

ŽELEZNIČNÉ PREVÁDZKY – ŠPECIFICKÝ TYP ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ

Mgr. Juraj Macek, PhD.

Katedra geochemie, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave

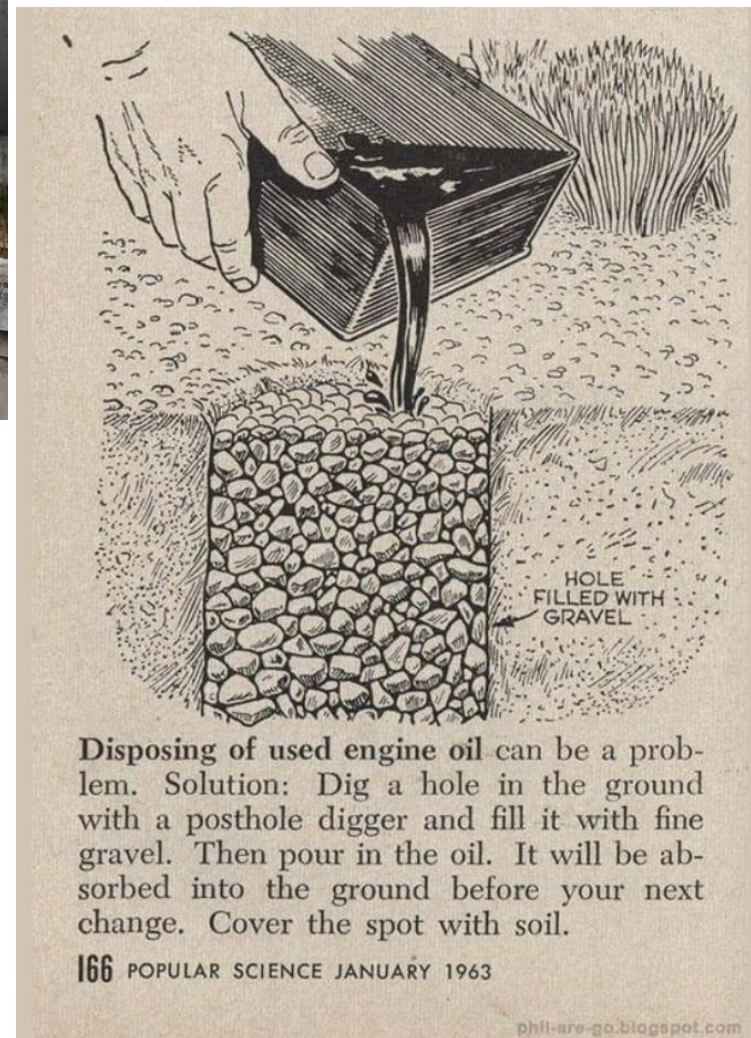
Centrum environmentálnych služieb, Kutlíkova 17, Bratislava

Železnice na Slovensku

- Železničná doprava bola v minulosti v preferovaným spôsobom prepravy
- V 50. rokoch 20. storočia boli vo veľkých objemoch prepravované suroviny ako uhlie, železo a ropa, ktoré sa znížili až s rozvojom cestnej dopravy v 70. rokoch.
- Železnice Slovenskej republiky v súčasnosti spravujú približne 3600 km tratí, z ktorých je približne 1600 km elektrifikovaných.
- Využívanie dieselových hnacích koľajových vozidiel so sebou prináša riziká pre zložky životného prostredia
- Vyplývajú z nutnosti prevádzky servisných okruhov, zabezpečujúcich najmä dodávku pohonných hmôt (čerpacie stanice s nádržami a výdajnými miestami) ako aj mazív (olejové hospodárstva) a ďalších prostriedkov údržby.



- Objemy nebezpečných látok, s ktorými sa v železničných prevádzkacharába, boli a sú veľké (tisíce resp. desiatky tisíc litrov). Technické opatrenia na obmedzenie nežiadúcich únikov sú v súčasnosti na dostatočnej úrovni (napr. používanie dvojplášťových nádrží na naftu), avšak v minulosti boli na výrazne nižšej úrovni.
- Životnosť starých typov nádrží sa odhaduje približne na 30 rokov



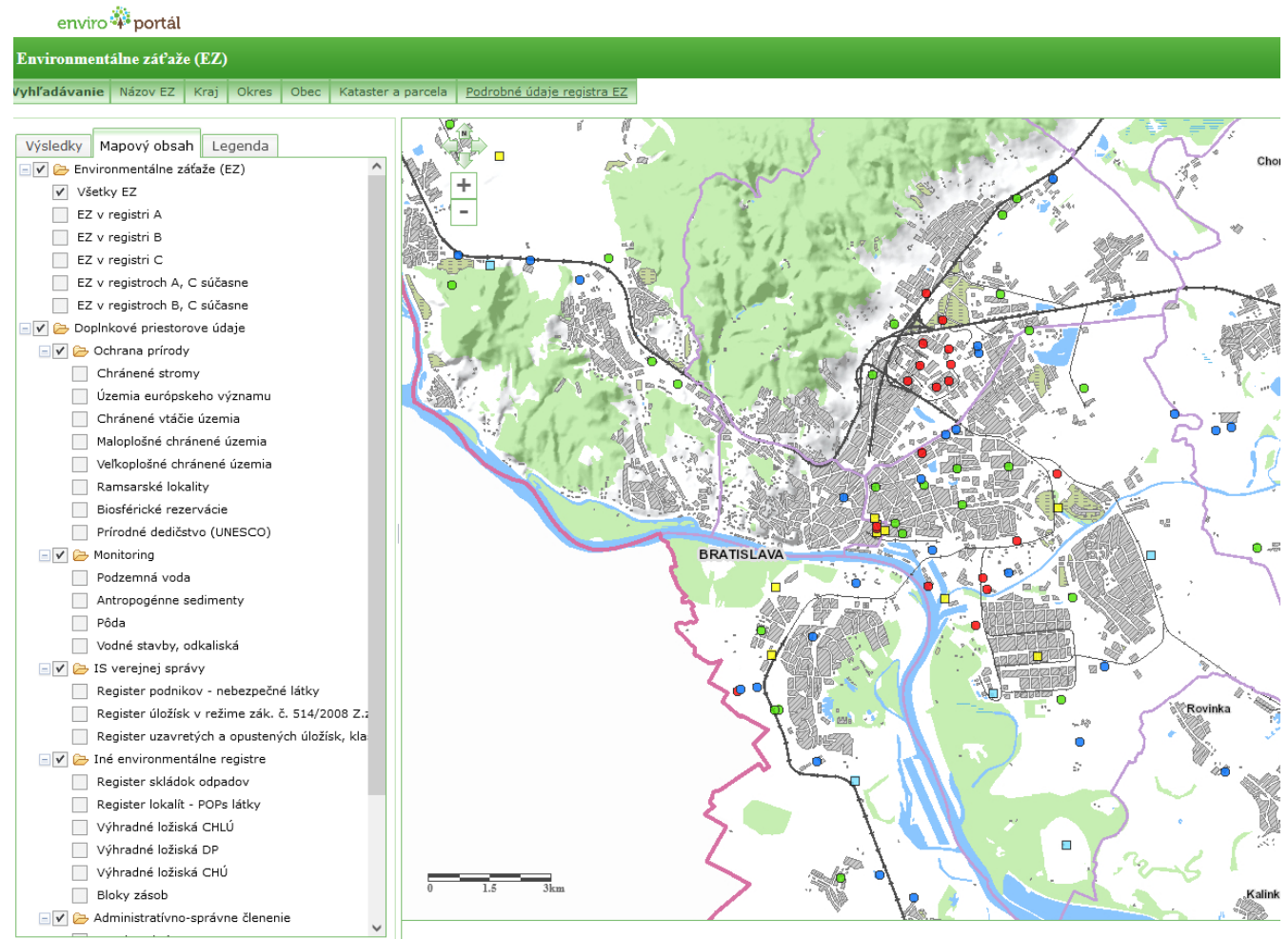
Environmentálne záťaže

Znečistené územia spôsobené činnosťou človeka, ktoré predstavujú závažné riziko pre ľudské zdravie alebo horninové prostredie, podzemnú vodu a pôdu s výnimkou environmentálnej škody (podľa § 3 písm. s) zákona č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach). Ide o široké spektrum území kontaminovaných priemyselnou, vojenskou, banskou, dopravnou a poľnohospodárskou činnosťou, ale aj nesprávnym nakladaním s odpadom.

Envirozataze.enviroportal.sk – zoznam EZ, klasifikácia do troch kategórií A, B, C; rôzna priorita.

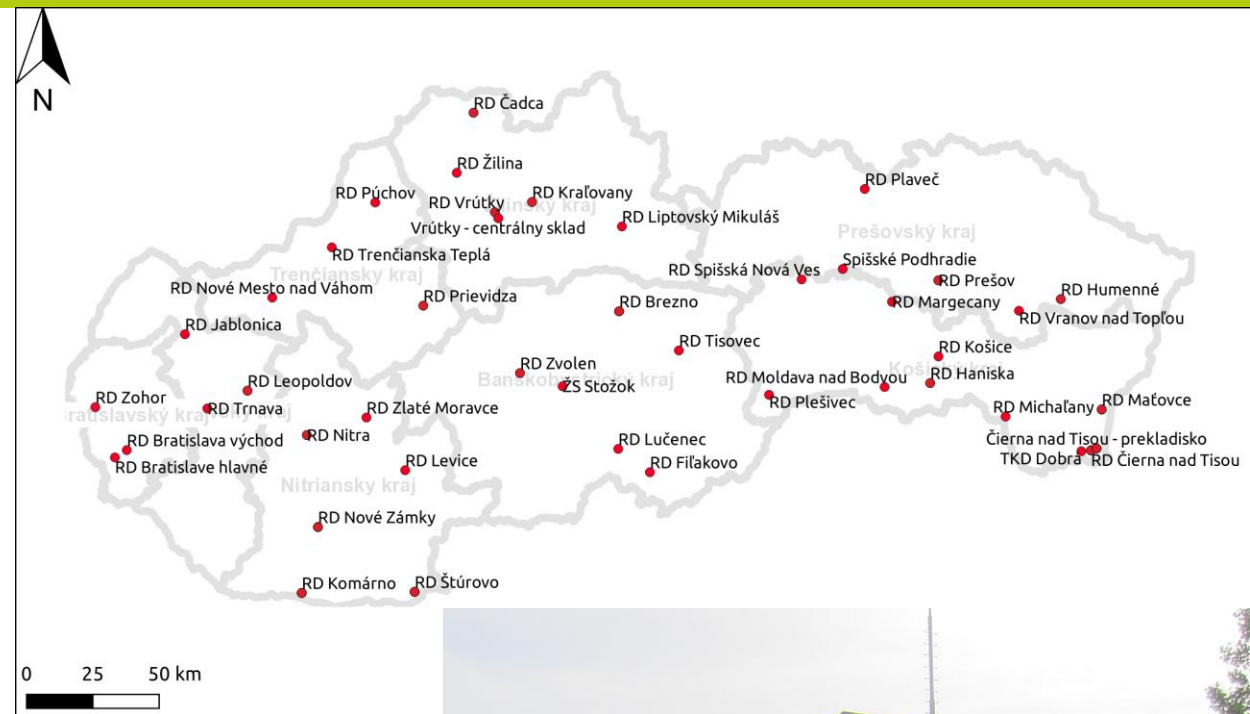
V ISEZ je registrovaných viac ako 50 železničných lokalít – EZ je znečistenie, ktoré vzniklo pre rokom 2007 (celkovo je v SR evidovaných okolo 2000 EZ)

Lokality s vysokou prioritou boli preskúmané



Železnice na Slovensku

- V roku 2008 bol v rámci prijatia legislatívy Európskej únie realizovaný pilotný projekt na 45 lokalitách spoločnosti ZSSK CARGO Slovakia, a. s. Bol zameraný na prvotnú identifikáciu znečistenie horninového prostredia a podzemnej vody. Geologické práce boli realizované na prevádzkach rušňové depo (RD) Bratislava – hlavné ; RD Bratislava – východné; RD Brezno; RD Čadca; RD Čierna n. Tisou; RD Filákov; RD Haniska; RD Humenné; RD Jablonica; RD Komárno; RD Košice; RD Kraľovany; RD Leopoldov; RD Levice; RD Liptovský Mikuláš; RD Lučenec; RD Margecany; RD Maťovce; RD Michalany; RD Moldava nad Bodvou; RD Neded; RD Nitra; RD Nové Mesto nad Váhom; RD Nové Zámky; RD Plaveč; RD Plešivec; RD Prešov; RD Prievidza; RD Púchov; RD Spišská Nová Ves; RD Spišské Podhradie; RD Štúrovo; RD Tisovec; RD Trenčianska Teplá; RD Trnava; RD Vranov n. Topľou; RD Vrútky; RD Žilina; RD Zlaté Moravce; RD Zohor; RD Zvolen; TKD Dobrá; Vrútky centrálny sklad; ŽS Stožok, Čierna nad Tisou – prekladisko.





Realizované práce

- **Ideálny priebeh prác – zaradenie ako PEZ, podrobný prieskum, sanácia, posanačné monitorovanie**
- **Smernica MŽP SR č. 1/2015-7, Metodická príručka pre geologický prieskum životného prostredia v znečistenom území**
- I Etapa, 2008, - 45 lokalít, (35 v REZ). Nové vrty, odbery vzoriek zemín a podzemnej vody a ich analýz. Analýzy NEL-IR, NEL-UV, BTEX a CIU. Iba na 15 skúmaných lokalitách boli pred rokom 2008 realizované prieskumy
- II Etapa, 2008, nové vrty na najviac znečistených lokalitách a odbery vzoriek zemín, ako aj odbery vzoriek podzemnej vody zo všetkých lokalít. Pre najviac znečistené lokality boli vypracované rizikové analýzy, hodnotiace možnosti šírenia sa znečistenia podzemnou vodou.
- V roku 2009 začala tretia etapa geologických prác, ktorá trvala do roku 2014. Jej súčasťou bola realizácia doplnkových prieskumov na vybraných lokalitách, a kontinuálne monitorovanie stavu podzemnej vody na vybraných lokalitách.
- Po ukončení tretej etapy pokračovalo monitorovanie vybraných lokalít ako separátne geologické úlohy, pričom na šiestich lokalitách pokračuje aj v roku 2023.
- Na dvanástich lokalitách boli v rokoch 2014 – 2020 v rámci prieskumov pravdepodobných environmentálnych záťaží realizované podrobné geologické prieskumy životného prostredia, na štyroch sanácie
- V roku 2018 začali na sanačné práce na 14 lokalitách

Výsledky I Etapy

- Výsledkom prvej etapy prieskumov bolo zistenie kvality podzemnej vody na 44 lokalitách (v RD Tisovec nebola hladina podzemnej vody zachytená).
- Na desiatich lokalitách bola pozorovaná voľná fáza ropných látok na hladine podzemnej vody, hrúbka vrstvy sa pohybovala od 2 do 30 cm.
- Znečistenie podzemnej vody rozpustenými ropnými látkami bolo parametrami NEL-UV a NEL-IR dokumentované na 27 lokalitách, kde oba parametre dosiahli hodnoty vyššie ako 1 mg/l. Koncentrácie získané parametrom NEL-UV zvyčajne výrazne presahovali hodnoty parametra NEL-IR, pričom sa často jednalo o rádové rozdiely.
- Hodnotenie znečistenia zemín bolo obmedzené iba na biologickú kontaktnú vrstvu
- Na základe výsledkov boli skúmané lokality rozdelené do štyroch skupín – A (14 lokalít, nízke znečistenie bez potreby sanácie), B I (13 lokalít, stredné znečistenie s vysokou pravdepodobnosťou sanácie), B II (8 lokalít, stredné znečistenie s nízkou pravdepodobnosťou sanácie) a C (9 lokalít, vysoké znečistenie s potrebou sanácie).



Výsledky II Etapy

- Druhá etapa pozostávala z vybudovania nových hydrogeologických vrtov na 19 silne znečistených lokalitách
- Boli odobraté vzorky zemín (na rozdiel od prvej etapy aj z pásma nasýtenia) a podzemnej vody a monitorovania lokalít s nízkym stupňom znečistenia.
- Na 11 lokalitách bola pozorovaná VFRL na hladine podzemnej vody hrúbky od 0,5 do viac ako 30 cm.
- Obsahy ropných látok v podzemnej vode boli pre oba parametre na 16 lokalitách vyššie ako 1 mg/l.
- Výsledkom druhej etapy bolo potvrdenie zaradenia lokalít do príslušných kategórií znečistenia z prvej etapy.
- Silne znečistené lokality, identifikované v prvých dvoch etapách geologických prieskumov boli navrhované na sanáciu.





Výsledky III Etapy

- Na najviac znečistených lokalitách boli v roku 2009 realizované doplnkové geologické prieskumy.
- Výsledkom vykonaných prác bolo presnejšie zmapovanie znečisteného priestoru, pre najviac znečistené lokality boli spracované projekty sanačných prác.
- Od roku 2009 v nepravidelných intervaloch (spravidla 2 krát ročne – jarný a jesenný cyklus odberov) prebiehalo monitorovanie kvality podzemnej vody na vybraných lokalitách. Odbery na všetkých lokalitách boli vykonané v rokoch 2009 až v 2011. Výsledky monitorovania lokalít v rokoch 2009 – 2011 potvrdili úroveň znečistenia, ktorá bola zistená v prvej a druhej etape.
- V roku 2012 bolo 10 lokalít odpredaných Železničnej spoločnosti Slovensko, a. s.
- V roku 2009 bola VFRL identifikovaná v 18 prevádzkach a 42 vrtoch, v roku 2010 to bolo 16 prevádzok a 64 vrtoch, a v roku 2011 18 prevádzok a 57 vrtoch.
- V roku 2013 pokračovalo monitorovanie kvality podzemnej vody na 14 silne znečistených lokalitách, patriacich do kategórie C. V 11 prevádzkach a 24 vrtoch bola pozorovaná VFRL.
- Monitorovanie prevádzok s nízkym stupňom znečistenia bolo v roku 2012 ukončené

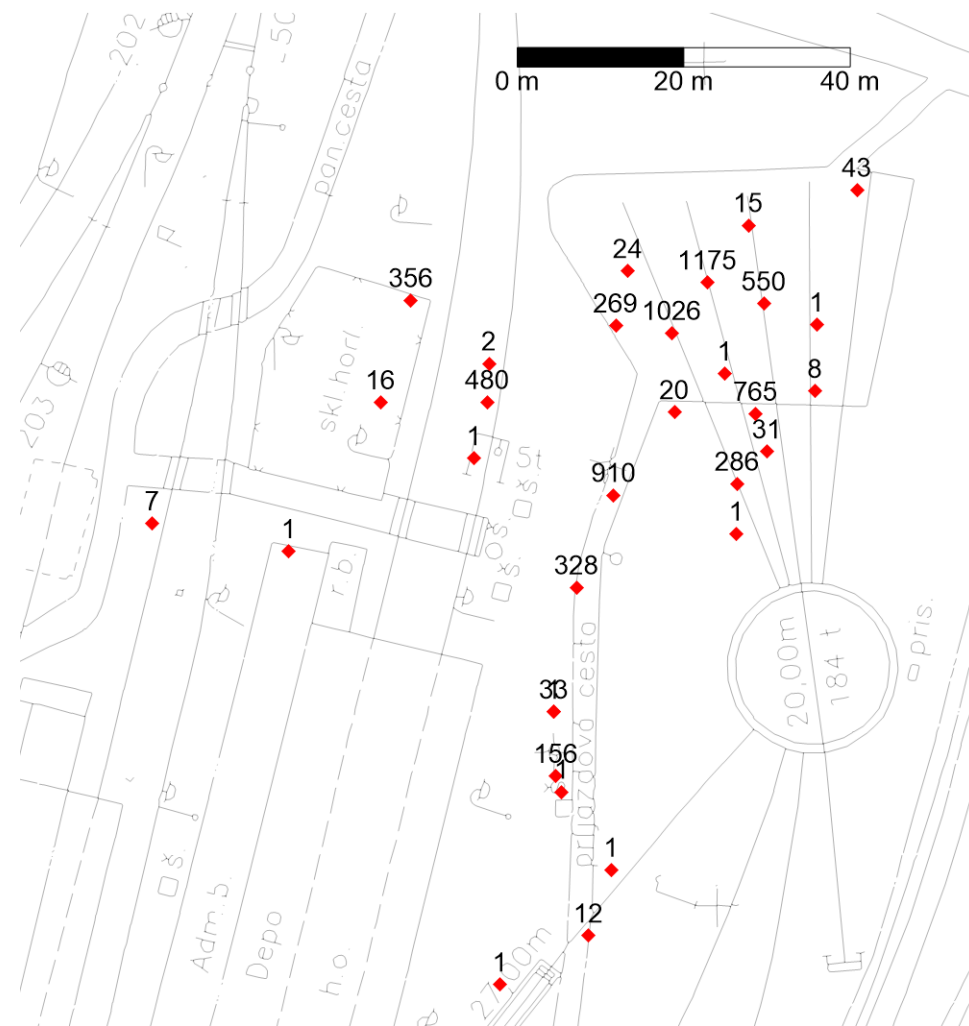


Prieskumy a sanácie v období 2014 - 2023

- Na ôsmich lokalitách z dvanástich, na ktorých boli realizované podrobné GPŽP boli identifikované environmentálne, prípadne aj zdravotné riziká, ktoré potvrdili prítomnosť environmentálnej záťaže (VFRL bola identifikovaná na štyroch lokalitách).
- V roku 2018 začali sanačné práce na 14 železničných lokalitách. Sanácii predchádzala aktualizácia analýzy rizika znečisteného územia, ktorá potvrdila prítomnosť rizika (na 12 lokalitách bola identifikovaná VFRL). Samotné sanácie prebiehali podľa zaužívaných postupov, založených primárne na čerpaní a čistení podzemnej vody a hydraulickom odstraňovaní VFRL.
- Ťažiskom sanačných prác bolo čerpanie a čistenie podzemnej vody, pričom z vytvorených hydraulických depresií boli odčerpávané ropné látky. Zároveň boli využívané aj doplnkové in situ sanačné metódy ako napríklad bioremediácia, airsparging, venting alebo vymývanie. Na niektorých lokalitách bolo aplikované aj metódy ex situ (odvoz znečistených zemín mimo lokalitu).
- **Spolu bolo zo horninového prostredia na lokalitách odstránených cca 20 m³ voľnej fázy ropných látok.**

Výsledky sanácií

- Viacero zdrojov znečistenie (aj mimo areál RD)
- Nespojité distribúcie znečistenia
- Problémy so sieťami v živých prevádzkach
- Úspešné odstránenie VFRL ako aj rozpustených ropných látok v podzemnej vode, splnenie sanačných limitov



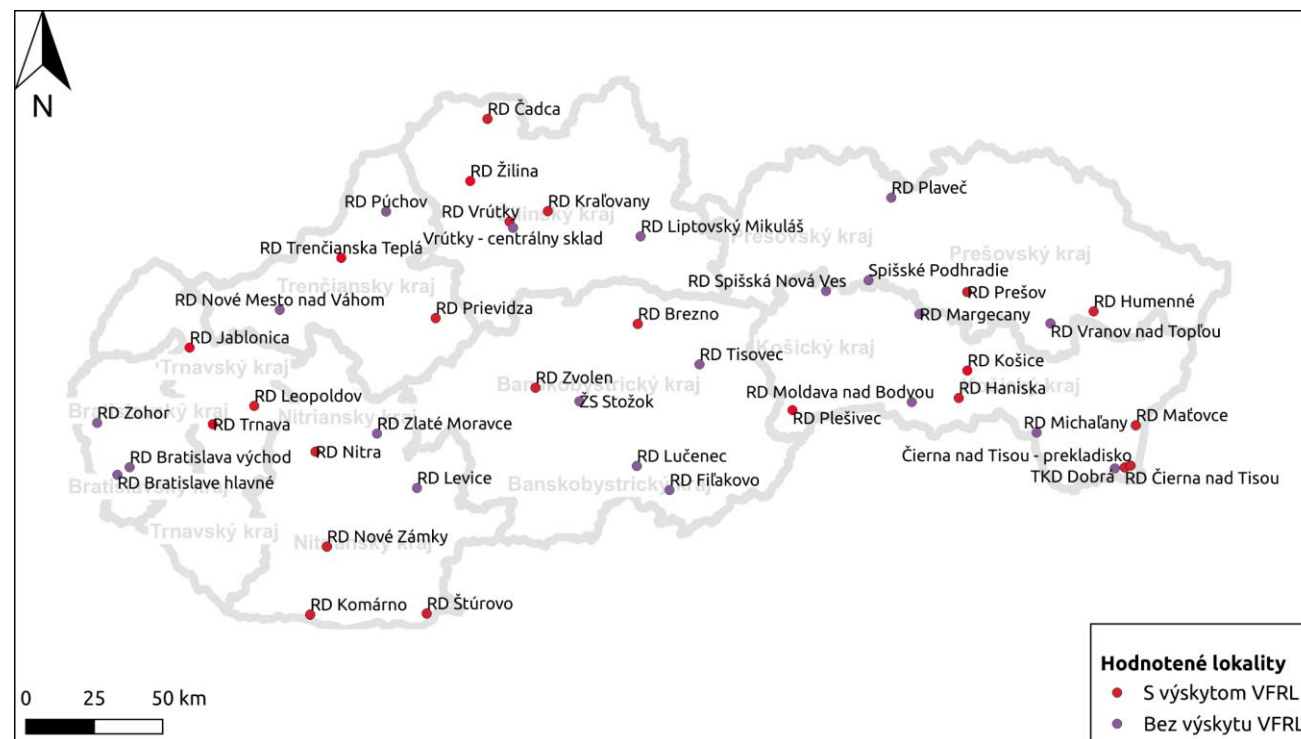


Výsledky – sledovanie vývoja VFRL

- Výsledky vyššie opísaných geologických prác, realizovaných v období rokov 2008 až 2023 sú zaujímavé napríklad z hľadiska prítomnosti a vývoja VFRL vo vrtoch.
- Zmeny v čase na jednotlivých lokalitách predstavuje zaujímavý súbor údajov, ktorého správne vyhodnotenie prispieva k lepšiemu manažmentu znečistených lokalít. Na tomto podklade je možné napríklad presnejšie spracovanie materiállovej bilancie alebo podrobnejší návrh sanačných opatrení.
- Vývoj hrúbky VFRL vo vrtoch môže dokumentovať aj relatívne rýchle zmeny stupňa znečistenia lokality. Zmeny hrúbok VFRL vo vrtoch boli v niektorých prípadoch výrazne odlišné od zmien, spôsobených fluktuáciou hladiny podzemnej vody (ktoré sú zrejmé z historických meraní). V aktívnej monitorovanej prevádzke došlo k skokovému nárastu VFRL v dvoch vrtoch, čo môže byť napríklad výsledkom nežiadúcich prevádzkových únikov alebo havárií.
- Celkovo bol výskyt VFRL v období rokov 2008 až 2023 minimálne jednorazovo pozorovaný až na 23 z 45 lokalít, preskúmaných v roku 2008, jedná sa v podstate o všetky väčšie železničné prevádzky.

Výsledky – sledovanie vývoja VFRL

- Problematika VFRL je však komplexná a podlieha vplyvu viacerých faktorov, čoho výsledkom sú rôzne neštandardné situácie.
- V aktívnej prevádzke bola prítomnosť VFRL pozorovaná iba jednorazovo počas 10 ročného monitorovania
- V ďalšej prevádzke sa VFRL objavila vo vrte až 2 roky po jeho odvrtní (jedná sa o dlhodobu neaktívnu prevádzku), a jej hrúbka bola počas následného monitorovania stále približne na úrovni 200 mm.
- V rámci sanácie jednej z lokalít boli v okolí pôvodného vrtu, monitorovaného počas 13 rokov, vybudované nové hydrogeologické vrty. V pôvodnom vrte nebol v minulosti pozorovaný výskyt fázy, vo všetkých nových vrtoch sa naopak objavila. Podobných situácií bolo počas realizácie geologických úloh pozorovaných viacero, preto je ich hodnotenie nutné vykonať zohľadňujúc širšie súvislosti.





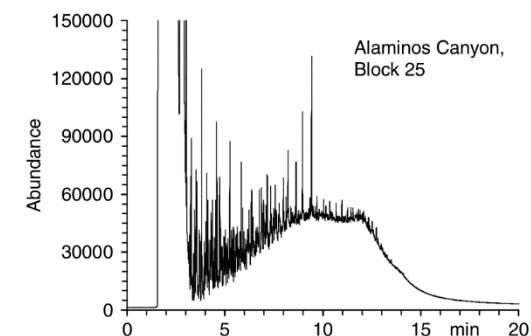
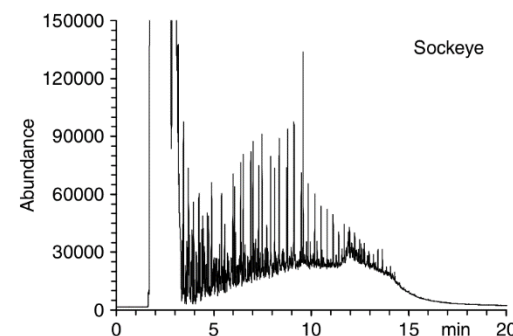
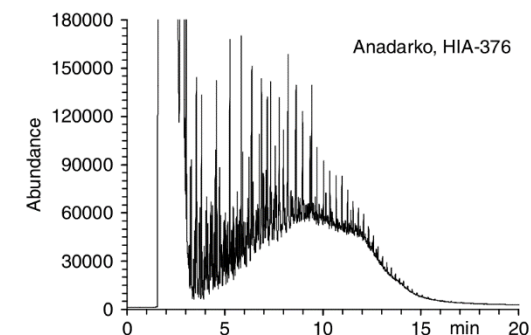
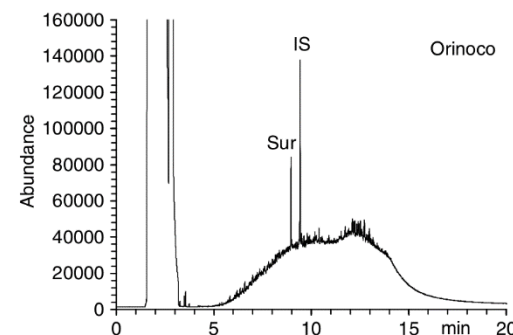
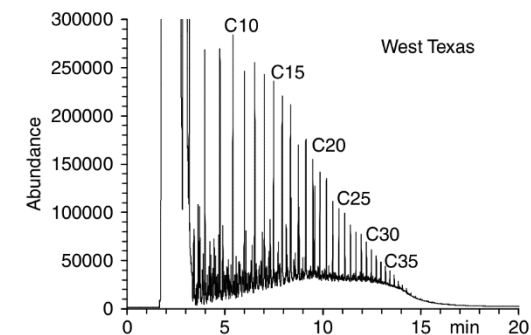
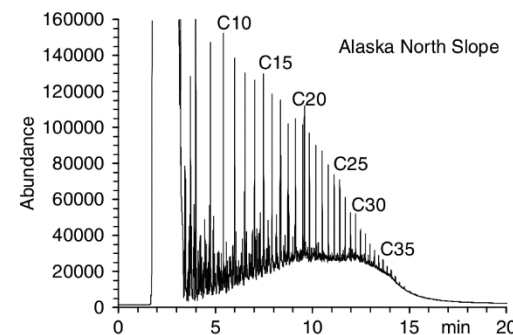
Výsledky prieskum a sanácií

Výsledkom geologických prác, realizovaných v období rokov 2008 až 2023 bolo podrobné zhodnotenie stavu znečistenia na železničných prevádzkach, prípadne jeho odstránenie. Znečistenie podzemnej vody bolo overené monitorovaním lokalít, ako aj počas podrobných geologických prieskumov životného prostredia. Vysoký stupeň znečistenia, potvrdený výskytom VFRL na hladine podzemnej vody, bol identifikovaný na 23 lokalitách zo 45 z prvotného prieskumu, na 16 lokalitách boli realizované sanačné práce. K dnešnému dátumu je na väčšine z uvedených lokalít ukončená prevádzka, aktívna alebo obmedzená prevádzková činnosť bola v roku 2023 vykonávaná v 15 prevádzkach. To však neznamena, že nepredstavujú rizikové lokality.

Vzhľadom na vysoký podiel silne znečistených lokalít je zrejmé, že prevádzky opráv a údržby hnacích koľajových vozidiel mali najmä v minulosti negatívny vplyv na zložky životného prostredia. Znečistenie zemín a podzemnej vody ropnými látkami a výskyt VFRL na sú výsledkom nedostatočného technického zabezpečenia (jednoplášťové nádrže na PHM, potrubné rozvody bez chráničiek, a pod.), neodbornej manipulácie s ropnými produktami, ako aj mimoriadnych havarijných únikov.

Charakteristika znečistenia – ropa a ropné látky

- Ropa je prírodná tekutá zmes kvapalných, plyných a rozpustných tuhých uhľovodíkov.
- Zároveň obsahuje aj malé množstvo organických zlúčenín (zlúčeniny dusíka, síry a kyslíka - NSO) a minerálne prímеси kovy obsahujúce organické a anorganické soli).
- Prevažnú časť ropy tvoria kvapalné zložky – n-alkány, izoalkány, cykloalkány a aromáty. Tuhými látkami v rope sú parafíny a cerezíny, ako aj asfaltické látky. Ropa zvyčajne obsahuje 84 – 87 % hm. uhlíka, 11 – 14 % hm. vodíka, 0,1 – 4 % hm. síry, 0,01 – 1,0 % hm. dusíka a 0,05 – 1,0 % hm. kyslíka. Spomedzi organicky viazaných kovov sa najviac zastúpené vanád a nikel





Detegovanie znečistenia

- Sumárne analýzy NEL-IR, NEL-UV, C10-C40, prípadné doplnenie PAU, BTEX (benzén je karcinogén, prchavý, dobre rozpustný v podzemnej vode)
- Výhody NEL-IR – dá sa stanoviť v teréne
- V ČR je od roku 2006 sa na detekciu ropných látok používa iba C10-C40, prípade v kombinácii s doplnkovými metódami
- Praktické skúsenosti - NEL-UV je nevhodný parameter na detegovanie znečistenia naftou – pri analýzach zemín v 4 rôznych laboratóriách sa výsledky pohybovali v rozsahu 2 rádov
- Parameter C10-C40 opakovane dosahoval vyššie hodnoty ako NEL-IR, napriek tomu, že NEL-IR by mal pokrývať širší rozsah uhľovodíkových reťazcov – prítomnosť polárnych látok v znečistení. Sú produktami degradácie ropných uhľovodíkov – organické kyseliny, estery, alkoholy...
- Vzhľadom na hodnotenie znečistenia podľa smernice MŽP č. 1/2015-7 bola zhoda pri prekračovaní ID/IT kritérií pri NEL-IR/C10-C40 cca 85%
- **Spoľahlivosť výsledkov z laboratórií – odbery, veľkosť súboru vzoriek, výsledky duplicitných vzoriek...**

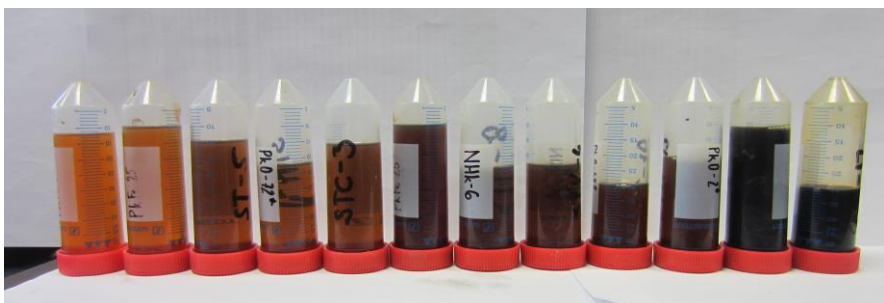
Detegovanie znečistenia - podklady pre plánovanie sanačných opatrení

Vyskytlo sa viacero problémových momentov:

1. Výsledky rôznych analýz (NEL-IR, NEL-UV, C10-C40), realizovaných súbežne na jednej vzorke zeminy/podzemnej vody
2. Potreba identifikácie ropných látok z hľadiska zloženia / degradácie (komponentná analýza, obsah N-alkánov, BTEX, biomarkerov) a veku (obsah síry, FAME) – rôzne zdroje znečistenia, údaje do AR
3. Určenie fyzikálnych parametrov znečistenia pre potreby sanácie (viskozita, hustota)

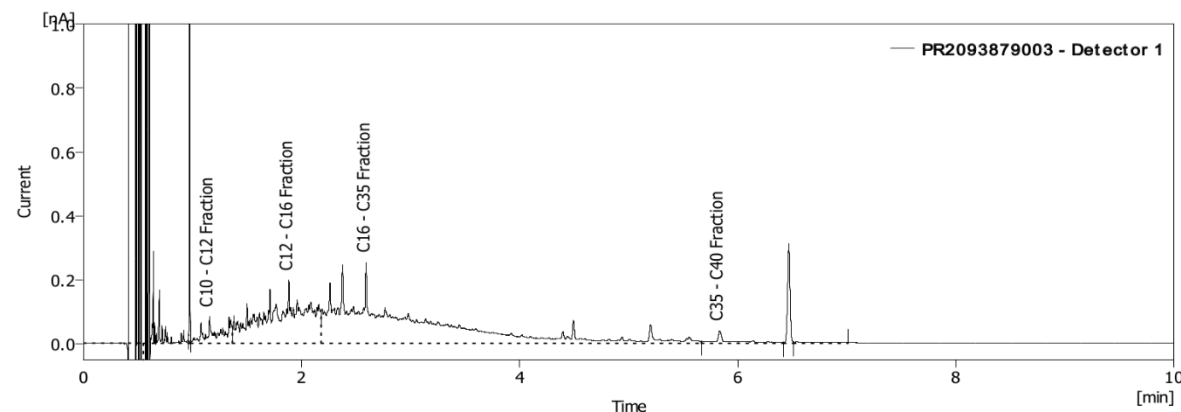
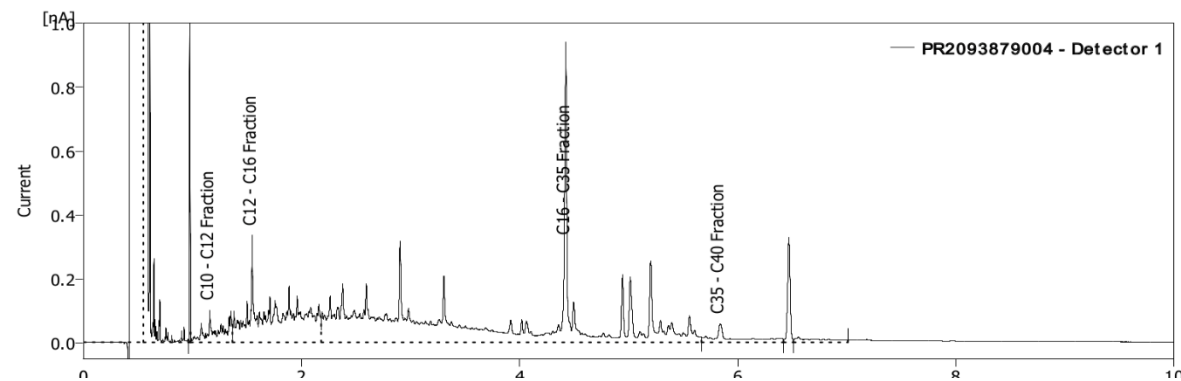
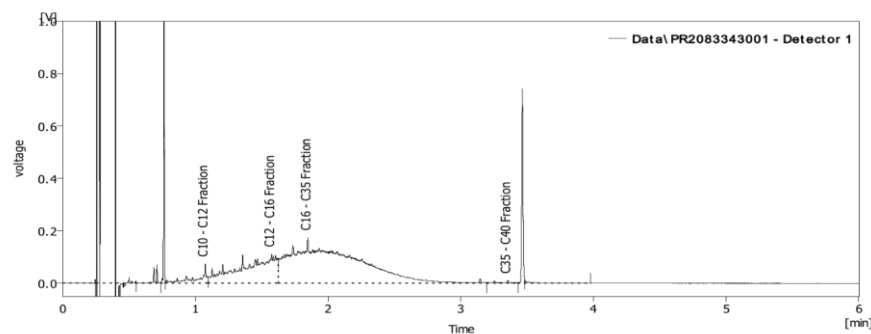
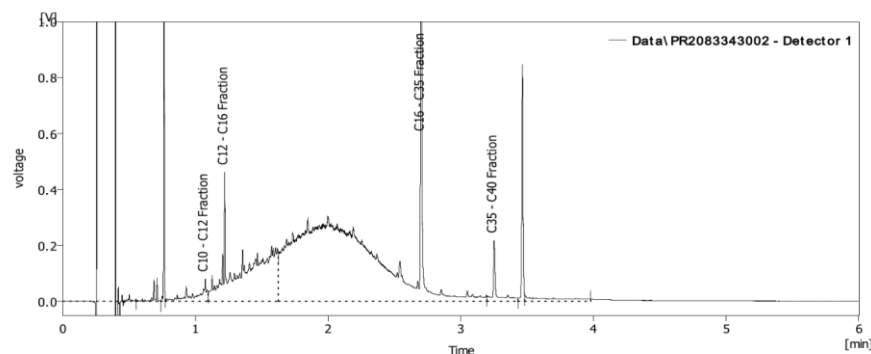
Nový metodický pokyn na prieskum – odporúčaná analýza GC-MS. Interpretácia?

Počet analýz vs. spoľahlivosť. Rozdiely v koncentráciách rozpustených ropných látok medzi dvoma laboratóriami dlhodobo počas sanácie (sanácia vs. OGD).



Polárne látky v znečistení

Dve vzorky podzemnej vody z vrtov (STC-1, STV-8) boli analyzované bez úpravy florisilom (celkový obsah organických látok), ako aj po úprave florisilom (obsah iba nepolárnych látok). Zmeny v záznamoch sú zrejmé, pričom sú odlišného charakteru. V oboch vzorkách došlo použitím florisilu k zníženiu celkovej koncentrácie organických látok. Kým však vo vzorke STC-1 sa znížil UCM (Unresolved Complex Mixture – nerozlíšená komplexná zmes), ktorý je prezentovaný tzv. „hrbom“, pri vzorke STV-8 je odstránení polárnych látok zreteľný úbytok organických látok v rozsahu C16-C35. Analýzy rizika?



Komponentná analýza

Rozdelenie na alifatickú, aromatickú, asfaltenickú a NSO (polárne látky - dusík, síra, kyslík) zložku. Polárne látky sa prednostne vymývajú do podzemnej vody

Na lokalite bolo odobratých 14 vzoriek ropných látok v rôznom štádiu degradácie. Podiely polárnych látok do 0,61 do 4,67 %, priemerná hodnota bola 1,48 %. Analýzy potvrdili prítomnosť polárnych zložiek v kvapalnej fáze znečistenia, rovnako ako aj zníženie koncentrácie znečistenia, rozpusteného v podzemnej vode po úprave vzorky silika gélom

Látky detegované analýzou C10-C40 nemusia byť ropnými látkami, ale produktmi degradácie a z hľadiska ohrozenia ľudského zdravia a zložiek životného prostredia predstavujú oveľa menšie riziko (Zemo et al., 2013), resp. riziko neznámeho charakteru (Bruckberger, 2020)

č.	č. vzorku ČGS	Ali frakce (%m)	Aro frakce (%m)	Pol frakce (%m)	Asf frakce (%m)	Suma (%m)
1	2040363	49,44	45,89	4,67	0,00	100
2	2040364	62,90	36,44	0,66	0,00	100
3	2040365	77,62	21,76	0,61	0,00	100
4	2040366	68,97	27,74	3,28	0,00	100
5	2040367	71,69	26,88	1,43	0,00	100
6	2040368	67,28	31,80	0,92	0,00	100
7	2040369	63,33	34,72	1,96	0,00	100
8	2040370	50,94	47,72	1,34	0,00	100
9	2040371	73,63	25,49	0,88	0,00	100
10	2040372	80,55	18,75	0,70	0,00	100
11	2040373	74,96	23,70	1,35	0,00	100
12	2040374	79,94	18,45	1,62	0,00	100
13	2040375	70,36	28,91	0,72	0,00	100
14	2040376	65,73	33,61	0,66	0,00	100

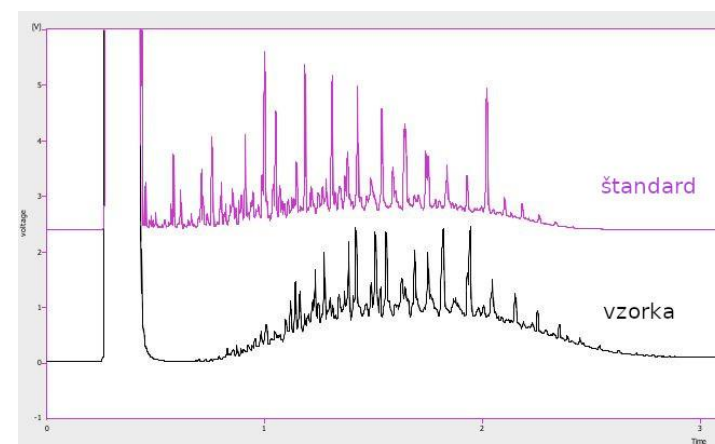
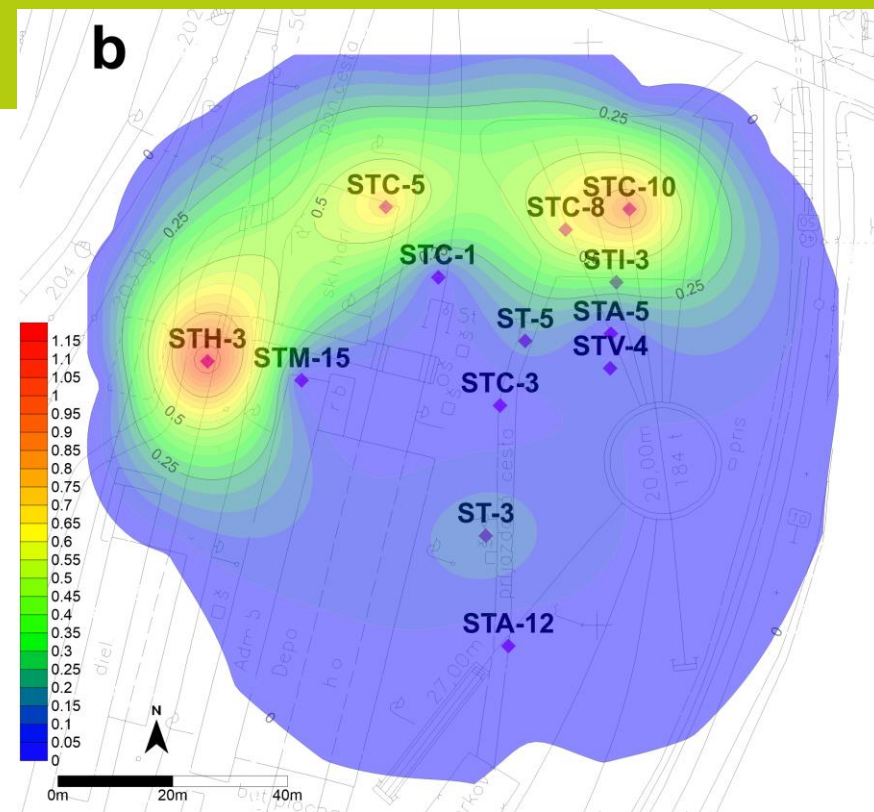
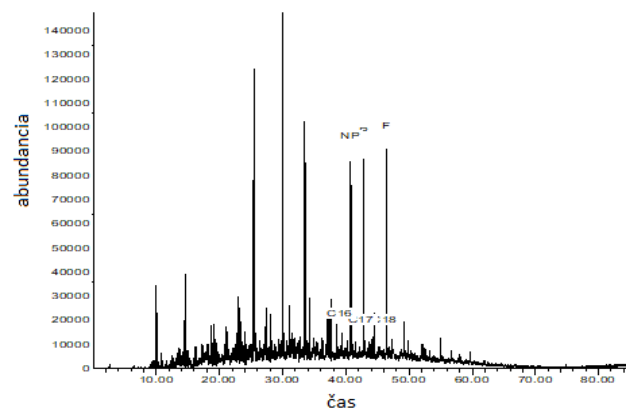
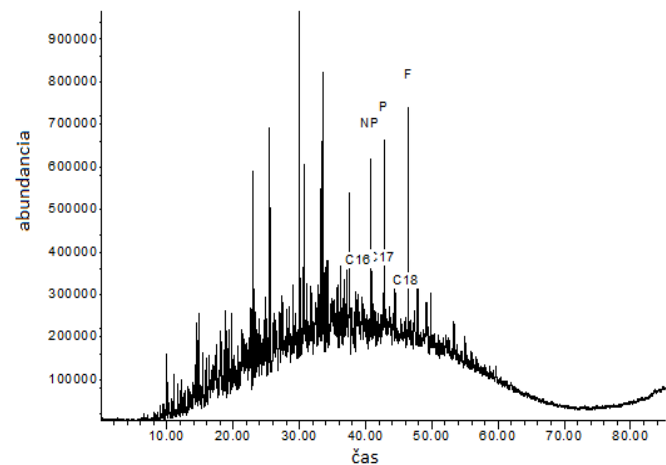
Kvalitatívna analýza VFRL

GC-MS alebo GC-FID s dlhším časom priebehu – možnosť určiť obsah jednotlivých zložiek – n-alkánov, BTEX, biomarkerov

GC-MS – poskytuje možnosť oddeliť rôzne zložky znečistenia na základe selekcie iónov s určeným pomerom m/z . Napr. $m/z=57$ (pomer hmotnosti a náboja) zodpovedajú n-alkánom, ktoré ako prvé podliehajú degradácii

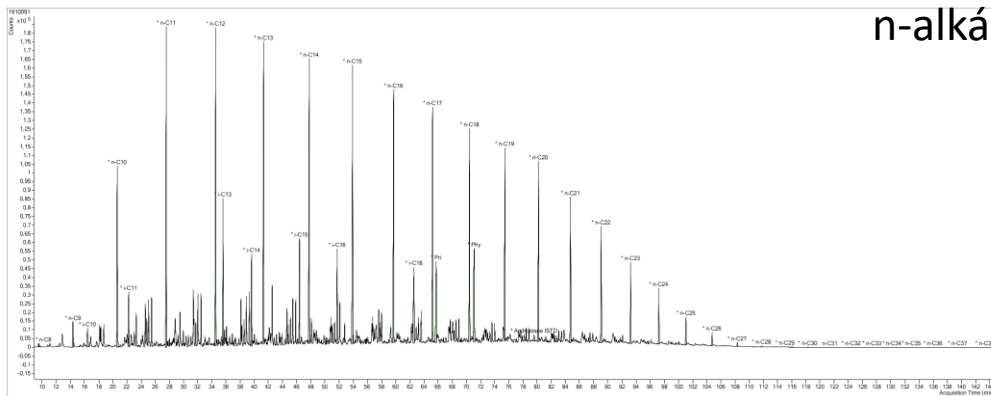
Biomarkery sú odolnejšie voči degradačným procesom, zvyčajne sa využívajú na určovanie veku ropných produktov. Izoprenoidy (pristán, fytán), nachádzajúce sa v rope a ropných produktoch, sú odolné voči pôsobeniu mikroorganizmov.

Na odlíšenie čerstvej a degradovanej ropnej kontaminácie v prostredí sa využívajú pomery n-C17/pristán a n-C18/fytán. Oproti iným (napr. dibenziotiofény, seskviterpány) je to lacnejší a ľahší spôsob

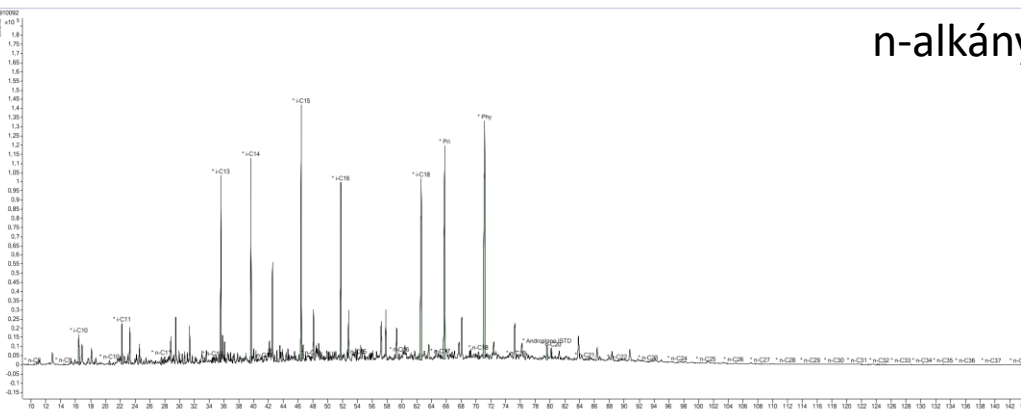


Kvalitatívna analýza VFRL

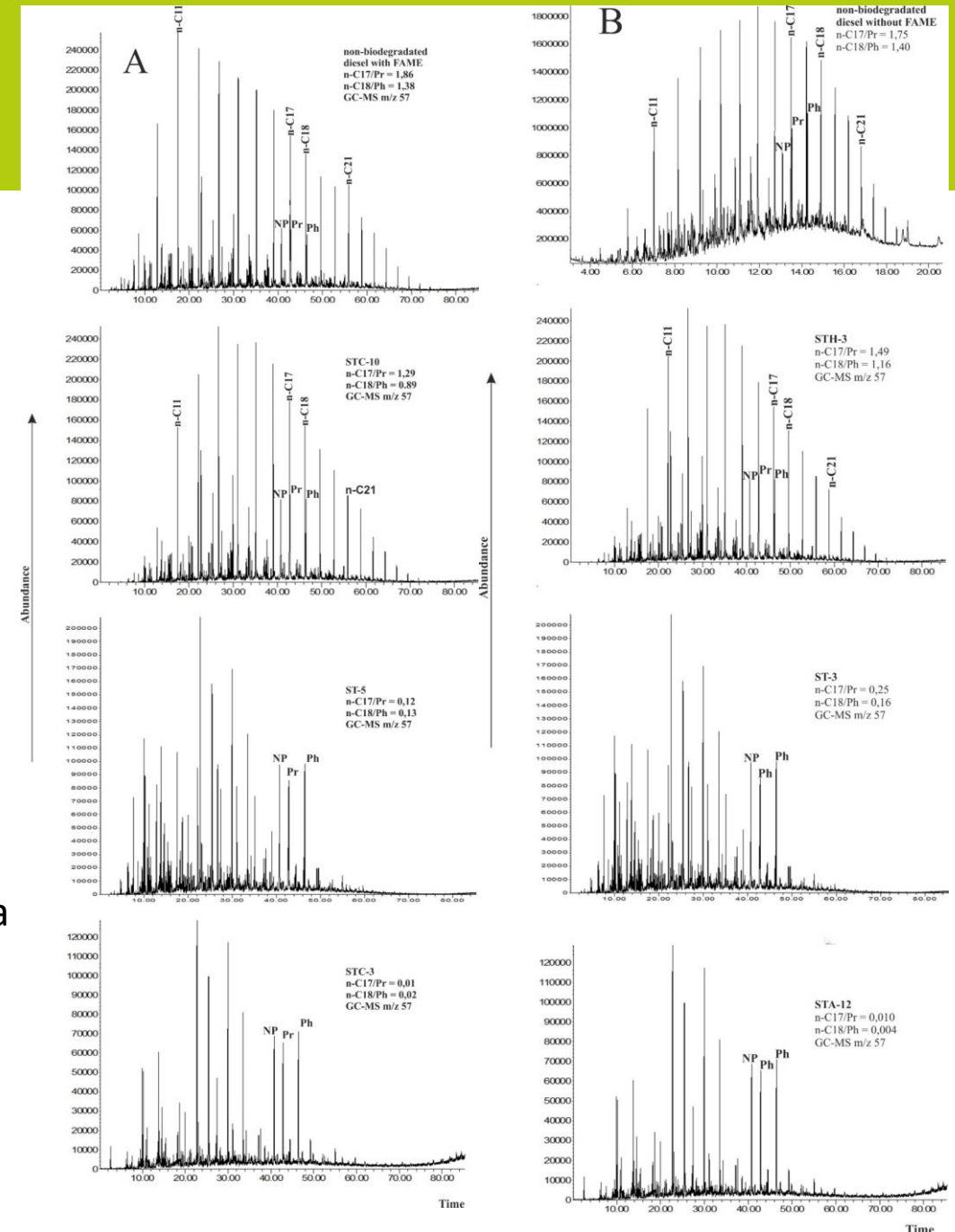
Ak je pomer $n\text{-C}_{17}$ /pristán resp. $n\text{-C}_{18}$ /fytán menší ako 1, svedčí to o degradovanej ropnej kontaminácii. V prípade pomerov je väčších ako 1 je stupeň degradácie nižší. Uvedené pomery však nie je možné aplikovať plošne, slúžia iba ako orientačné hodnoty.



n-alkány „čerstvá“ nafta



n-alkány degradovaná nafta



VFRL - obsah síry

Bližšiu charakteristiku znečisťujúcich látok z hľadiska veku je možné realizovať stanovením aditív, ktoré sa pridávajú do ropných produktov (palív) a ktorých maximálne obsahy sa v priebehu času upravovali (síra, olovo, biozložka)
Zmeny v maximálnych povolených obsahoch síry v motorovej naftě na Slovensku (resp. Československu)

Obdobie	do 1983	1984 - 1987	1988 - 1995	1995 - 2004	2005 - 2008	od 2009
Obsah v % m/m	0,4 - 0,5	0,15	0,05	0,035	0,005	0,001

Vzorka STH-3 vyšla z hľadiska degradácie takmer bez zmeny (obsah n-alkánov bez výraznej zmeny). Obsah síry ju radí medzi pred rok 1988. Pomalý priebeh degradácie?

Vzorka STA-12 je zmes nafta a oleja, pravdepodobne aj vzorka STC-5 - obe boli na rozdiel od ostatných vzoriek čierne

Poř. Číslo	Evidenční číslo CL	Kód vzorku zadavatele	TS % (m/m)
1	2040365	STA-5	0,12
2	2040366	STA-12	0,52
3	2040369	STC-5	0,29
4	2040372	STC-10	0,16
5	2040373	STH-3	0,18

VFRL – viskozita a hustota

Poř. Číslo	Evidenční číslo CL	Kód vzorku zadavatele	Hustota kapaliny (g.ml-1)
1	2040363	ST-3	0,86974
2	2040364	ST-5	0,83996
3	2040365	STA-5	0,86715
4	2040366	STA-12	0,83530
5	2040367	STC-1	0,89794
6	2040368	STC-3	0,83757
7	2040369	STC-5	0,78654
8	2040370	STC-7	0,81903
9	2040371	STC-8	0,86758
10	2040372	STC-10	0,81860
11	2040373	STH-3	0,79326
12	2040374	STI-3	0,83539
13	2040375	STM-15	0,86972
14	2040376	STV-4	0,89191

Viskozita je parameter, ktorý ovplyvňuje rýchlosť prúdenia voľnej fázy k čerpanému vrtu a tým celkový priebeh sanačnej metódy. Podľa údajov výrobcov má čerstvá nafta viskozitu cca v rozsahu 1,9 – 4,1 mm²/s, v prípade obsahu biozložky je viskozita vyššia. Detegované hodnoty nie sú od tejto hodnoty výrazne odlišné (vo vrte STA-12 sa nachádzala nafta s prímiesou oleja), čerpanie znečistenia prebiehalo bez výrazných problémov (napríklad na rozdiel od výrazne degradovanej VFRL v priestore Bratislava – Nivy, viskozita 61 mm²/s, hustota 996 g/l, klasické odčerpávanie je obtiažne). Hustota ovplyvňuje možnosti nasávania VFRL do čerpadiel. Bežná hustota nafty je cca 890 g/l, hodnoty hustoty vzoriek zo Štúrova boli v rozsahu 786 – 897 g/l.

Možnosť zníženia viskozity injektážou teplej vody (pary), avšak zároveň sa zvýši uvoľňovanie prchavých zložiek.

kinematická viskozita pri 40 st. C, mm ² /s	
ST-5	3,03
STA-12	5
STC-8	2,84
STH-3	4,06
STI-3	2,9
STI-7	2,93
STM-15	3,27
STV-4	3,04

INŠPEKČNÝ CERTIFIKÁT č. 190531/001

1. Meno a adresa zákazníka	Centrum environmentálnych služieb, s.r.o., Technopol, Kutlíkova 17, 852 50 Bratislava
2. Použité inšpekčné metódy	Posúdenie zhody v súlade s PP Č INS 8106
3. Predmet inšpekcie (Interné označenie)	DIESEL (775926)
4. Číslo objednávky / zmluvy	3/2019
5. Odber vzorky / plán / metóda vzorkovania / dátum / Subdodávateľ	Zákazník / - / - / -
6. Dátum prevzatia vzorky	29.05.2019
7. Rozsah inšpekcie	STN EN 590 + A1
8. Odchýlky, doplnky alebo iné výnimky z inšpekčných metód / rozsahu práce /	-
9. Dátum inšpekcie	29.05.2019 - 30.05.2019

VÝSLEDKY INŠPEKCIE

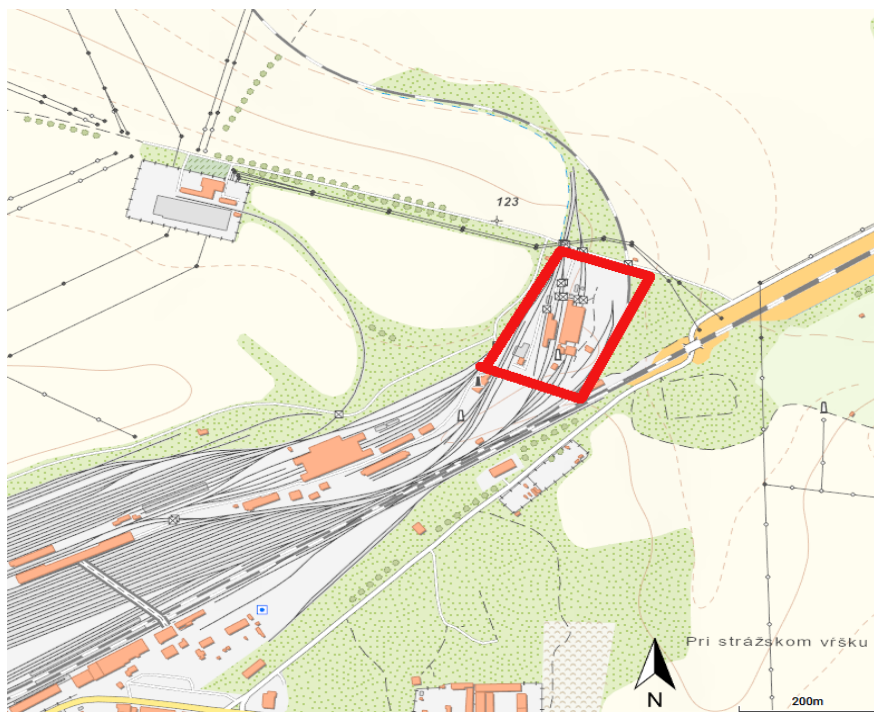
Položka	Označenie vzorky	Vlastnosť	Skúšobná metóda	Jednotky merania	Stanovené hodnoty	Požiadavka inšpekčnej metódy	Posúdenie zhody
1	DIESEL (775926)	[A] Voda	STN EN ISO 12937	% (m/m)	0.015	max. 0.020	Vyhovuje
2		[N] Nečistoty mechanické	STN EN 12662	mg/kg	3.5	max. 24.0	Vyhovuje
3		[A] Oxidačná stálosť stredných destilátov	STN EN ISO 12205	g/m3	1	max. 25	Vyhovuje
4		[A] % (V/V) destilátu do 250 °C	STN EN ISO 3405	% (V/V)	36.4	<65	Vyhovuje
5		[A] % (V/V) destilátu do 350 °C	STN EN ISO 3405	% (V/V)	93.4	min. 85.0	Vyhovuje
6		[A] 95 % (V/V) predestiluje do	STN EN ISO 3405	°C	356.7	max. 360.0	Vyhovuje
7		[A] FAME	STN EN 14078	% (V/V)	<0.1	max. 7.0	Vyhovuje

Zmena vlastností VFRL

Napriek vysokému stupňu degradácie, ktorý bol detegovaný separátnou analýzou v ďalšom laboratóriu, nebolo pozorované výrazné zhoršenie kvalitatívnych parametrov nafty. Na vzorke však bol realizovaný iba základný súbor stanovení, ktorý je zameraný na hodnotenie dlhodobu skladovaných palív.

Okrem uvedenej boli realizované ešte 2 analýzy, tie boli nevyhovujúce. Ani jedna vzorka neobsahovala biozložku (FAME), ktorá sa na SK do nafty pridáva od roku 2006.

Prieskum EZ – RD Štúrovo



Areál rušňového depa sa nachádza v extraviláne mesta Štúrovo, na jeho SZ okraji

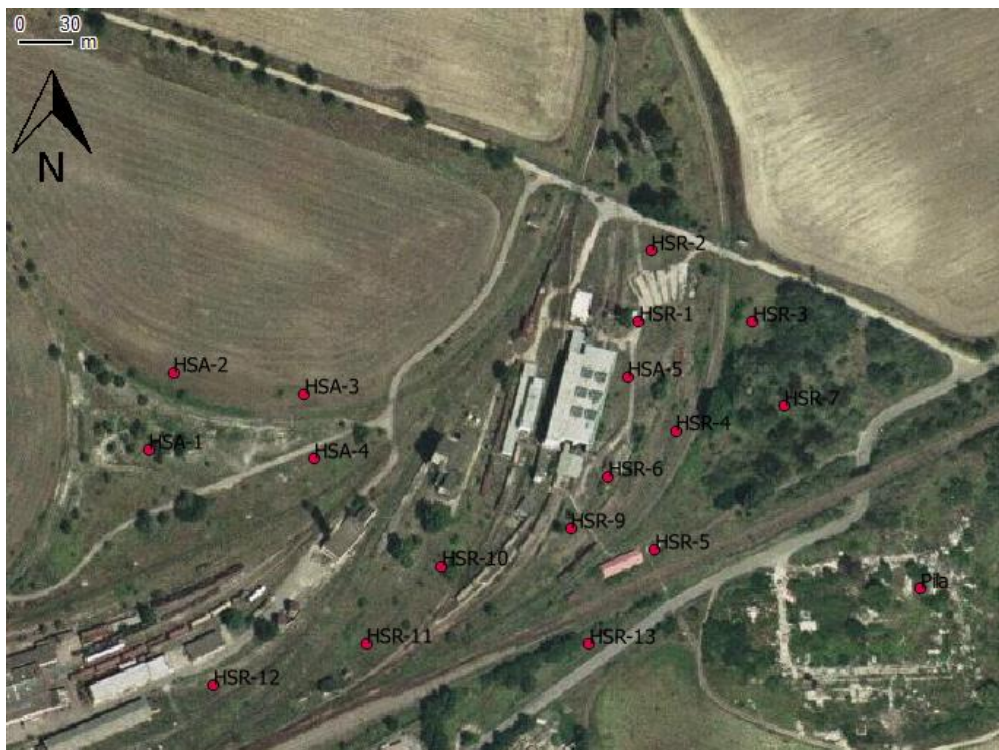
Prvý vlak bol zo stanice Štúrovo (Parkány) vypravený v roku 1850

Depo pre dieselové rušne bolo v prevádzke v období cca 1960 – 2008, opravy a údržba hnacích koľajových vozidiel

V areáli sa v minulosti manipulovalo s látkami ropného pôvodu

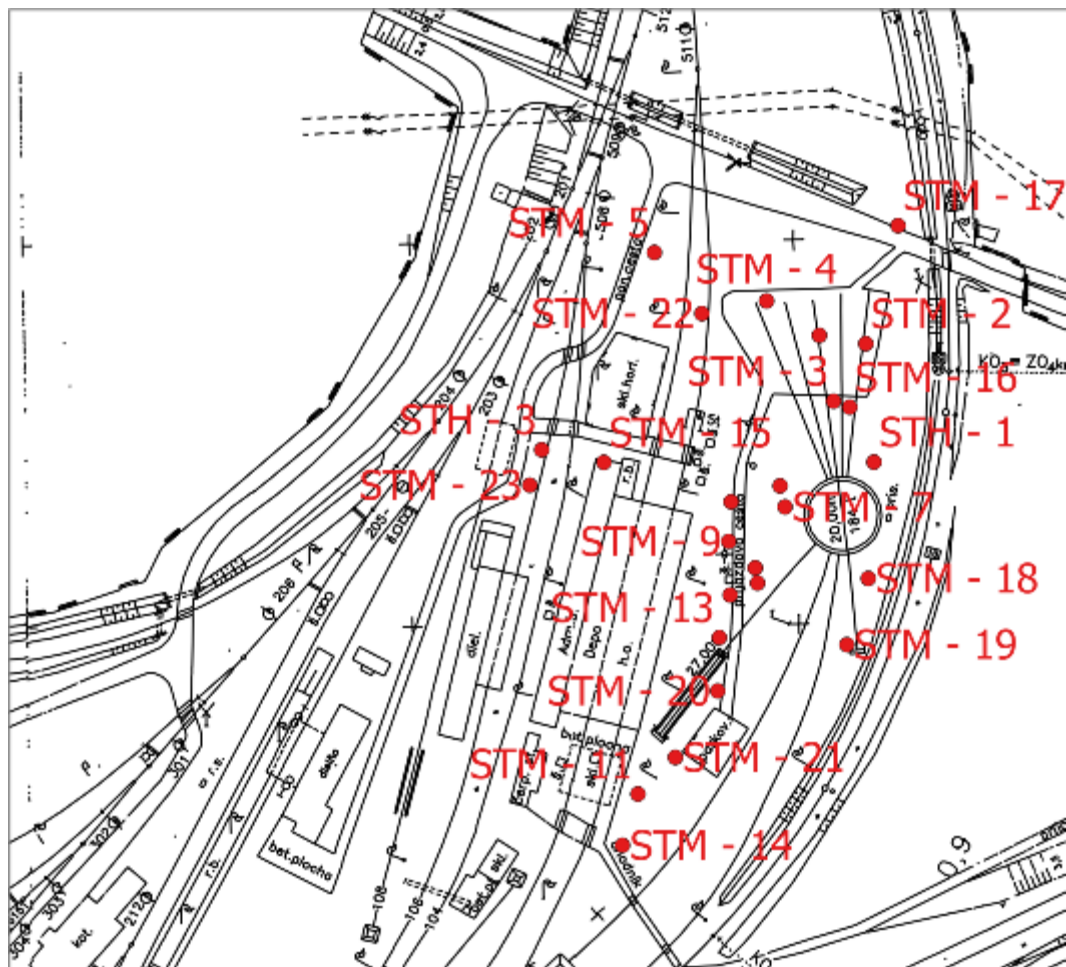


Prieskum EZ – RD Štúrovo



- Havária v roku 1987 – uniklo 10 ton anilínu, vybudovanie 5 monitorovacích vrtov (HŠA-5 v priestoroch depa)
- Vybudovanie 13 monitorovacích vrtov v depe a okolí (1988)
- Realizácia prieskumu v troch etapách 2008 – 2010 (výsledkom bol projekt sanácie)
- Monitorovanie lokality od roku 2009 do súčasnosti
- V 4 vrtoch v okolí podzemných nádrží na PHM (3 x 100 m³) sa dlhodobo vyskytuje VFRL s hrúbkou až 850 mm

Prieskum EZ – RD Štúrovo



- Atmogeochemický prieskum (30 sond, meranie VOC, CO, H₂S, O₂)
- Vrtné práce (23 nevystrojených vrtov – 292 b.m., 3 vystrojené vrty 45 b.m.)
- Odbery vzoriek zeminy – 66 ks, podzemnej vody – 2 x 10 vzoriek z nových (7) a starých (3) vrtov, VFRL
- Stanovenia orientované na prítomnosť ropných látok – NEL-IR, NEL-UV, C10-C40, CIU, PAU, BTEX
- Geodetické zamerania, HDS
- Realizácia august – december 2018



Prieskum EZ – RD Štúrovo

Priamo pod úrovňou terénu sa na väčšine územia nachádza vrstva antropogénnych navážok, hrubá až 2,2 m (stavebná suť, makadam, štrk a hlina). Pod navážkami sa nachádzajú pôvodné piesčité zeminy kvartérneho fluviálneho a eolického komplexu. Hlinité piesky sú prítomné na celom záujmovom území, pričom dosahuje hrúbku až 4,7 m (vrt ŠTM-3). Pod polohou pieskov sa nachádza vrstva siltov, ktorá dosahuje hrúbku až 6,3 m (vrt ŠTM-11). Silty sú prevažne bledohnedé až hnedé a jemne plastické, predstavujú na lokalite dominantný litologický typ.

Štrkopiesčitý komplex sa na lokalite vyskytuje v hĺbke 8,3 – 12,2 m, pričom najväčšia hrúbka vrstvy bola identifikovaná vo vrte ŠTH-1 (3,8 m). V SZ časti lokality sa vrstva štrkopieskov nevyskytuje vôbec (vrty ŠTH-3, ŠTM-23), kolektorom je vrstva pieskov. Komplex je zastúpený štrkom dobre zrneným (val. do $\varnothing$ 1 – 3 cm, ojedinele do $\varnothing$ 5 - 10 cm), prevažne hnedej alebo sivej farby.

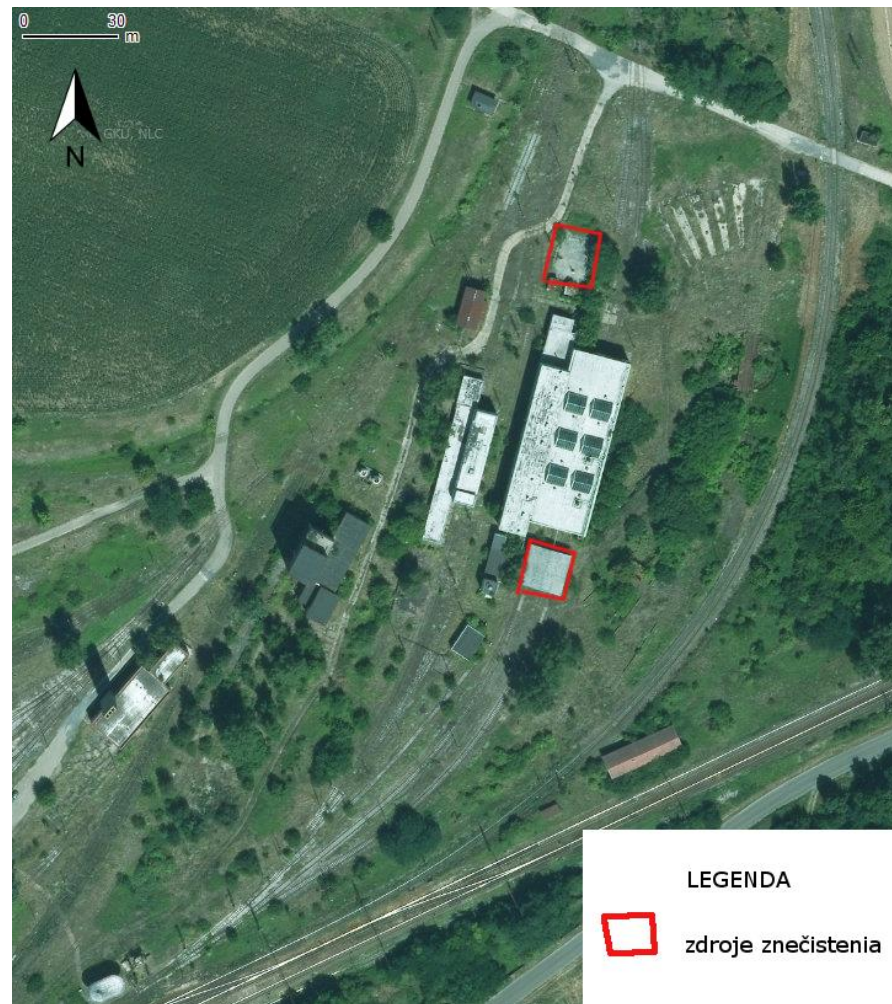
V podloží štrkov (od 10,8 m) sa nachádzajú nepriepustné sivé a sivohnedé íly.

Napätá hladina podzemnej vody.

Prieskum EZ – RD Štúrovo

Horninové prostredie a podzemná voda obsahuje znečisťujúce látky vo veľmi vysokých koncentráciách, resp. na hladine podzemnej vody sa vyskytuje voľná fáza ropných látok.

Hlavnými znečisťujúcimi látkami na lokalite sú ropné látky, sumárne stanovené ako NEL-IR a C10-C40
Koncentrácie PAU, BTEX, CIU boli veľmi nízke, často pod detekčným limitom



LEGENDA

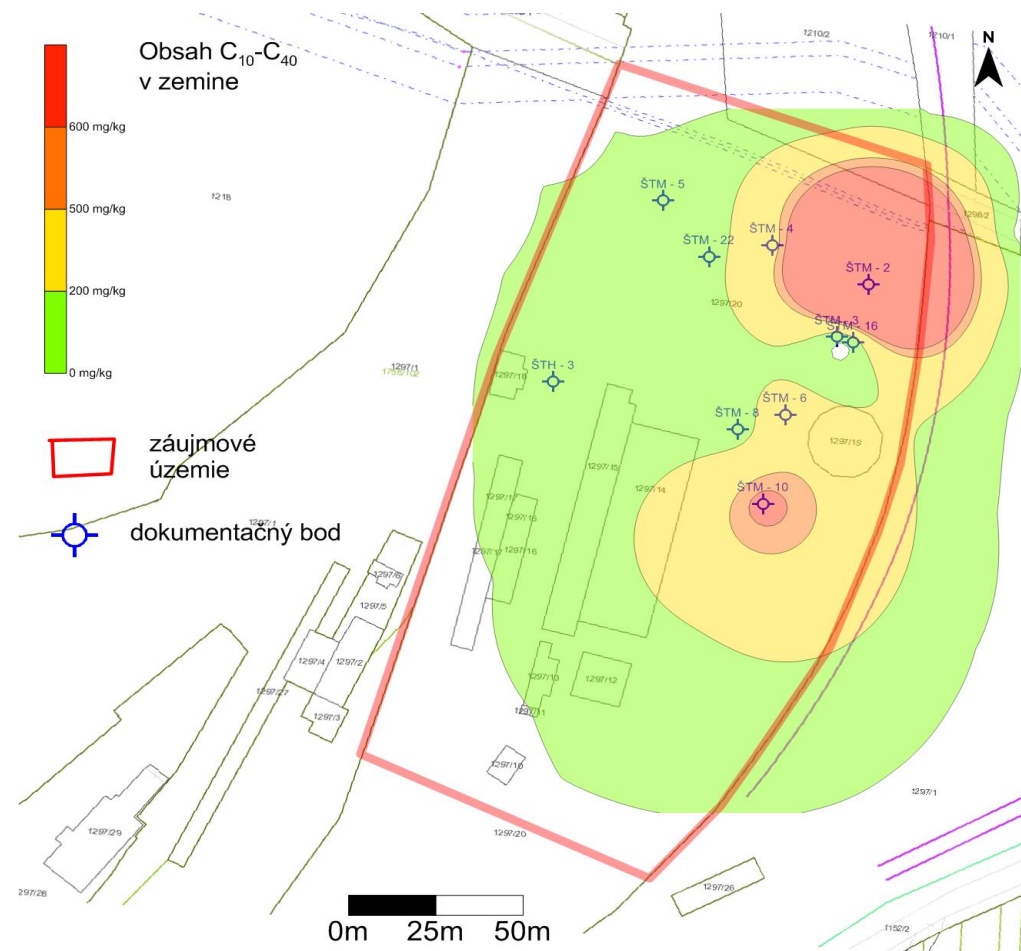


zdroje znečistenia

Prieskum EZ – RD Štúrovo

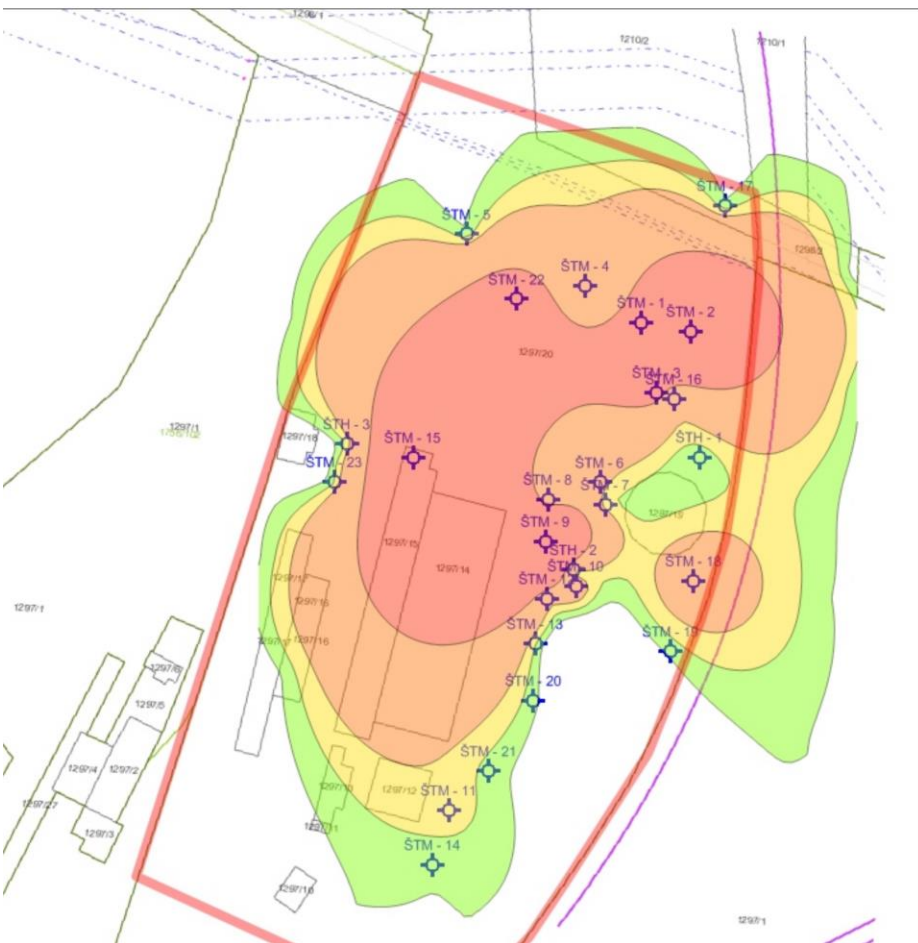
Laboratórne analýzy preukázali prítomnosť ropných látok v koncentráciách nad IT hodnotu v dvoch vzorkách, ŠTM-2/1 (C10-C40 2 590 mg.kg-1, NEL-IR 3 890 mg.kg-1) a ŠTM-10/1 (C10-C40 688 mg.kg-1, NEL-IR 1 020 mg.kg-1). Koncentrácie stanovené vo vzorkách ŠTM-4/1 (C10-C40 394 mg.kg-1, NEL-IR 666 mg.kg-1) a ŠTM-6/1 (C10-C40 416 mg.kg-1, NEL-IR 613 mg.kg-1) prekročili ID hodnotu smernice.

Znečistenie v biologickej kontaktnej zóny je pravdepodobne výsledkom činností, prevádzkovaných v rušňovom depe (údržba a opravy hnacích koľajových vozidiel) pri ktorých sa manipulovalo s naftou, olejmi a mazacími a čistiacimi prostriedkami na báze ropných látok.



Prieskum EZ – RD Štúrovo

Mapa znečistenia zeminy vo vrchnej časti pásma nasýtenia C₁₀-C₄₀ (8,0 - 10,0 m p.t.)



1 : 2000

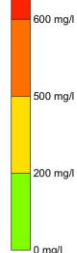


Vysvetlivky

♦ dokumentačný bod

▭ hranica záujmovej lokality

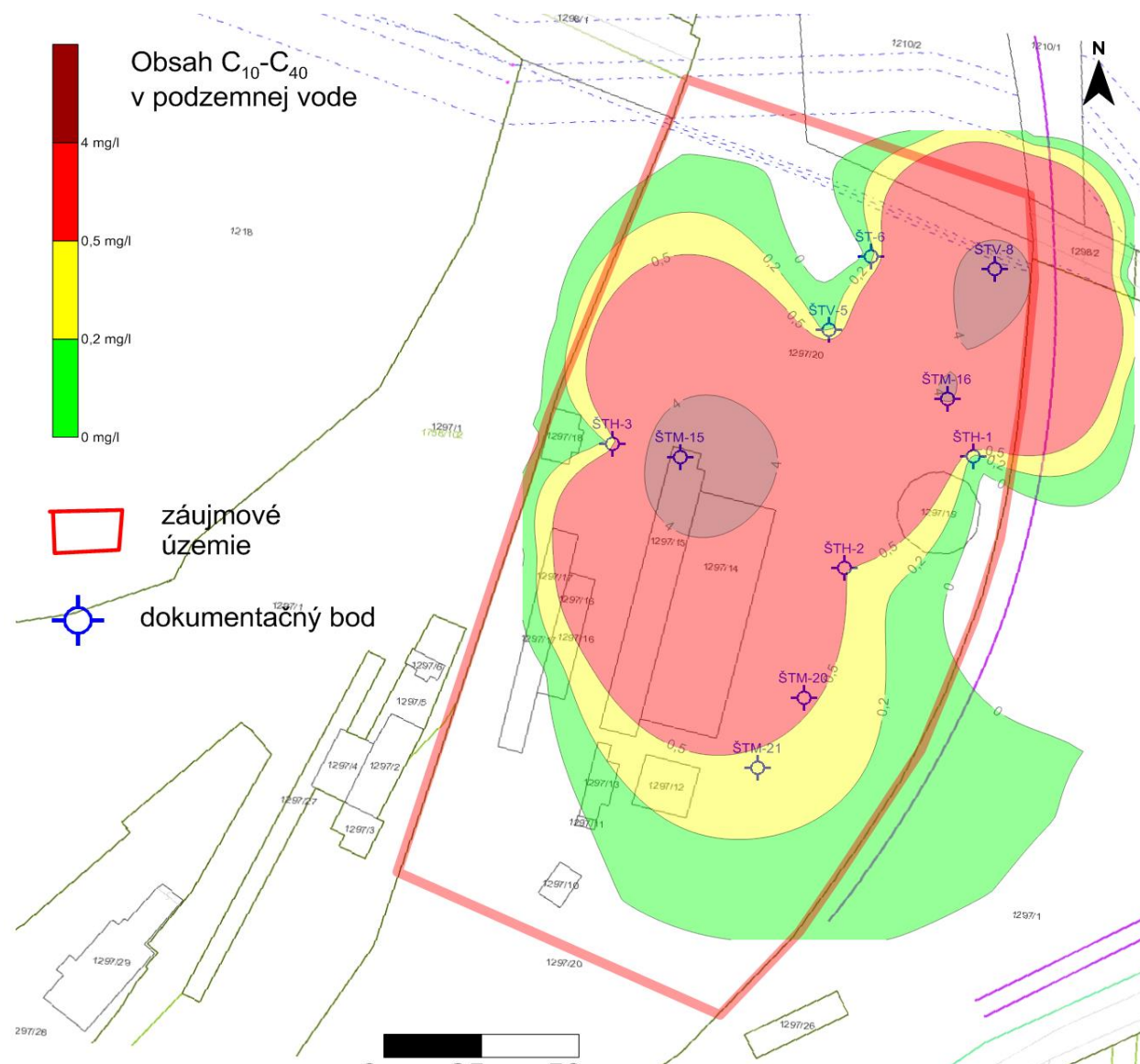
obsah C₁₀-C₄₀ v zemine v mg/kg



Vrchná časť pásma nasýtenia (8,0 – 10,0 m p.t.) vykazuje najvyšší stupeň znečistenia zo všetkých sledovaných úrovní. Najvyššia stanovená koncentrácia znečisťujúcej látky bola vo vzorke ŠTM-9/2 (C₁₀-C₄₀ 17 200 mg.kg⁻¹, NEL-IR 33 100 mg.kg⁻¹), pričom v prípade stanovenia C₁₀-C₄₀ sa jednalo o 34,4-násobné a v prípade stanovenia NEL-IR o 33,1-násobné prekročenia IT hodnoty.

V spodnej časti pásma nasýtenia (10,0 – 12,0 m p.t.) boli IT hodnoty pre sledované znečisťujúce látky prekročené iba v prípade vzorky ŠTM-1/3 (C₁₀-C₄₀ 642 mg.kg⁻¹, NEL-IR 1 340 mg.kg⁻¹),

Prieskum EZ – RD Štúrovo



Na lokalite boli vzorky podzemnej vody odoberané v dvoch kolách, 12.10.2018 a 21.11.2018. Vzorky boli odoberané z 3 nových hydrogeologických vrtov (ŠTH-1, ŠTH-2, ŠTH-3), 4 nových mapovacích vrtov, usporobných na odber vzoriek podzemnej vody (ŠTM-15, ŠTM-16, ŠTM-20, ŠTM-21).

Odberu vzoriek predchádzali režimové a terénne merania

Prítomnosť znečisťujúcich látok v koncentráciách, prevyšujúcich ID alebo IT hodnoty smernice MŽP SR č. 1/2015-7, bola identifikovaná najmä vo vzorkách z prvého kola vzorkovania.



Prieskum EZ – RD Štúrovo

Výsledkom prieskumu je identifikácia bodového znečistenia zemín v biologickej kontaktnej zóne a pásme prevzdušnenia a vysokého stupňa plošného znečistenia v horninovom prostredí pásma nasýtenia a podzemnej vode na ploche cca 13 000 m².

Na hladine podzemnej vody bola dokumentovaná voľná fáza ropných látok hrúbky až do 0,85 m (vrty ŠT-5 a ŠtV-3), cekovo predstavuje ploche s VFRL územie s rozlohou cca 700 m².

Znečistenie je výrazne väčšieho rozsahu, ako bolo znečistenie identifikované prieskumami v rokoch 2008 – 2009.

Hlavnou znečisťujúcou látkou v horninovom prostredí a podzemnej vode sú ropné látky (stanovené ako NEL-IR a C10-C40), pričom primárnym zdrojom znečistenia sú nevyužívané podzemné nádrže na PHM a sekundárnym zdrojom horninové prostredie v ich okolí, resp. voľná fáza ropných látok na hladine podzemnej vody.

Sanácia EZ – RD Štúrovo

Vrtné práce, terénne merania, odbery vzoriek zemín a podzemnej vody

Odstránenie predpokladaného zdroja znečistenia, podzemných nádrží na PHM

Počas realizácie vrtných prác bol identifikovaný druhý, masívnejší zdroj znečistenia – priestor koľajiska pred bývalou rotundou

Ťažiskom sanačných prác bolo odčerpávanie VFRL – nafty v rôznom stupni degradácie, resp. zmesi nafty a oleja

Práce boli z dôvodu existencie oveľa masívnejšieho znečistenia na lokalite realizované nad rámec schváleného projektu a ani po schválení zámeny nebudú zhotoviteľovi uhradené v plnom rozsahu



Sanácia EZ – RD Štúrovo

VFRL natekala do vrtov hneď po ich odvrtaní s hrúbkou takmer 100 cm – výsledok napätej hladiny

Realizované hlavne duálnym čerpaním v vrtoch – jedno čerpadlo na PV, druhé na VFRL. Pri rýchlom opätovnom natekaní VFRL bolo sčerpávanie na časový spínač

Vo vrtoch s tenkou vrstvou VFRL bol inštalované pasívne skimmery

VFRL skladovaná v IBC kontajneroch a následne likvidovaná v prevádzke EBA

Spolu bolo odčerpaných cca 7 m³ VFRL (pôvodný zdroj znečistenia cca 2,5 m³, zdroj v koľajisku 4 m³)

Vzorky VFRL boli analyzované GC-MS a hodnotené z hľadiska degradácie



Sanácia EZ – RD Štúrovo

Sanácia horninového prostredia biodegradáciou,
vymývaním a ventingom

Efektivita biodegradačných metód bola zabezpečená
izoláciou autochtónnych mikrobiálnych kultúr, ich
množením a aplikáciou

Mikrobiálne kultúry boli množené za vhodných teplotných
podmienok priamo na lokalite v IBC kontajneroch a
následne aplikované do vrtov.

Do vrtov a priamo na zeminu z výkopu po podzemných
nádržiach boli aplikované aj roztoky živín (NPK) na podporu
mikrobiálnej aktivity



Sanácia EZ – RD Štúrovo

Sanácia podzemnej vody čerpaním a čistením v ORL, airspargingom a podporovanou biodegradáciou

Čerpanie podzemnej vody bolo realizované postupne ako boli odvrútané sanačné vrty. Po začerpaní a nátekoch VFRL bola vo vrtoch upravovaná výdatnosť čerpania tak, aby dochádzalo k čo najväčšiemu natekaniu VFRL (zníženie HPV cca o 1,0 m)

Medzi dvoma hlavnými zdrojmi znečistenia boli umiestnené ventingové a airspargingové vrty.



Sanácia EZ – RD Štúrovo

Odstránenie zdrojov znečistenia - VFRL bola z horninového prostredia odstránená – jej mobilná časť. Reziduálny podiel znečistenia však môže v budúcnosti spôsobovať vyplavovanie znečistenia v nízkych koncentráciách (ovplyvnenie analýz polárnymi látkami)

Zníženie koncentrácie znečistenia v zeminách a podzemnej vode po úroveň sanačných limitov

Na lokalite boli ponechané monitorovacie vrty - v centrách znečistenia a v smere prúdenia podzemnej vody od nich

Odpady vyprodukované počas sanácie boli likvidované v zmysle platnej legislatívy

Realizácia posanačného monitorovania lokality do 10/2023 – odbery vzoriek podzemnej vody



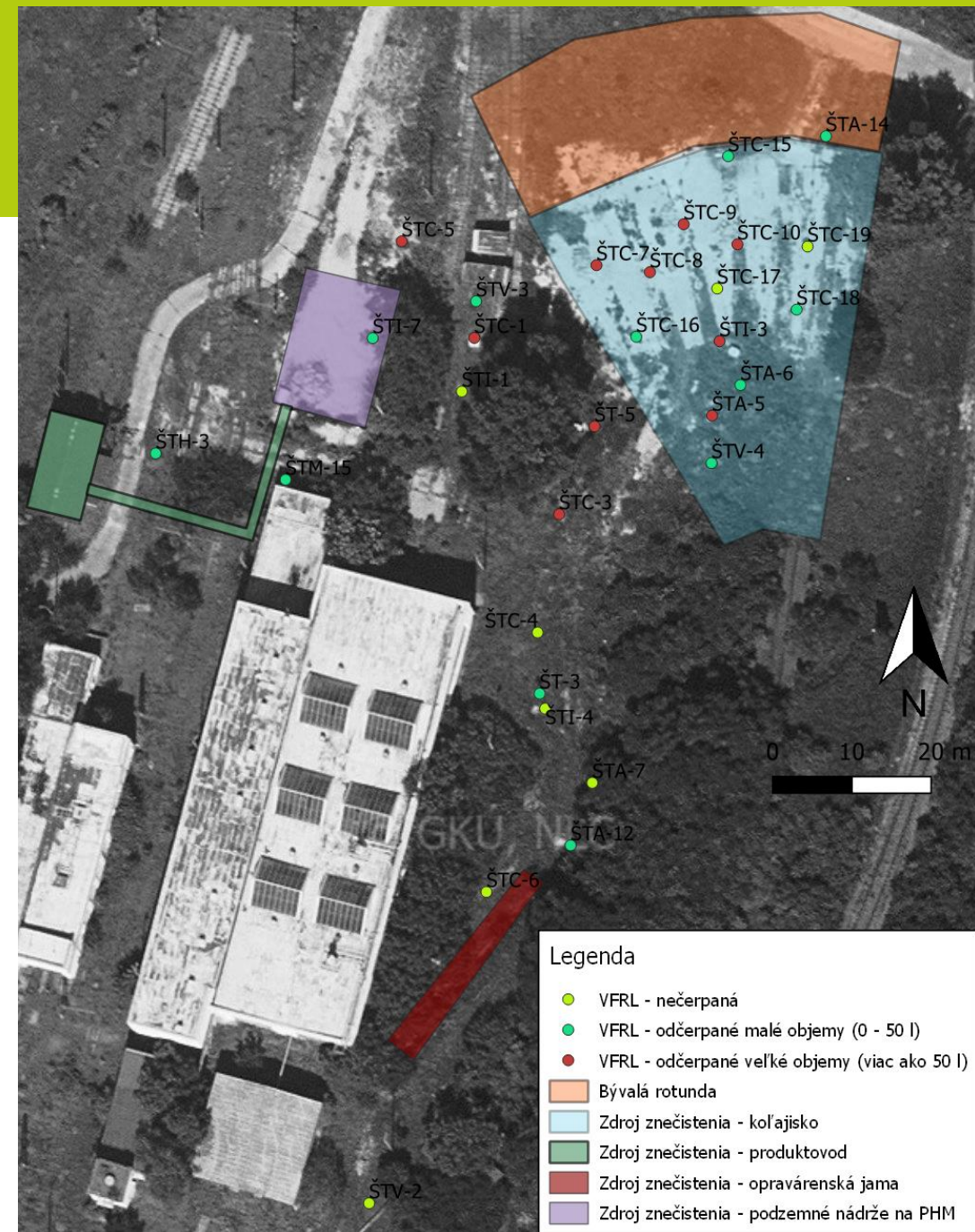
Sanácia EZ – RD Štúrovo

V rámci etapovej realizácie vrtných prác bolo identifikovaných viacero nových zdrojov znečistenia na lokalite - priestor koľajiska pred bývalou budovou depa (rotundy), produktovod od miesta stáčania PHM a opravárenská jama

Samovoľné natekanie VFRL do vrtov - týždeň po realizácii vrtných prác až 1000 mm.

Pri realizácii vrtov však neboli v odobratých vzorkách zemín identifikované koncentrácie ropných látok (nad 10 000 mg/kg), ktoré by naznačovali výskyt mobilnej fázy VFRL.

Nebolo identifikované miesto prestupu znečistenia do vrstvy štrkov



Sanácia EZ – RD Štúrovo

Odstránenie zdroja – podzemné nádrže na PHM odstránené v máji 2019 – obsah ropných látok v zemine cca 20 000mg/kg

STI-7 v priestore jamy po nádržiach – vysoké znečistenie zemín, nízke dotekanie VFRL – max 20 mm výdatnosť čerpania bola postupne zvyšovaná - najvýraznejšie natekanie VFRL do vrtov bolo pozorované pri znížení hladiny podzemnej vody o cca 100 cm ani pri takto zníženej úrovni hladiny nebolo do vrtu STI-7 pozorované natekanie VFRL. Jednorazový vyšší objem VFRL však samovoľne natiekol do vrtu po ukončení čerpania PV 360 mm



Sanácia EZ – RD Štúrovo

Jednorazové natečenie VFRL do vrtu STV-4 bez čerpania podzemnej vody. Nachádza sa na okraji mraku znečistenia, z vrtov v jeho okolí nebola odčerpávaná VFRL, podzemná voda bola čerpaná z objektov, nachádzajúcich sa medzi vrtom STV-4 a mrakom znečistenia. Napriek postupnému začerpávaniu nových vrtov, ktorého cieľom bol zamedziť šíreniu VFRL, k šíreniu VFRL preukázateľne došlo

STC-9 - po odvrtní bola vo vrte pozorované iba minimálne množstvo VFRL (vrstva hrúbky do 50 mm). Do dvoch vrtov v jeho blízkom okolí samovoľne natiekla VFRL v hrúbke až 970 mm. Po spustení čerpania v STC-9 bolo zaznamenané okamžité natekanie veľkých objemov VFRL. Hrúbka vrstvy opätovane natečenej VFRL pravidelne dosahovala viac ako 1000 mm (viac ako 30 l). Vrt bol po ukončení sanácie vyhodnotený z hľadiska odčerpaného znečistenia ako najvýdatnejší.



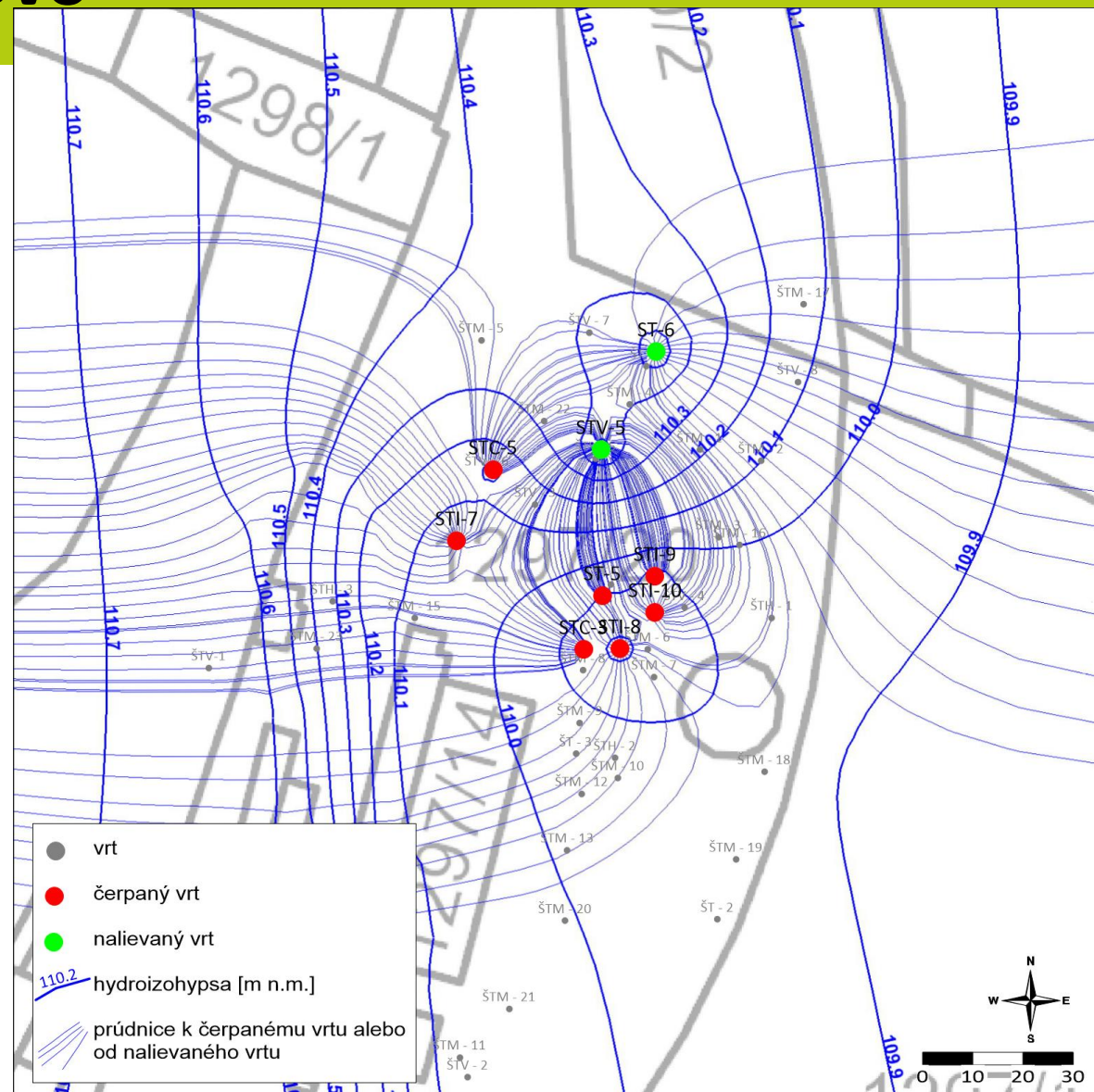
Sanácia EZ – RD Štúrovo

Predpoklad výskytu znečistenia bol aj v okolí pôvodného objektu ST-3, z ktorého bolo počas pilotného sčerpávania jednorazovo odčerpaných viac ako 80 l VFRL, ktorá po odčerpaní opätovne natekala. Vrt STI-4 sa nachádzal cca 2,2 m od vrtu ST-3, bol čerpaný cca 3 mesiace pri rôznych výdatnostiach, avšak výraznejšie prítoky znečistenie neboli pozorované (hrúbka VFRL bola do 5 cm).



San

Bilanciu VFRL pre vrt STC-9 (odčerpaných cca 1,2 m³ znečistenia) - odhadnúť stupeň nasýtenia pórov prostredia. Pri priemernej hrúbke znečistenej vrstvy 0,5 m, priestore ovplyvnenom čerpaním (kruh o priemere 5 m, redukovaný na cca 30 % plochy) sa jedná o cca 12 m³ znečisteného prostredia. Pórovitosť štrkov bola 0,3, výsledné nasýtenie pórov znečistením predstavuje cca 30% - veľmi vysoká hodnota – navyše sme bilancovali len odstránenú mobilnú časť znečistenia.



Ďakujem Vám za pozornosť

