovej hmoty ale aj výroby v jednotlivých prevádzkach spracovávaní hliníka (obr. 1). Impulzom pre riešenie historických environmentálnych škôd bolo podpísanie úverovej zmluvy s Európskou bankou pre obnovu a rozvoj (EBRD), ktorá do projektu modernizácie výroby hliníka a teda výstavby novej výrobné haly na produkciu primárneho hliníka vstúpila s podmienkou, že výroba hliníka bude environmentálne nezávadná, bude vyhovovať aj najprísnejším normám pre životné prostredie v Európe a navyše dôjde aj k nápravným opatreniam v oblastiach, kde bolo v minulosti životné prostredie narušené.

## Sanácie

V priemyselnom areáli v Žiari nad Hronom bolo na základe realizovaných prieskumov, resp. dlhodobých vyhodnotení monitorovacích prác vykonaných niekoľko sanačných opatrení. Sanácia je taký zásah, pri ktorom dôjde k likvidácii (odstráneniu) znečistenia, imobilizácii znečistenia, alebo ku stavu, kedy sa hovorí o riadenom znečistení.

Vzhľadom na charakter lokality je potrebný výber vhodných sanačných metód pre odstránenie znečistenia. Hlavnou zásadou pre realizáciu sanačných prác je odstránenie všetkých aktívnych zdrojov znečistenia.

Pre sanáciu podzemných vôd je možné použiť nasledovné základné postupy:

- Sanácia aktívna (likvidácia znečistenia) – dôjde k likvidácii znečistenia v danom priestore, a to až na požadované hodnoty, ktoré neohrozujú okolie.

- Sanácia pasívna (imobilizácia znečistenia) – jedná sa o postup, ktorý zamedzí šíreniu kontaminácie mimo zistený priestor. Negatívne pôsobenie škodlivých látok je obmedzené iba na znečistený priestor.
- Riadenie znečistenia – je stav, kedy z ekonomických, alebo technologických dôvodov nie je možné vykonať sanačný zásah a celá znečistená oblasť je monitorovaná. Ak sa kontaminácia nepohybuje, sú iba pripravené havarijné opatrenia pre likvidáciu mimoriadnych situácií.

Pre podzemné vody ako aktívnu sanáciu je možné využiť nasledovné metódy:

**Čerpanie znečistených podzemných vôd.** Ide o metódu, kedy je znečistená podzemná voda čerpaná a po vyčistení vypúšťaná do recipientu, kanalizácie a pod. K čerpaniu sú využívané vystrojené vrty, sanačné ryhy, prirodzené depresie a pod. Čerpanie je v posledných rokoch nahradzované razantnejšími zásahmi, pretože jeho efektívnosť ako aj finančná náročnosť je z dlhodobého hľadiska nevyhovujúca, ale v prípade sanácie rozpustených látok je táto metóda nezastupiteľná. Metóda je vhodná pre dobre priepustné prostredie.

**Premývanie horninového prostredia vodou s odčerpávaním a čistením podzemných vôd.** Jedná sa o pomerne bežne využívanú metódu spočívajúcu v premývaní horninového prostredia vodou. Voda je do prostredia aplikovaná celým radom spôsobov, ako napr. jednoduchým rozstrekom na terén, pomocou systému zasakovacích rýh, alebo zatlačením vody priamo do vrtu. Voda prechádza horninovým prostredím a znečistenie vyplavuje, prípadne rozpustí. Podzemná voda so znečistením je odčerpávaná pomocou vystrojených vrtov. Tento postup je limitovaný niekoľkými predpokladmi:

- horninové podložie musí byť dobre priepustné a relatívne homogénne,
- množstvo podzemnej vody musí umožňovať vytvorenie depresného kužeľa,
- znečistenie musí byť dobre rozpustné vo vode.

Výhodou tohto postupu je to, že nie je spravidla potrebné vykonať veľké zemné práce, prípadne búrať objekty.

## Sanácia odkaliska

Najdlhšiu dobu realizácie si vyžiadali 2 opatrenia súvisiace s najrozsiahlejšou starou environmentálnou záťažou v ZSNP, a.s., teda s odkaliskom hnedého a červeného kalu z výroby oxidu hlinitého. Problematika čistenia alkalických vôd ako aj problematika rekultivácie odkaliska.

Výroba oxidu hlinitého prebiehala v závode Kysličníkáreň. Ako prvá bola spustená technológia výroby spiekačou metódou. Odpadom z tejto výroby bol hnedý kal, ktorý mal konzistenciu a granulometriu jemného štrkopiesku. Vďaka tomu sa relatívne rýchle a dobre odvodňoval, a keďže sa dal dobre zhutniť, bolo možné ho využívať aj na stavbu hrádzí odkaliska. V 80-tych rokoch 20-teho storočia bola uvedená do prevádzky aj nová technológia výroby oxidu hlinitého a to Bayerovou metódou. Odpadom z tohto typu technológie bol červený kal, ktorý bol na rozdiel od hnedého kalu veľmi jemnozrnný a ťažko sa odvodňoval. Zvlhnutý vytváral pastovitú hmotu, z ktorej nebolo možné stavať hrázde. Vplyvom týchto skutočností bol na odkalisku hrádzový systém aj naďalej tvorený hnedým kalom a do takto vzniknutého priestoru sa následne plavil červený kal. Pomer týchto dvoch druhov kalu uložených na odkalisku je zhruba 80 % hnedého kalu a 20 % červeného kalu. Kaly boli na odkalisko plavené spolu s technologickou vodou, ktorá bola v priestoroch odkaliska zbieraná systémom kolektorov. Takto zhromaždená voda sa vracala späť do prevádzky a znovu sa využívala. Kaly uložené na odkalisku majú vysoký obsah alkálií, v dôsledku čoho má voda nachádzajúca sa v telese odkaliska pH 13 – 13,5 a celková jej alkalita vyjadrená ako Na<sub>2</sub>O je v rozpätí 12 – 18 g/l. Ročná produkcia kalov pri plnej kapacite výroby závodu Kysličníkáreň predstavovala 360 tis. ton za rok. Oxid hlinitý z Kysličníkárne sa využíval ako vstupná surovina pre výrobu hliníka v elektrolytických peciach. Po vybudovaní a sprevádzkovaní novej technológie výroby primárneho hliníka sa postupne zistilo, že takto vyrobený oxid hlinitý nevyhovuje podmienkam novej technológie. A tak v súvislosti s uvedenými skutočnosťami ako aj na základe výsledkov auditu

Holandskej kráľovskej spoločnosti Haskoning bola v januári 1998 výroba oxidu hlinitého v ZSNP, a.s. definitívne odstavená.

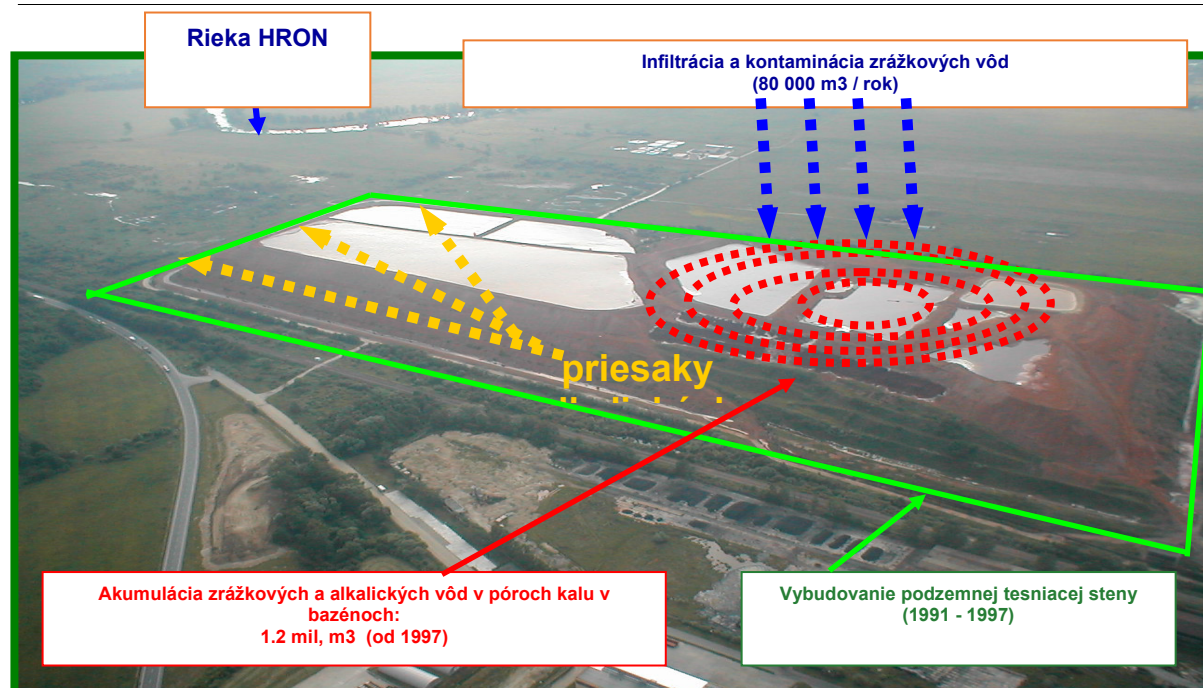
Jej prevádzkou však vzniklo odkalisko s rozlohou 40 ha, dosahuje výšku 42 – 45 m nad okolitým terénom, množstvo uloženého kalu predstavuje 9 - 10 mil. ton a objem voľných a viazaných alkalických vôd bol v roku 2005 hydrogeológmi odhadnutý na cca. 1,2 mil. m<sup>3</sup>. Voda obsiahnutá v telese je z bazénov na temene odkaliska kolektormi a zbernými rigolmi odvedená do akumulčných nádrží, odkiaľ je prečerpávaná späť do horných bazénov (obr. 2).

*Obrázok 2 Pôvodný stav na odkalisku – plné alkalických vôd*



Odkalisko bolo založené postupne v rokoch 1959 – 1967 a o jeho zriadení nie je k dispozícii technická dokumentácia. Z pôvodného monitoringu podzemných vôd v okolí odkaliska vyplynulo, že bolo vybudované bez náležitej izolácie dna. Túto skutočnosť potvrdili aj výsledky geologického a hydrogeologického prieskumu uskutočneného v rokoch 1985 – 1987. Zo skúmaných technických riešení sa ako najefektívnejšia alternatíva pre zabránenie šírenia znečistenia do okolia odkaliska ukázala izolácia odkaliska pomocou nepriepustnej clony po celom obvode zapustenej až do nepriepustného podlažia. Celkový obvod odkaliska predstavuje dĺžku 3 000 m a hrúbka vybudovanej bentonitovej podzemnej tesniacej steny je 60 cm. Nepriepustné podlažie sa podľa konfigurácie terénu nachádza v hĺbke 7 - 15 m pod úrovňou terénu. Koeficient priepustnosti vybudovanej clony je 10<sup>-9</sup> m.s<sup>-1</sup>. Budovanie podzemnej tesniacej steny sa začalo v roku 1991 a bolo rozdelené na 3 etapy. Stavba ako taká bola skolaudovaná na začiatku roku 1997. Výsledky následne vykonávaného monitoringu poukazujú na významnú efektívnosť a účinnosť zabudovanej clony.

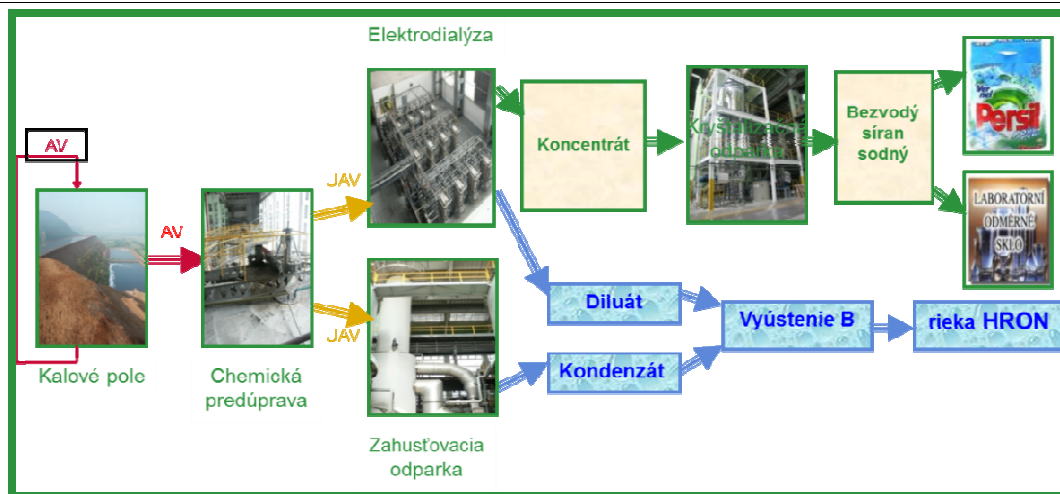
Takéto uzavretie odkaliska v nasledujúcich rokoch spôsobilo nadmerné zvýšenie množstva vôd obsiahnutých v telese odkaliska. Jedná sa predovšetkým o zrážkové vody, ktoré boli prechodom cez teleso odkaliska kontaminované alkáliami až do tej miery, že zodpovedajú vyššie uvedeným charakteristikám pH a alkality. Množstvo alkalických vôd neustále zrážkami narastalo. Na základe prieskumov bolo stanové, že po odpočítaní odparu na odkalisko zrážkami ročne pribudne cca 80 tis. m<sup>3</sup> alkalických vôd. Vody z priestoru celého telesa boli na odkalisku zhromažďované v 2 akumulčných nádržiach, ktoré sa nachádzali na päte odkaliska. Aby nedošlo k ich preliatiu cez hrádze akumulčných nádrží, bolo nevyhnutné takto zhromaždené vody prečerpávať z akumulčných nádrží na päte odkaliska do bazénov na temene odkaliska (obr. 3).



Obrázok 3 Grafické znázornenie systému uzavretia odkaliska podzemnou tesniacou stenou a pribúdania alkalických vôd v telese odkaliska

Bazény boli vlastne priestory na temene odkaliska, ktoré vznikli vytvorením novej hrádze, ktorá ale nebola naplnená kalom. Takýchto bazénov bolo na temene odkaliska celkom 5. V rokoch 2002 – 2004 bola situácia s množstvom alkalického vody na odkalisku taká vážna, že nato aby sa udržal rovnovážny stav a zabránilo sa pretečeniu alkalických vôd cez hrádze odkaliska bolo nutné prečerpávať takmer 1 500 m<sup>3</sup> alkalických hodínovo z akumulčných nádrží do bazénov. S narastajúcim množstvom alkalických vôd vzrastala aj naliehavosť riešenia problematiky ich čistenia a zároveň prijatia takých opatrení, ktoré by zabránili priesaku ďalších zrážkových vôd do telesa odkaliska.

Problematika čistenia alkalických vôd bola nakoniec vyriešená kombináciou 3 technológií. V rokoch 2001 – 2005 bola postupne vybudovaná trojstupňová technológia na komplexné spracovanie alkalických vôd. V prvom stupni sú alkalické vody upravené fyzikálno-chemickým spôsobom, to znamená, že sú neutralizované kyselinou sírovou za pomoci prídavných činidiel a katalyzátorov. Pri procese neutralizácie zároveň prebieha redukcia toxického 6-mocného chrómu na intoxický 3-mocný chróm a súčasne sa z vody odstraňujú prítomné ťažké kovy a hliník. Tieto z procesu vypadávajú vo forme kalu, ktorý sa následne zneškodňuje na skládke odpadov ako nie nebezpečný odpad. Takto upravené vody sú vstupom pre druhý stupeň úpravy, ktorý je založený na dvoch princípoch, a to na princípe elektrodialýzy, a na princípe odparovania. Elektrodialýza na základe elektrofyzikálneho princípu polopriepustných membrán zabezpečuje rozdelenie vstupného toku na diluát s nízkym obsahom solí, ktorý je možné vypúšťať do kanalizácie a koncentrát s vysokým obsahom síranu sodného. Čo sa týka odparovania, ZSNP vybudoval odparku, ktorá pracuje na princípe mechanickej rekompresiebridových pár, ktoré sú spätne používané na ohrev zahusťovaného média. Uvedené zariadenie je z hľadiska komparácie množstva spracovaných alkalických vôd a investičných a prevádzkových nákladov najefektívnejším dostupným zariadením. Výstupom z oboch typov technológie je koncentrát síranu sodného, ktorý je vstupom pre tretí technologický stupeň spracovania alkalických vôd, ktorým je kryštalizačná odparka. Koncentrát je v nej spracovávaný na konečný produkt, ktorým je bezvodý síran sodný využívaný v sklárskom priemysle, resp. v priemysle prácí práškov. Celá technologická linka má projektovanú kapacitu 200 000 m<sup>3</sup> za rok (obr. 4).



Obrázok4 Schematické znázornenie systému prečerpávania a spracovania alkalických vôd

Ako už bolo spomenuté, je absolútne nevyhnutné, aby bolo odkalisko zabezpečené proti priesakom zrážkových vôd, čím sa vylúči nárast množstva alkalických vôd v telese odkaliska. Izoláciu zabezpečila rekultivácia telesa odkaliska.

Prvé zámery na rekultiváciu však počítali iba s biologickou rekultiváciou. Výskumné práce na biologickej rekultivácii začali v roku 1993. V tomto období boli urobené skleníkové skúšky za účelom stanovenia vhodného pomeru kalu a substrátov, ako i preskúmanie odolnosti a vhodnosti sortimentu tráv, drevín a iného biologického materiálu pre dané podmienky. Podľa výsledkov skúšok (72 kombinácií) boli vybraté 4 varianty pre poľné skúšky, ktoré sa realizovali na odkalisku v priebehu rokov 1993 – 1994. Získané poznatky a skúsenosti z týchto skúšok boli uplatnené pri realizácii prevádzkového pokusu biologickej rekultivácie odkaliska, ktoré bol zahájený na jeseň roku 1994 na ploche 1,6 ha.

Na základe pozorovania a hodnotenia vykonaných prevádzkových pokusov a na základe nevyhnutnosti zabezpečenia izolácie telesa odkaliska ZSNP, a.s. pristúpil k novému konceptu riešenia rekultivácie odkaliska. Samotná rekultivácia pozostávala z technickej rekultivácie, ktorá zabezpečuje nepriepustnosť povrchu odkaliska a z biologickej rekultivácie, ktorá zvyšuje estetickú úroveň a zároveň zabezpečila včlenenie odkaliska do okolitej krajiny.

ZSNP stanovil nasledovné 4 základné ciele, ktoré by sa mali dosiahnuť rekultiváciou odkaliska:

- signifikantné zníženie priesakov dažďových vôd do telesa odkaliska,
- zabezpečenie stability odkaliska (zamedzenie zosunom a erózii na svahoch odkaliska),
- elimináciu pevných úletov,
- zvýšenie krajinnno-estetickej úrovne oblasti.

V priebehu roka 2004 boli na odkalisku vykonané rozsiahle hydrogeologické, geofyzikálne, inžiniersko-geologické prieskumy ako aj kompletné geodetické zameranie telesa odkaliska, na základe ktorých sme získali všetky potrebné údaje k vytvoreniu komplexného obrazu o odkalisku a zároveň vstupné podklady pre vypracovanie projektu rekultivácie. Projekt vypracovala spoločnosť A.S.A. spol. s r.o. Praha. Po náročnom pripomienkovom konaní a dopracovaní bola definitívna podoba projektu k dispozícii v apríli 2006.

Rekultivácia bola rozdelená na nasledovné etapy:

- prvá etapa riešila rekultiváciu KPII (kalové pole II) o ploche cca. 5,2 ha, jeho odvodnenie, zatrubnenie gravitačného kanála a vybudovanie prístupovej komunikácie od páty na vrchlík odkaliska a vybudovanie ukládajúcej nádrže na severnej strane
- v druhej etape prebiehlo utesnenie a rekultivácia ostatných plôch odkaliska (bazény KP 0, I, III a IV, svahy, terasy, predpolie a akumulčné nádrže).

Prvá etapa bola zámerne zameraná na riešenie KP II, nakoľko bolo najproblematickejšou časťou celého odkaliska. Práve v KP II bol totiž deponovaný problematický červený kal pochádzajúci z výroby oxidu hlinitého Bayerovou technológiou. Tento druh kalu spôsoboval, že aj odvodnený povrch KP II bol stále nepochôdzny, a tým aj neprístupný pre akékoľvek väčšie mechanizmy. Preto bolo veľmi náročné pripraviť a nainštalovať systém izolácie v tejto časti odkaliska. Okrem iných prác bola v rámci tejto stavby vybudovaná aj tzv. ukládajúca nádrž. Je to nádrž na zníženie kinetickej energie vody odvádzanej z vrchlika KP II, teda z výšky cca. 40 m. Realizácia I. etapy rekultivácie prebehla v druhej polovici roka 2006.

Od apríla 2007 zároveň začali prebiehať práce na druhej etape rekultivácie, ktorá bola rozplánovaná na obdobie rokov 2007 až 2012. V druhej etape boli postupne zrehabilitované všetky ostatné plochy odkaliska, teda vrchlíky, svahy, predpolia a akumulčné nádrže, bolo vybudované ich odvodnenie a zároveň bolo zrealizované zatrubnenie všetkých zostávajúcich gravitačných aj drenážnych kanálov.

V priestore pôvodného bazéna KP IV bol vybudovaný zasakovací drén pre alkalické vody, ako rezerva pre prípad, že sa z nejakého dôvodu nahromadí také množstvo alkalických vôd, že ich opäť bude potrebné prečerpávať. Celý vrchlík v oblasti bazénov KP 0, I, III a IV bol zaizolovaný rovnakým spôsobom, ako bol v prvej etape zaizolovaný vrchlík KP II, to znamená, že rekultivačné vrstvy pozostávajú z terénnych úprav podkladovej vrstvy, pokládky separačnej geotextílie a izolačnej HDPE fólie hr. 1,5 mm s priťažiením, pričom tak ako okolo vrchlika KP II, tak aj tu bol vybudovaný manipulačný pruh, ktorý sa využíval pri dovoze materiálu potrebného pre rekultiváciu svahov odkaliska. Svahy odkaliska boli prekryté bentonitovou rohožou, drenážnym prvkom, ktorý odvádza zrážkovú vodu a vrchnú (priťažujúcu) rekultivačnú vrstvu tvoria geobunky vyplnené štrkovitou zeminou. Predpolie odkaliska je zaizolované až za podzemnú tesniacu stenu HDPE fóliou hr. 1,0 mm, na ktorú je položená ochranná a drenážna vrstva, na ktorú je aplikovaná rekultivačná vrstva zeminy a humóznej zeminy s výsadbou tráv a krovitého porastu. Okrem toho bola na juhovýchodnej strane odkaliska vybudovaná ďalšia ukládajúca nádrž na zníženie kinetickej energie zrážkových vôd odvádzaných z vrchlika KP 0, I a IV. Okolo celého telesa odkaliska bola vybudovaná nová panelová komunikácia. Zo severozápadnej strany bol pôvodný svah nad akumulčnými nádržami príliš dlhý z pohľadu možnosti aplikácie rekultivačných vrstiev, preto bola nad akumulčnými nádržami z tejto strany v rámci presunu hmôt vybudovaná nová priťažovacia lavica z hnedého kalu. Zároveň boli v rámci druhej etapy rekultivácie vybudované aj ďalšie dve prístupové komunikácie od pätý na vrchlík odkaliska. V súčasnosti sa je už rekultivácia odkaliska komplexne ukončená, to znamená, že sú zrehabilitované aj svahy a akumulčné nádrže, ktoré boli zasypané lomovým kameňom, vytvarované pomocou zeminy a zmesi kameniva so zeminou, úprava povrchu bola realizovaná popolčekom a pokládkou izolačných vrstiev v skladbe v zmysle projektu. Okrem toho boli vybudované čerpacie vrtý (studne) v priestore odkaliska a monitorovacie body po obvode odkaliska pred a za PTS ako aj v telese. Boli realizované práce a dodávky pre realizáciu vysiatia trávnik ako aj výsadbu krovín. Početnosť krovín bola dodržaná v zmysle PD ale ich situovanie bolo pozmenené vzhľadom na pretvarovanie akumulčných nádrží. Vysiatie trávneho semena bolo realizované len na vodorovných plochách predpolia a akumulčných nádrží. Osiatie svahov nebolo realizované nakoľko počas výstavby boli realizované pokusy a ich úspešnosť bola nižšia ako 10%.

V roku 2017 bolo odkalisko v rámci odborného technicko-bezpečnostného dohľadu nad vodnou stavbou uvedené do etapy trvalej existencie. Rekultiváciou bolo teleso odkaliska presne v zmysle stanovených cieľov izolované proti priesaku zrážkových vôd, nebudú teda vznikať nové množstvá alkalických vôd, teleso ako také získa vysoký stupeň stability, budú eliminované pevné úlety a výrazne sa zvýši krajinná-estetická úroveň celej oblasti Žiarskej kotliny.



Obrázok 5 Pohľad na zrekultivované odkalisko bez rekultivácie akumulčných nádrží (vpravo) a Pohľad na zrekultivované akumulčné nádrže odkaliska (vľavo)

Cieľom práce je vytvoriť komplexný obraz o preskúmanosti územia a sanačných prácach veľkého priemyselného areálu Žiar nad Hronom a pripraviť návrh ďalších opatrení súvisiacich s revitalizáciou tohto brownfield za účelom rozširovania jeho ďalšieho využitia.

## MATERIÁL A METODIKA VÝSKUMU

Metodika výskumu vyplýva predovšetkým z platnej legislatívy upravujúcej problematiku sanácie environmentálnych záťaží, ale všeobecne by sa dala zhrnúť do nasledovných základných krokov:

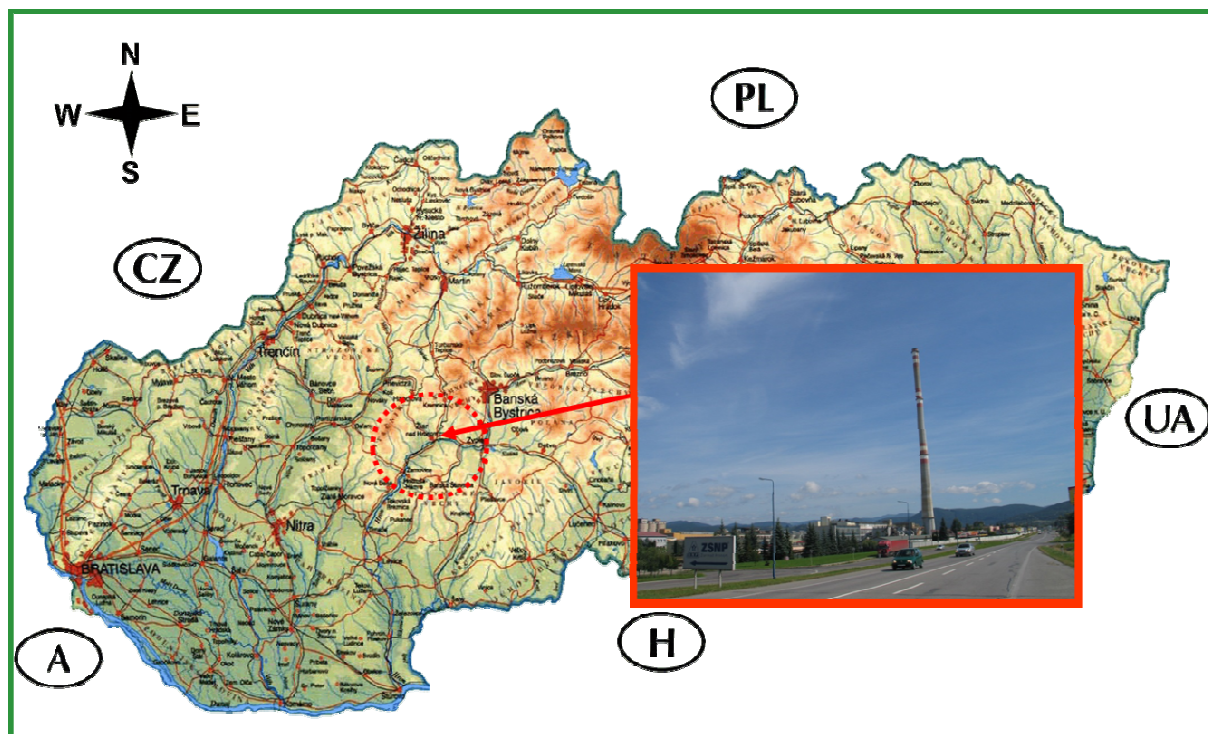
- sumarizácia doterajšej preskúmanosti územia – to znamená získanie prehľadu o výsledkoch všetkých prieskumov realizovaných v záujmovej oblasti
- rekognoskácia lokality a spracovanie projektu prác
- stavebné práce – to znamená, prípadné odťaženie, resp. iné odstránenie zdroja kontaminácie
- vrtné práce – v prípade potreby vybudovanie sanačných vrtov
- vybudovanie infiltračných vrtov
- prečistenie monitorovacích vrtov
- resp. využitie existujúcej monitorovacej siete s prvotným začerpaním vrtov, kvôli ich oživeniu
- v prípade sanácie podzemných vôd čerpaním realizácia hydrodynamickej skúšky a zostavenie hydraulického modelu sanácie
- montáž a optimalizácia sanačnej technológie
- vlastná sanácia - sled, vyhodnocovanie a riadenie procesu
- vzorkovacie a analytické práce
- geodetické práce – polohové a výškopisné zameranie nových objektov vybudovaných v súvislosti so sanáciou
- záverečné spracovanie, vypracovanie, prípadne aktualizácia rizikovej analýzy

Na základe toho, že v kapitole 3. boli zosumarizované doteraz realizované prieskumy a sanačné práce, v ďalšej fáze sa sústredím na záverečné vyhodnotenie monitorovacích prác kvality podzemných vôd v areáli, ktoré je realizované po ukončení posledných sanačných prác súvisiacich so sanáciou priestorov bývalej prevádzky Kysličníka a sanáciou odkaliska kalové pole a na prípravu návrhov na prípadné ďalšie revitalizačné, resp. sanačné práce.

## ZÁUJMOVÁ LOKALITA

Samotnou záujmovou lokalitou je priemyselný areál Žiar nad Hronom, ktorý bol v minulosti tvorený spoločnosťou ZSNP, a.s., prípadne jej dcérskymi spoločnosťami. Dnes v tejto priemyselnej zóne podniká zhruba 50 väčších či menších právnických subjektov. Ich zameranie je predovšetkým na

výrobu a spracovanie hliníka, ale aj na obslužné činnosti súvisiace s výrobou a spracovaním hliníka (výroba a distribúcia rôznych druhov energií, strojárka výroba, stavebné činnosti a pod.).



Obrázok 6 Zaujímavá lokalita priemyselného areálu Žiar nad Hronom

## ODBER VZORIEK

Odber vzoriek podzemných vôd v areáli priemyselnej zóny pre potreby monitoringu realizuje spoločnosť Enviroservis, s.r.o. ako 100% dcérska spoločnosť ZSNP, a.s. Spoločnosť túto činnosť realizuje ako akreditovanú činnosť. Rovnako aj všetky analýzy, ktoré sú vykonávané, sú akreditované. Vykonáva ich buď spoločnosť Enviroservis, s.r.o., resp. IngeoEnvilab, s.r.o. Žilina. Odbery sú v zmysle požiadaviek na akreditáciu podľa normy EN ISO/IEC 17025:2005, resp. ISO/IEC 17025:2017 realizované overenými zariadeniami a do laboratória sú doručené za dodržania všetkých požiadaviek na zabezpečenie kvality odobratej vzorky (teda garancia dodržania stabilnej teploty, prípadne konzervácie odobratých vzoriek).

## LABORATÓRNE ANALÝZY

Analýzy podzemných vôd, resp. pôd boli vykonané v akreditovaných laboratóriách buď spoločnosti Enviroservis, s.r.o. Žiar nad Hronom, resp. IngeoEnvilab, s.r.o. Žilina.

Metódy na určovanie hodnôt ukazovateľov znečistenia v podzemných vodách musia byť v súlade s Nariadením vlády SR č. 269/2010 Z. z., resp. s platnými normami.

Kvalita vzoriek bola vyhodnocovaná na základe odporúčania bývalej Komisie pre životné prostredie, dnes Ministerstvo životného prostredia, ktoré stanovovalo parametre a normy pre sanáciu kontaminovaných pôd a podzemných vôd označené ako hodnoty A, B a C. Tieto hodnoty mali nasledovný význam:

**A-hodnota** - hodnoty pozadia v pôde, alebo podzemnej vode, ktoré približne charakterizujú prirodzený obsah. Tiež ľubovoľné hodnoty detekčných limitov samôžu považovať za A-hodnotu (kategória A).

- B-hodnota** - limitná koncentrácia indexov, ktoré by sa mali určiť prieskumom, aby sa vysvetlil pôvod alebo zdroj kontaminácie (kategória B).
- C-hodnota** - limitná koncentrácia, ktorá vyžaduje sanačné opatrenia, ak sa preukázu riziká migrácie kontaminantov do prostredia alebo ak existujú možnosti poškodzovania určitých zložiek prostredia (kategória C).

Neskôr sa v zmysle platnej legislatívy začali namiesto hodnotenia kvality do kategórií A, B a C používať pojmy:

- ID – indikačné kritérium – je hraničná hodnota koncentrácie znečisťujúcej látky stanovenej v pôde, v horninovom prostredí a podzemnej vode, prekročenie ktorej môže ohroziť ľudské zdravie a životné prostredie, tzn. Zahájiť monitoring znečisteného územia
- IT – intervenčné kritérium – je kritická hodnota koncentrácie znečisťujúcej látky stanovenej v pôde, v horninovom prostredí a podzemnej vode, prekročenie ktorej predpokladá, už pri danom spôsobe využitia územia, vysokú pravdepodobnosť ohrozenia ľudského zdravia a životného prostredia, tzn. vypracovať analýzu rizika znečisteného územia, pravdepodobne s následnou sanáciou znečisteného územia.

Prioritne boli analyzované a sledované parametre, ktoré sa na lokalite vyskytujú a je predpoklad, že môžu vzniknúť pri činnostiach realizovaných v jednotlivých častiach priemyselného areálu.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledkom práce je komplexná sumarizácia preskúmanosti územia priemyselného areálu a získaný prehľad realizovaných sanačných a revitalizačných prác. Rozsiahle prieskumné a monitorovacie práce zložiek životného prostredia prebiehali v areáli priemyselnej zóny v podstate od začiatku 90-tych rokov minulého storočia. Na základe výsledkov týchto prác bolo v areáli realizovaných niekoľko menej náročných ale aj veľmi rozsiahlych projektov revitalizácie a sanácie. Za všetky by som chcela spomenúť sanáciu pôd v okolí prevádzky VUM, sanáciu podzemných vôd znečistených fluórom v priestoroch bývalého závodu Kysličníka a najrozsiahlejšiu akciu, ktorou bola sanácia odkaliska kalové pole. Posledná menovaná sanácia pozostávala z troch samostatných úloh, a to konkrétne z vybudovania podzemnej tesniacej steny okolo odkaliska, vybudovania technológie na spracovanie alkalických vôd a z izolácie odkaliska proti priesakom zrážkových vôd do telesa odkaliska. Realizácia týchto ale aj iných sanačných prác menšieho rozsahu prispela k tomu, že momentálne sa v celej priemyselnej zóne nachádza iba jedna časť opustenej výrobnéj prevádzky, ktorá nie je využívaná.

Môžeme skonštatovať, že na základe výsledkov prieskumných, sanačných, revitalizačných a monitorovacích prác je z doteraz získaných a analyzovaných údajov možné tvrdiť, že v priestoroch veľkého priemyselného areálu brownfield Žiar nad Hronom sa nenachádza žiadna oblasť, ktorá by závažným spôsobom ohrozovala niektorú zo zložiek životného prostredia.

## ZÁVER

Prehľad výsledkov preukazuje, že preskúmanosť územia veľkého priemyselného areálu Žiar nad Hronom je dostatočná na získanie relevantných výsledkov potrebných pre zhodnotenie kvality zložiek životného prostredia (predovšetkým sa jedná o pôdy a podzemné vody) a návrh prípadných ďalších revitalizačných či sanačných opatrení, ktoré by mohli prispieť k zvýšeniu využiteľnosti územia predmetného brownfield z pohľadu rozšírenia jestvujúcich priemyselných činností, resp. realizácie úplne nových výrobných a prevádzkových investičných zámerov.



## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- FERBER, U. et al. 2006. Brownfields príručka [online]. Praha: IURS – Institut pro udržitelný rozvoj sídel, 2006. 90 s. Dostupné na internete:  
[http://fast10.vsb.cz/lepob/index2/handbook\\_cz\\_screen.pdf](http://fast10.vsb.cz/lepob/index2/handbook_cz_screen.pdf)
- Petríková, D., Vojvodíková, B., Samson, N., Jackson, J.B., Finka, M., Toptchiyski, S., Rusu, O.C., Zubková, M., Grigorovschi, M., Ladzianska, Z., Toptchiyska, D., Pletnická, J., Jamečný, L., Ciolacu, D., Jaššo, M., Bláha, P., Maturová, M., Lukš, J., Kralchevska, A. Murínová, T., Bergatt, B. (2013). Príručka pre regeneráciu brownfieldov – BROWNTRANS. Editori: Dagmar Petříková, Barbara Vojvodíková. Vydavateľ: ROAD Bratislava, 2013, 265 s.  
Dostupné na:  
[http://fast10.vsb.cz/browntrans/document/Brownfields\\_handbook\\_Slovak%20version.pdf](http://fast10.vsb.cz/browntrans/document/Brownfields_handbook_Slovak%20version.pdf)
- RUSKO, M. (2017). Environmentálne záťaž ako sprievodný jav hospodárskeho rozvoja územia. Zborník zo VII. medzinárodnej vedeckej konferencie, Bratislava, 24.11.2017, Žilina: Strix ex SSŽP, s. 62-75. ISBN 978-80-89753-14-7
- Smernica Rady 96/61/ES z 24. septembra 1996 o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia
- Zákon NR SR č. 569/2007 Zb.z. o geologických prácach (geologický zákon)
- Zákon NR SR č. 24/2006 Z.z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- Zákon NR SR 39/2013 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- Zákon NR SR č. 409/2011 Z.z. o niektorých opatreniach na úseku environmentálnej záťaže a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- Nariadenie vlády SR č. 269/2010 Z.z. ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd  
[www.envirozataze.enviroportal.sk](http://www.envirozataze.enviroportal.sk)

## ADRESY AUTOROV

### Ing. Miriam Ťahúňová

•Enviroservis, s.r.o., Priemyselná 12, Žiar nad Hronom 965 63, Slovenská republika

e-mail: [tahunova.miriam@zsnp.sk](mailto:tahunova.miriam@zsnp.sk)

•Katedra životného prostredia, Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika

### Doc. Ing. Emília Hroncová, PhD.

European Science and Research Institute, A. Hlinku 2556/29, 960 01 Zvolen, Slovenská republika

e-mail: [emilia.hroncova@gmail.com](mailto:emilia.hroncova@gmail.com)

### Prof. Mgr. Juraj Ladomerský, CSc.

European Science and Research Institute, A. Hlinku 2556/29, 960 01 Zvolen, Slovenská republika

e-mail: [jladomersky@yahoo.co.uk](mailto:jladomersky@yahoo.co.uk)

### RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

*Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.*

### REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

*Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.*