

# Odstránenie environmentálnej záťaže spôsobenej elektrotechnickou výrobou v Piešťanoch

V druhej polovici minulého storočia bolo v okolí kúpeľov Piešťany v prevádzke niekoľko závodov, ktoré charakterom výrobných činností predstavovali potenciálne riziko pre životné prostredie, obzvlášť pre podzemné vody. Jedným z takýchto závodov bol štátny podnik TESLA Piešťany. Areál bývalej TESLY je situovaný v juhozápadnej časti mesta Piešťany na Vrbovskej ceste a nachádza sa v ochrannom pásme II. stupňa prírodných liečivých zdrojov kúpeľného miesta Piešťany. S výstavbou areálu závodu sa začalo v roku 1964 a už v roku 1967 sa spustila výroba diód. S rozvojom výroby sa závod neustále rozširoval, pričom hlavnou činnosťou bola výroba elektronik, polovodičových súčiastok a neskôr integrovaných obvodov, pamätí, procesorov, jednoúčelových elektronických zariadení a mikropočítačov. Výroba v TESLE Piešťany začala po roku 1989 upadať a v roku 1993 došlo k jej úplnému zastaveniu.

## Vznik a príčiny znečistenia

Súčasťou výrobných procesov bolo aj používanie širokého spektra chemických látok, ktoré v zmysle súčasnej legislatívy zameranej na ochranu vôd (zákon č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov) patria do skupiny obzvlášť škodlivých látok. Z tejto skupiny látok si veľmi široké uplatnenie našlo používanie organických rozpúšťadiel na báze chlórovaných uhľovodíkov, hlavne 1,1,2-trichlóretén (TCE) a v menšej miere 1,1,2,2-tetrachlóretén (PCE). V polovici 80. rokov minulého storočia sa v závode spotrebovávalo v priemere viac ako 50 t TCE za rok. Ochrana životného prostredia pri nakladaní s týmito látkami zodpovedala vtedajšej technickej úrovni a rutínnej výrobných praxi v bývalom Československu. Z dnešného pohľadu nedostatočné alebo dokonca žiadne zabezpečenie skladovacích zariadení a manipulačných priestorov voči únikom chlórovaných uhľovodíkov do pôdy, podzemných vôd a ovzdušia, ako aj slabá disciplína zamestnancov pri manipulácii s týmito látkami sa čoskoro prejavili zhoršovaním kvality podzemných vôd, a to aj v značnej vzdialenosti od areálu závodu.

V auguste 1984 vtedajšie Západoslovenské vodárne a kanalizácie, š. p., zistili v rámci sledovania kvality vody dodávanej do verejnej vodovodnej siete znečistenie vody vo vodárenskom zdroji Červené vrbí chlórovanými uhľovodíkmi. Tento vodárenský zdroj je vzdialený približne 350 m severovýchodne od areálu bývalej TESLY, zachytáva podzemné vody akumulované vo vysoko priepustných štrkových náplavoch Váhu a

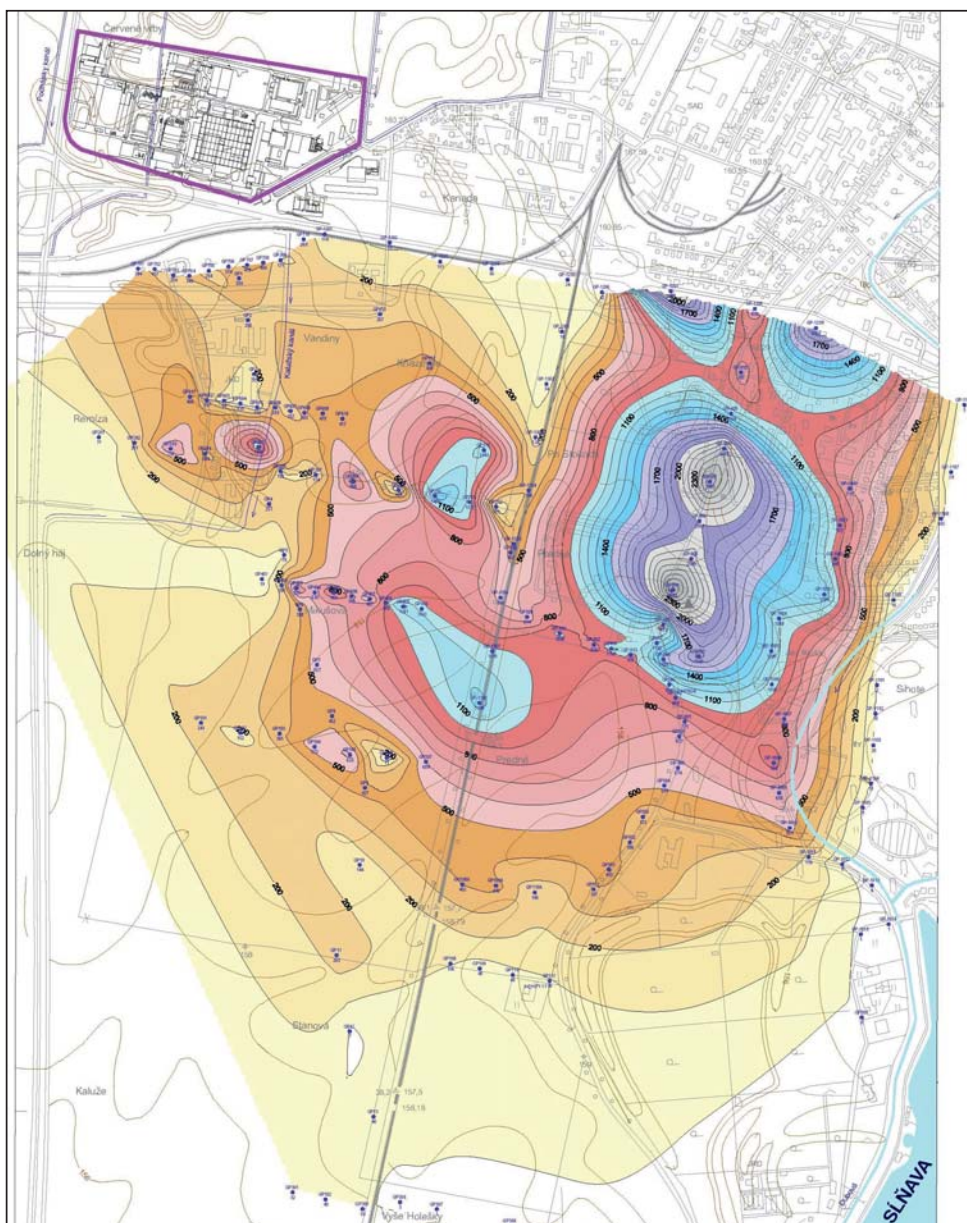
jeho maximálna výdatnosť bola približne 50 l.s<sup>-1</sup>. Zistená sumárna koncentrácia alifatických chlórovaných uhľovodíkov v podzemnej vode bola 673 µg.l<sup>-1</sup>. Vodárenský zdroj sa následne odstaviť z prevádzky a ako pôvodca znečistenia bol havarijnou komisiou označený bývalý š. p. TESLA Piešťany. Opakovanými analýzami vzoriek podzemnej vody sa v nasledujúcich rokoch potvrdilo pretrvávajúce znečistenie podzemnej vody a vodárenský zdroj Červené vrbí bol v roku 1986 prehlásený za nevhodný pre hromadné zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou.

## Rozsah znečistenia

V rokoch 1987 až 1990 bolo vykonaných niekoľko etáp monitorovania kvality podzemných vôd na zistenie miery a rozsahu ich znečistenia v areáli TESLY i jeho širšom okolí, predovšetkým v predpokladanom smere šírenia sa znečistenia. Monitorovaním sa zdokumentovali vysoké koncentrácie alifatických chlórovaných uhľovodíkov v podzemných vodách prúdiacich južným a juhovýchodným smerom od areálu bývalej TESLY. Maximálna úroveň znečistenia (390,6 µg.l<sup>-1</sup>) sa zistila vo vzdialenosti 750 m juhovýchodne od areálu TESLY. V areáli závodu boli stanovené koncentrácie chlórovaných uhľovodíkov

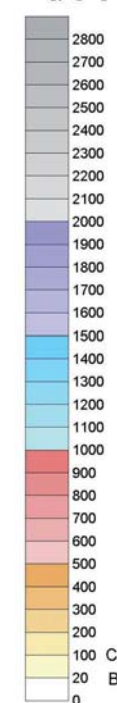
voda bola dekontaminovaná v stripovacích kolónach a následne vypúšťaná do dažďovej kanalizácie závodu a do Paušihu kanála. V dôsledku nedostatku finančných prostriedkov súvisiacich so zastavením výroby v bývalej TESLE bol rozsah vykonávaných sanačných opatrení obmedzený, ich účinnosť bola nedostatočná, preto bolo sanačné čerpanie ukončené.

Spoločnosť Slovak Electronic Industries (v súčasnosti ON Semiconductor Slovakia, a. s.) sa v roku 1998 stala majiteľom priemyselného areálu bývalej TESLY Piešťany. Súčasťou zmluvy medzi Slovenskou republikou a novým nadobúdateľom majetku bola dohoda o vyrovnaní environmentálnych záťaž a odstránení ekologických škôd spôsobených dovtedajšou činnosťou spoločnosti TESLA Piešťany, a. s., v konkurze. Súčasťou tejto zmluvy boli dokumenty: *Vyhodnotenie stavu životného prostredia v TESLE Piešťany, a. s., Slovenská republika a Plán nápravy životného prostredia TESLA Piešťany, a. s., Slovenská republika*. Tieto dokumenty mali pre SR záväzný charakter. Podľa záverov plánu nápravy životného prostredia spoločnosť ENVIGEO Banská Bystrica realizovala v rokoch 1999 – 2002 komplexný orientačný a podrobný



Stav znečistenia podzemných vôd chlórovanými uhľovodíkmi pred sanáciou

Obsah POX [µg/l]



geologický prieskum životného prostredia areálu bývalého závodu TESLA Piešťany a jeho okolia, za účelom overenia celkového rozsahu znečistenia podzemných a povrchových vôd a horninového prostredia. Súčasne sa analyzovali a zhodnotili environmentálne a zdravotné riziká vyplývajúce z prítomnosti znečisťujúcich látok v zložkách životného prostredia.

Výsledky prieskumu preukázali, že znečistenie migruje mimo areál bývalej Tesly juhovýchodným smerom a predstavuje environmentálne a zdravotné riziko pre obyvateľstvo v širšej oblasti zasiahnutej kontamináciou. V podzemných vodách bola preukázaná prítomnosť štyroch druhov alifatických chlórovaných uhľovodíkov: PCE (1,1,2,2-tetrachlóretén), TCE (1,1,2-trichlóretén), DCE (cis 1,2-dichlóretén), VC (vinylchlorid). PCE a TCE boli používané v primárnych zdrojoch znečistenia, DCE a VC sú sekundárne produkty rozkladu chlórovaných rozpúšťadiel. Najvyššie zistené koncentrácie chlórovaných uhľovodíkov v areáli závodu korešpondovali s miestami skladovania a manipulácie s týmito látkami. Prevažujúcou zložkou bol TCE a sumárne koncentrácie chlórovaných uhľovodíkov dosiahli až 32-násobok limitnej hodnoty C kategórie metodického pokynu Ministerstva pre správu a privatizáciu národného majetku SR a Ministerstva životného prostredia SR z 15. decembra 1997 č. 1617/97-min.. Koncentračné maximá sumy chlórovaných uhľovodíkov zistené v oblasti poľnohospodársky využívaných

rádovo v stovkách µg.l<sup>-1</sup>. Na základe poznatkov z monitoringu kvality podzemných vôd, čerpacích skúšok a modelu prúdenia sa v rokoch 1991 až 2001 v areáli bývalej TESLY realizovalo sanačné čerpanie podzemnej vody, ktoré malo plniť funkciu hydraulického ochrany proti šíreniu sa kontaminácie z areálu závodu. Odčerpávaná

pozemkov juhovýchodne od bývalej TESLY prekročili 15-krát limitnú koncentráciu C kategórie metodického pokynu. Rozhodujúcou zložkou znečistenia v tejto oblasti bol produkt prirodzenej degradácie chlórovaných uhľovodíkov – DCE.

Prieskumnými prácami sa overil celkový rozsah znečistenia podzemných vôd alifatickými chlórovanými uhľovodíkmi na ploche 4,2 km<sup>2</sup> s hĺbkovým dosahom priemerne do 15 m. Súčasne sa identifikoval ďalší, dovtedy neznámy pôvodca znečistenia podzemných vôd chlórovanými uhľovodíkmi, ktorého polohu sa podarilo určiť až v rámci riešenia inej geologickej úlohy zameranej na overenie metodiky orientačného prieskumu environmentálnych záťaží na území okresu Piešťany (Schwarz, J. a kol., 2004: Súbor regionálnych máp geologických faktorov životného prostredia regiónu Trnavská pahorkatina. Príloha J.1 „Environmentálne záťaž“ Čiastková záverečná správa. ŠGÚDŠ – Geofond Bratislava). Vzhľadom na zistený rozsah znečistenia bolo potrebné navrhnúť sanačné opatrenia tak, aby došlo k náprave kvality podzemných vôd poškodených bývalou TESLOU. Prioritným cieľom rizikovej analýzy bolo stanovenie sanačných limitov pre rizikové kontaminanty: TCE a DCE. Pre obidva kontaminanty sa vypočítal jednotný sanačný limit na úrovni 380 µg.l<sup>-1</sup>. Nasledujúci návrh sanačných opatrení sa orientoval predovšetkým na ochranu potenciálnych receptorov znečistenia (tzv. *receptor oriented remedial action*).

**Sanácia environmentálnej záťaže**

Spoločnosť ENVIGEO Banská Bystrica vypracovala v roku 2004 štúdiu možností sanácie podzemnej vody alternatívnymi metódami. Veľký plošný rozsah znečistenia a hydrogeologické pomery neumožnili aplikáciu tradičných sanačných technológií (napr. *air stripping*, *air spar-*

v terénnych podmienkach sa vykonalo formou pilotných skúšok v roku 2005. Z výsledkov pilotných skúšok vyplynulo, že najúčinnější a v daných hydrogeologických a hydrogeochemických podmienkach najrýchlejšie pôsobiaca sanačná metóda je in situ chemická oxidácia (ISCO) s použitím manganistanu draselného (KMnO<sub>4</sub>).

Ďalšou overenou metódou s dobrou účinnosťou bola biotická reduktívna dehalogenácia s použitím kyseliny mliečnej. Sanačné práce sa realizovali v rokoch 2007 – 2008 v dvoch zónach z hľadiska pozície vo vzťahu zdroj – receptor znečistenia:

- 1) V areáli bývalej TESLY Piešťany sa použila metóda ISCO aplikáciou manganistanu draselného. Táto metóda sa realizovala v miestach s najvyššími koncentraciami chlórovaných uhľovodíkov, ktoré sa nachádzali v bývalom závode TESLA Piešťany. Výhodou jej použitia v daných podmienkach lokality bol rýchly účinok a relatívne nízka jednotková spotreba oxidačného činidla.
- 2) V „rozptylovej oblasti“, to znamená vo vzdialenejšom okolí areálu bývalej Tesly, kde znečistenie migrovalo zo zdrojovej oblasti hlavne vplyvom prúdenia podzemných vôd, sa použila metóda biotickej reduktívnej dehalogenácie aplikáciou kyseliny mliečnej. Táto metóda predstavovala v porovnaní s ISCO dlhodobější proces, avšak mala tú výhodu, že sa aplikované médium pomerne rýchlo rozšírilo na väčšej ploche.

Vzhľadom na rozdielny chemický mechanizmus pôsobenia zvolených sanačných médií (pozri prílohu, s. ...) sa použitie týchto metód časovo a priestorovo koordinovalo tak, aby sa ich pôsobenie navzájom nerušilo. Najprv bolo nutné vykonať sanačný zásah v areáli bývalej TESLY (zdrojová oblasť znečistenia) a následne bolo možné eliminovať znečistenie v predpolí zdrojovej oblasti.

**Popis technického riešenia**

Obidve metódy sanácie pozostávali z injektáže roztoku podporných látok do znečistených podzemných vôd. Roztoky účinných látok boli pripravované priamo v miestach aplikácie v mobilných technologických zariadeniach.

**Aplikácia manganistanu draselného**

Pri situovaní sanačných objektov museli byť vyriešené obmedzenia vyplývajúce zo stretov záujmov s užívateľmi dotknutých výrobných objektov. Sanačný systém sa inštaloval podľa lokálnych možností čo najbližšie k jednotlivým znečisteným priestorom. Nadzemné technologické zariadenie pozostávalo zo zásobnej nádrže na prevádzkovú vodu, rozpúšťacej a miešacej nádrže a dávkovacieho zariadenia manganistanu draselného. Princípom riešenia bolo diskontinuálne rozpúšťanie pevného KMnO<sub>4</sub> v technologickej vode v zmiešavacích reaktoroch na stanovenú koncentráciu a expedícia roztoku tlakovými potrubiami k injektážnym sondám. Usporiadanie technológie umožňovalo kontinuálnu prí-

pravu účinných roztokov. Aplikácia pripraveného roztoku oxidačného činidla KMnO<sub>4</sub> sa vykonala tlakovou injektážou prostredníctvom infiltračných zatlačaných sond (systém *direct push*). Tento spôsob aplikácie umožňoval cielene regulovať množstvo aplikovaného oxidačného činidla do konkrétnych hĺbkových horizontov zvodneného



Pracovisko prípravy roztoku manganistanu draselného

prostredia. Tým sa zabezpečilo jeho optimálne vertikálne rozdelenie. Injektážne sondy boli usporiadané v systéme línií tak, aby efektívne zasiahli kontaminované miesta. Optimálne vzdialenosti medzi jednotlivými injektážnymi vrtmi a vzdialenosti medzi líniami injektážnych vrtov sa určili na základe výsledkov pilotných skúšok. Vplyvom nehomogenity horninového prostredia v dôsledku stavebných zásahov a prítomnosti podzemných konštrukcií bolo kontaminované prostredie pre účinnú látku v niektorých miestach v areáli bývalej TESLY menej dostupné. Z tohto dôvodu bolo potrebné vykonať aplikáciu manganistanu draselného v týchto miestach v opakovanom cykle.

**Aplikácia kyseliny mliečnej**

Podobne, ako v prípade ISCO, sanačná technológia sa inštalovala v blízkosti línií aplikačných sond. Sanačné objekty boli situované na plošne rozsiahlom území, preto v každej z vyčlenených čiastkových oblastí sanácie sa zriadilo samostatné technologické pracovisko.

Technologická jednotka na prípravu a aplikáciu kyseliny mliečnej pozostávala z reaktora na úpravu vody, zmiešavacej jednotky s dávkovacím zariadením a z injektážneho čerpadla. V zmiešavacom zariadení sa pripravoval roztok kyseliny s požadovanou koncentráciou, ktorý bol následne tlakovým čerpadlom dopravovaný do injektážnych sond. Aj pri sanácii rozptylovej oblasti metódou reduktívnej dechlorácie bol účinný roztok injektovaný systémom línií sond realizovaných metódou priameho zatlačania. Takýmto spôsobom vpravovania podpornej látky sa docielila presná infiltrácia potrebného objemu roztoku do konkrétneho horizontu zvodne, čím sa zabezpečilo jeho rovnomerné rozptýlenie v danom injektážnom profile. Priaznivé hydraulické vlastnosti horninového prostredia umožnili dostatočnú rýchlosť šírenia sa aplikovaného roztoku v znečistených podzemných vodách, preto postačil jeden cyklus aplikácie.

Monitoringom zameraným na vyhodnotenie účinnosti realizovaných sanačných opatrení sa potvrdilo, že koncentrácie chlórovaných uhľovodíkov v podzemných vodách po ukončení sanačných prác vo všetkých sledovaných objektoch poklesli pod úroveň sanačných limitov stanovených rizikovou analýzou.

RNDr. Radovan Masiar, RNDr. Anna Zajacová  
ENVIGEO, a. s., Banská Bystrica



Pracovisko prípravy roztoku kyseliny mliečnej

ging, pozri prílohu, s. ...). Na základe vyhodnotenia vhodnosti a potenciálnej účinnosti dostupných sanačných metód boli ako najvhodnejšie pre dané územie vybrané dve metódy sanácie: in situ chemická oxidácia a reduktívna dechlorácia. Odkúšanie účinnosti obidvoch metód sanácie