

Sledovanie plošnej kontaminácie pôdneho prostredia v priemyselnom areáli.

Bc. Martina Labudíková

Diplomová práca
2009



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martina LABUDÍKOVÁ**
Studijní program: **N 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Inženýrství ochrany životního prostředí**

Téma práce: **Sledování plošné kontaminace půdního prostředí
v průmyslovém areálu**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte dostupnou literaturu a informační zdroje vztahující se k zadanému tématu.
2. Provedte kritickou literární studii o plošných anorganických kontaminantech a jejich vlivu na životní prostředí. Zhodnoťte geologické a geografické poměry v zájmové lokalitě.
3. Provedte předběžný průzkum půdního prostředí zájmové lokality a určete majoritní anorganické kontaminanty.
4. Na základě výsledků předběžného průzkumu provedte podrobný průzkum vybraných anorganických kontaminantů v zájmové lokalitě a určete, zda jejich koncentrace překračují limitní hodnoty.
5. V případě překročení limitů formulujte doporučení pro odstranění kontaminace z půdního prostředí.
6. Provedte vizualizaci plošné kontaminace pomocí geografického informačního systému.
7. Situaci v zájmové lokalitě kriticky zhodnoťte a formulujte závěry.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Roman Slavík, Ph.D.

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

Datum zadání diplomové práce:

9. února 2009

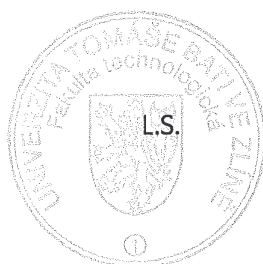
Termín odevzdání diplomové práce:

15. května 2009

Ve Zlíně dne 10. února 2009



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. RNDr. Jan Růžička, Ph.D.
ředitel ústavu



ABSTRAKT

Táto práca je založená na sledovaní priemyselného areálu SVIT. Monitoruje stav pôdneho prostredia, druh, vplyv a dôsledky výskytu kontaminujúcich látok. Vzorky boli vyhodnotené prostredníctvom XRF a AAS analýzy a následne zmapované prostredníctvom geografického informačného systému (GIS). Vo vzorkách boli zistené značné množstvá anorganických kontaminantov. Z toho najväčší obsah prvkov arzénu, cínu, stroncia, síry, vápniku, zirkónu, železa, zinoku a olova. Nadlimitné hodnoty boli stanovené u olova a zinku, u ktorých sme vyhodnotili dopad na zdravie človeka a navrhli možnosti sanácie pôdy.

Toto znečistenie bolo spôsobené priemyselnou výrobou a dopravou.

Kľúčové slová: kontaminácia pôdy, GIS, XRF, geohazard, ťažké kovy

ABSTRACT

The aim of this study is the monitoring of contamination in SVIT industrial area. Focus is for condition of soil, impacts of occurrence in ecological environment. XRF and AAS analysis were used for examination of the samples, with consequent pollution surveying by using the geographical information system (GIS). The samples have been found to contain great amount of inorganic pollutants, especially As, Sn, Sr, S, Ca, Zr, Fe, Zn and Pb. Value of Pb and Zn is over the limites. Next focus of this aim was for impact of these elements on health of people and finding the correction solving. This occurrence was caused of the manufacturing and transportation.

Keywords: soil contamination, GIS, XRF, geohazards, heavy metals

Motto: S novým dňom príde i nová nádej ...

PodĎakovanie:

Týmto spôsobom by som chcela poďakovať môjmu vedúcemu diplomovej práce Ing. Romanovi Slavíkovi, Ph. D., za odborné vedenie, vecné pripomienky a stály záujem pri písaní diplomovej práce. Ďalej by som rada poďakovala pracovníkom Ústavu inžénrství ochrany životného prostredia, ktorí mi pri písaní diplomovej práce pomohli odbornými znalosťami a praktickou pomocou. V neposlednom rade by som rada poďakovala Daniele Marekovej a svojmu priateľovi, ktorá mi pomáhali pri odoberaní vzoriek a psychicky ma podporovali.

Súhlasím s tým, že s výsledkami mojej práce môže byť naložené podľa uváženia vedúceho diplomovej práce a vedúceho ústavu.

Prehlasujem, že som na celej diplomovej práci pracovala samostatne a použité literatúru som citovala.

V Zlíne 10. 5. 2009

.....

Podpis

OBSAH

ÚVOD.....	8
I TEORETICKÁ ČASŤ.....	9
1 CHARAKTERISTIKA ZÁUJMOVEJ LOKALITY.....	10
1.1 GEOGRAFICKÉ VYMEDZENIE ÚZEMIA	10
1.2 GEOMORFOLOGICKÉ A KLIMATICKÉ POMERY	10
1.3 GEOLOGICKÉ POMERY	12
1.4 HYDROGEOLOGICKÉ A HYDROLOGICKÉ POMERY	13
1.5 VÝROBA V MINULOSTI, SÚČASNOSTI A PLÁNOVANÉ VYUŽITIE ÚZEMIA	14
2 DOTERAJŠIA PRESKÚMANOSŤ	17
2.1 ZÁKLADNÉ VÝSLEDKY PREDCHÁDZAJÚCICH PRIESKUMNÝCH A SANAČNÝCH PRÁC.....	17
3 RIZIKÁ KONTAMINÁCIE HORNINOVÉHO PROSTREDIA ZÁUJMOVEJ LOKALITY.....	20
3.1 RIZIKOVÉ PRVKY: TOXIKOLÓGIA A ICH OSUD V ENVIRONMENTE.....	21
3.1.1 Olovo - Pb	21
3.1.2 Arzén – As.....	22
3.1.3 Zinok – Zn.....	22
3.1.4 Stroncium – Sr.....	23
3.1.5 Cín – Sn.....	23
3.1.6 Železo – Fe	23
3.1.7 Vápnik – Ca.....	24
3.1.8 Zirkón – Zr	24
3.2 HODNOTENIE KONTAMINÁCIE PÔD	24
3.2.1 Vyhláška MŽP ČR 13/1994 Sb.....	24
3.2.2 Metodický pokyn MŽP ČR.....	25
4 MOŽNOSTI VIZUALIZÁCIE KONTAMINÁCIE	28
II PRAKTICKÁ ČASŤ	31
5 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ	32
5.1 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE A MATERIÁLY	32
5.2 POUŽITÉ PRÍSTROJE	32
6 METODIKA A ROZSAH PRIESKUMNÝCH PRÁC	33
6.1 VOĽBA ODBEROVÝCH MIEST PRE VZORKOVANIE PÔDY	33
6.2 ODBERY VZORIEK PÔD NA ODBEROVÝCH MIESTACH	33
6.3 SPRACOVANIE VZORIEK A CHEMICKÝ ROZBOR	34
6.4 SPRACOVANIE VÝSLEDKOV CHEMICKÉHO ROZBORU POMOCOU GEOGRAFICKÉHO INFORMAČNÉHO SYSTÉMU	34
III DISKUSIA VÝSLEDKOV	37
7 ZHRNUTIE PLOŠNÉHO A PRIESTOROVÉHO ROZSAHU KONTAMINÁCIE	38
8 POROVNANIE ZVÝŠENÝCH OBSAHOV KONTAMINUJÚCICH PRVKOV S PLATNÝMI LEGISLATÍVNÝMI LIMITNÝMI HODNOTAMI	47

9 ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ A NÁVRH NÁPRAVNÝCH OPATRENÍ	48
ZÁVER	51
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	52
ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATEK	55
ZOZNAM OBRÁZKOV	56
ZOZNAM TABULIEK	57
ZOZNAM PRÍLOH.....	58
PRÍLOHY	59

ÚVOD

Pôda je jednou z dôležitých zložiek životného prostredia. Je nenahraditeľným prírodným zdrojom a základom potravinového reťazca človeka, kde zaujíma významné miesto.

Všeobecne je známe, že antropogénna činnosť významným spôsobom prispieva k zhoršovaniu kvality pôdy. Predovšetkým priemyselnou činnosťou sa do pôdy môže dostať veľké množstvo znečisťujúcich látok, hlavne ťažkých kovov, ktoré pôsobia na zloženie pôdneho edafónu. A preto monitoring distribúcie kontaminácie je základným predpokladom pre uskutočnenie úspešného sanačného zásahu.

Záujmová oblasť sa nachádza v centre mesta a je charakteristická ako špecifickou polohou, tak sústredení, rôznorodej priemyselnej činnosti (výroba strojárska, kožiarska, výroba na spracovanie gumených výrobkov, tepláreň so spaľovaním uhlia a galvanovňa).

V dobe, keď tu začínala a následne sa rozširovala výroba obuvi firmou Baťa (neskoršie SVIT), neprebíhal tu periodický monitoring pôdy.

Cieľom práce je preto analýza pôdneho prostredia v priemyselnom areáli SVIT, pri ktorom by mali byť identifikované hlavné anorganické kontaminanty a ich množstvá. Ďalej by mal byť posúdený možný vplyv týchto prvkov na životné prostredie, zdravie ľudí a nevrhnutie možných spôsobov sanácie kontaminovaných oblastí.

I. TEORETICKÁ ČASŤ

1 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉJ LOKALITY

1.1 Geografické vymedzenie územia

Zlínský kraj sa nachádza vo východnej časti štátu, kde tvorí hranicu so Slovenskom, jeho západná časť je ohraničená pohorím Chřiby, severná časť dolnomoravským úvalom a južná časť hornomoravským úvalom. Východnú hranicu tvoria Biele Karpaty, ktoré smerom k severu prechádzajú v Javorníky a Moravskoslezské Beskydy. Zlínsky kraj je svojou rozlohou 3964 km² štvrtým najmenším krajom na území Českej republiky [1]. Štatutárnym mestom kraja je Zlín, ktorý sa od roku 1949 do 1989 nazýval Gottwaldov. Zlín leží v údolí rieky Dřevnice na rozhraní Hostýnských a Vizovických vrchov, v priemernej nadmorskej výške okolo 210 m. n. m [2]

Zájmová oblasť – priemyselný areál SVIT sa kartograficky nachádza v centrálnej časti Zlína v rovinatom území nivy rieky Dřevnice (obr. 1).

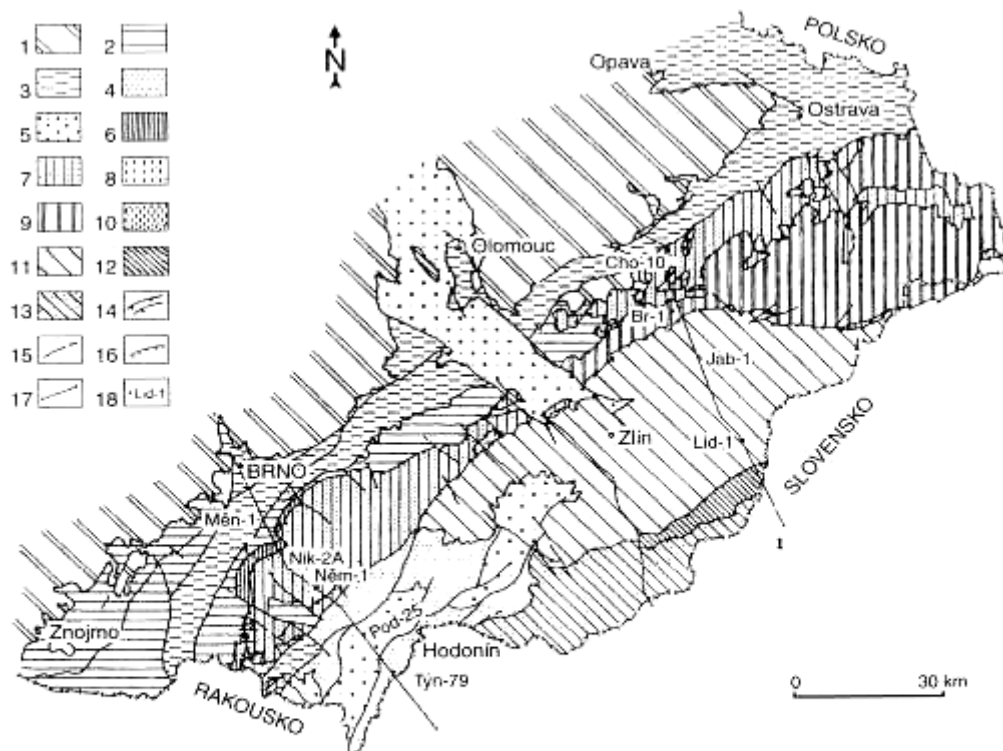


Obr. 1.: Vymedzenie záujmovej lokality na ortofotomape ČR v merítke 1:10 000.

1.2 Geomorfologické a klimatické pomery

Z pohľadu geomorfologického sa Zlínsky kraj nachádza v oblasti vonkajších Západných Karpát a zasahuje do geomorfologických celkov Vizovickej vrchoviny vo východnej a južnej časti, a Hostýnsko-vsetínskej hornatiny na severe. Geomorfologické

celky Zlínskej vrchoviny (obr. 2.) sú predovšetkým charakteru flyšových vrchovín a tvoria vyvýšeniny na pravom a ľavom brehu rieky Dřevnice. Pravý breh tvorí Mladcovská vrchovina a ľavý breh Kudlovská vrchovina a Napajedelská pahorkatina [3].



Obr. 6. Regionální geologické dělení Západních Karpat na našem území (podle usnesení České stratigrafické komise 1994, 1995) 1 – Český masiv; 2 – spodní miocén karpatské předhlubně (eggenburg–karpat); 3 – střední miocén (baden); 4 – svrchní miocén (sarmat–pannon); 5 – pliocén; 6 – pouzdřanská jednotka; 7 – žďánická a podslezská j.; 8 – zlínsko-česká j.; 9 – slezská j.; 10 – předmagurská j.; 11 – račanská j. magurské skupiny příkrovů; 12 – bystrická j. magurské skupiny příkrovů; 13 – bělokarpatská j. magurské skupiny příkrovů; 14 – příkrový a přesmyky; 15 – zlomy; 16 – okraj transgrese; 17 – linie geologických fezů; 18 – vrty.

Obr. 2.: Regionálne geologické delenie Západných Karpat na území [4].

Geologickým podkladom sú alpínsky zvrásnené horniny, vrstvy bridlíc a pieskovcov, súhrnne nazvané ako karpatský flyš [3]. Flyš je spoločný názov pre sedimentárne komplexy, ktoré sú tvorené pieskovcom a ílovcom, prípadne v menšej miere aj vápencom. Pieskovce a ílovce majú vlastnosť, že pomerne rýchlo podliehajú vodnej erózii. Na základe tejto skutočnosti dochádza k rozčleneniu reliéfu vodnými tokmi. Horniny flyšového charakteru sa vyznačujú nízkou mierou priepustnosti vody a to spôsobuje zosuvy pôdy počas privalových dažďov a časté záplavy.

Zlínsky kraj je z pohľadu geomorfologického veľmi členité územie. Počasie i charakteristika klímy sa na vzdialenosť niekoľkých kilometrov podstatne líšia. Väčšiu časť tvorí pahorkovitý a kopcovitý terén, ktorý v niektorých častiach prechádza v terén hornatý. Zvlášť dôležitú úlohu hrá hlavne v uzavretých údoliach a kotlinách, kde má

nepriaznivý vplyv na tvorbu teplotných inverzií a hmiel, z dôvodu jeho zlého prevetrávania. Zlínsky kraj v porovnaní s inými lokalitami v Českej republike s približne rovnakou nadmorskou výškou, sa v Zlínskom kraji prejavuje vyššia kontinentalita v porovnaní s Čechami, čiže väčšie rozdiely leto-zima, vplyv blízkych hôr a vplyv záveternej strany pri vetroch od východu [5].

Podnebie je jednou z najdôležitejších charakteristík, ktoré majú v neposlednej rade vplyv na globálne cirkulačné pomery a tým i transport škodlivín. Základné charakteristiky podnebia v Zlínskom kraji sú ovplyvnené jeho polohou v mierne vlhkom podnebnom páse. V tejto oblasti prechádza prímorské podnebie do podnebia pevninského s prevládajúcim západným prúdením vzduchu v teplom polroku a východným v chladnom polroku.

Medzi výrazné klimatické činitele zaraďujeme nadmorskú výšku, veľkú členitosť georeliéfu, orientáciu horských chrbtov v smere severovýchod – juhozápad tzn. Naprieč prevládajúcemu veternému prúdeniu, charakter aktívnych plôch. Pod aktívnymi plochami sa myslia rozdielne klimatotvorné účinky lesných, poľnohospodárskych a vodných plôch.

Klimaticky je územie areálu Svitú zaradené do oblasti MT -10, charakterizované dlhým, teplým a mierne suchým letom, krátkymi prechodnými obdobiami s mierne teplou jarou a jeseňou, krátkou mierne teplou a veľmi suchou zimou s krátkym trvaním snehovej pokrývky. Priemerná teplota v januári činí -2 až -3 °C, v júli 17 až 18 °C. Priemerný ročný súhrn zrážok dosahuje 600 až 700 mm. Podľa mapy špecifických odtokov podzemných vôd sa v tejto oblasti vytvára na 1 km² 1 – 2 l. s⁻¹ podzemných vôd [2].

1.3 Geologické pomery

Územie i jeho široké okolie sa z geologického hľadiska nachádza v oblasti budovanej paleogénnymi horninami račanskej jednotky magurského flyša (obr. 2.). Nachádza sa tu flyšové striedanie vápnitých ílov s glaukonitickými pieskovecami. Tieto skalné horniny sú v danom území pokryté aluviálnymi sedimentmi údolia nivy rieky Dřevnice. Ide o súostrovie tvorené v spodnej časti hrubými, väčšinou zahlinenými štrkami s kameňmi o veľkosti až 20 cm. Mocnosť týchto štrkov sa pohybuje okolo 3 – 4 m [2]. Vrchnú časť fluviálneho komplexu tvoria jemnozrnnejšie zeminy holocénnej staroby zastúpené ílovitými a piesčitými hlinami až hlinitými pieskami s premenlivou štrkovou

prímesou. Pri povrchu terénu sa nachádzajú rôzne druhy antropogénnej navážky (betónové a dláždené plochy, podsypy) [6].

Predkvartérne podložie je budované flyšovými ílovcami zlínskych vrstiev v hĺbke 6, 6 m (p. t.). Kvartérne sedimenty v nadloží ílovcov, ktoré tu plnia funkciu počevného izolátoru, sú tvorené riečnymi a svahovými sedimentmi s pomerne značnou variabilitou vývoja a hydraulických vlastností. Ostatné kvartérne sedimenty v nadloží ílovcov sú tvorené ílovitými, prachovitými a piesčitými hlinami zložitého genetického rozlíšenia medzi holocénnymi náplavami a svahovými sedimentmi [6].

1.4 Hydrogeologické a hydrologické pomery

Po stránke hydrogeologickej spadá toto územie do hydrogeologického rajónu 162 – Pliopleistocenné sedimenty Hornomoravského úvalu. Horniny skalnatého podložia patria k rajónu 322 Flyšové sedimenty v povodí Moravy.

Skalné podložie je tvorené horninami paleogénneho flyša. Prostredie je takmer výhradne puklinovo priepustné. Táto puklinová priepustnosť sa tu uplatňuje len vo vrchných zvetralých častiach. Podzemná voda, ktorá obieha je obmedzená na sieť puklín a je závislá na ich početnosti, priebehu. Počevný izolátor tvoria paleogénne ílovce. Ide o hydrogeologický izolátor, napr. nepriepustnú horninu, ktorá zabraňuje pohybu podzemnej vody. Obvykle sa nachádza na dne hydrogeologického kolektoru, ktorý predstavuje horninové teleso s rádovo väčšou priepustnosťou ako je priepustnosť príľahlého horninového prostredia. Voda sa v ňom pohybuje oveľa ľahšie pri rovnakých hydrologických podmienkach.

Rýchlejší vertikálny obeh podzemnej vody siahá len k jej vrchnej hranici. Je to spôsobené nízkou priepustnosťou spomínaných paleogénnych ílovcov. Hydrogeologický kolektor je úzko spojený s hydraulikou rieky Dřevnice. Smer prúdenia je prevažne šikmo k rieke a tu plní funkciu drénu. Vsakovanie riečnej vody do štrkov možno predpokladať len v krátkych obdobiach, pri zvýšenej vodnosti povrchového toku [2, 7].

Významný puklinovo priepustný kolektor podzemných vôd predstavujú fluvialne štrky údolnej nivy. Podzemná voda tu vytvára súvislé zavodnenie s mierne napätou hladinou. Hodnoty súčiniteľov filtrácie sa pohybujú rádovo v hodnotách n. 10^{-4} m. s^{-1} až v n. 10^{-3} m. s^{-1} . Porovnanie hladiny podzemnej vody s hladinou vody v rieke je približne

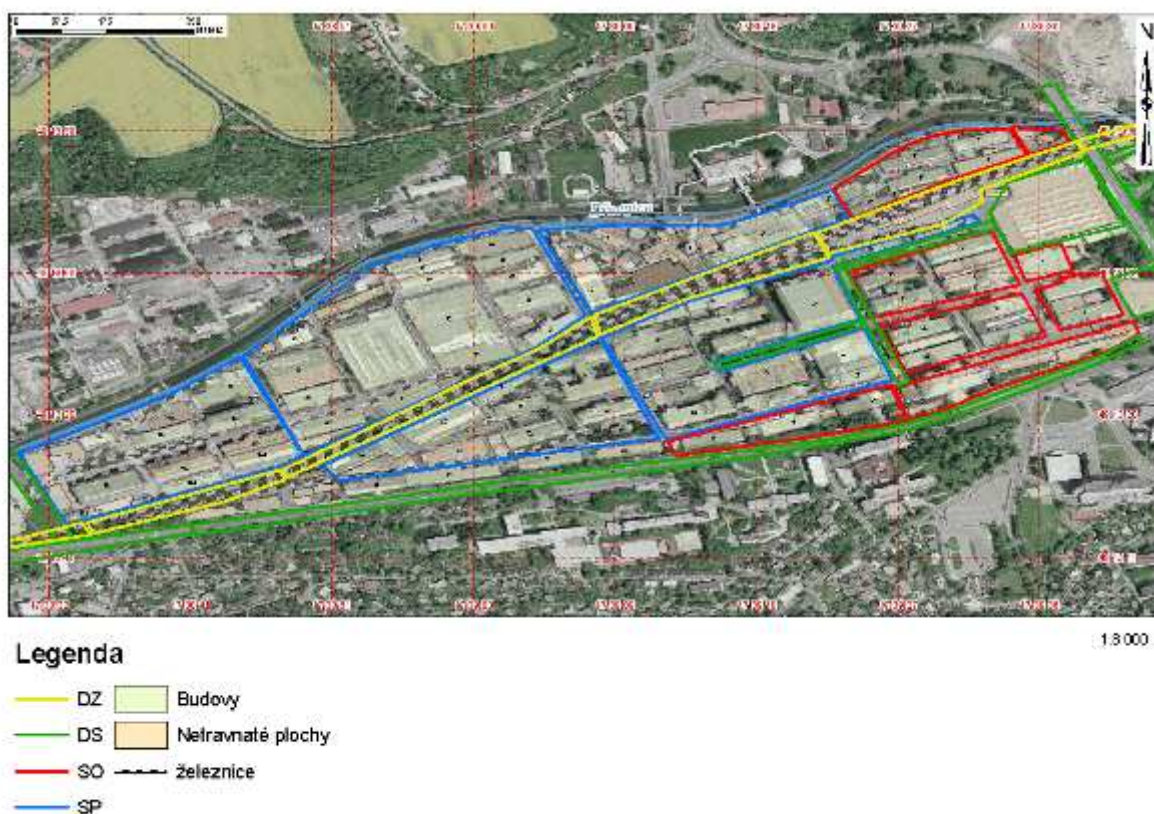
rovnaká. Infiltráciou z toku, infiltráciou zrážok a príronom z okolitých svahov je spôsobené dopĺňovanie zásob podzemnej vody. Stropný izolátor, ochranný kryt štrkov je tvorený ílovitými hlinami, čo predstavuje nadložnú vrstvu, ktorá je vo väčšine tohto areálu nahradená alebo dosypaná dobre priepustnou navážkou a narušenie je aj v dôsledku existencie rôznych výrobných objektov. Podzemné vody majú zvýšené obsahy železa a mangánu [2].

1.5 Výroba v minulosti, súčasnosti a plánované využitie územia

Počiatky využívania areálu SVIT sa datujú na prelom 19. a 20. storočia. 24. 9. 1894 vtedy ešte neznámi súrodenci Antonín, Anna a Tomáš založili v Zlíne obuvnícku živnosť [8]. Od roku 1901 sa tu skúšobne zavádzala strojárska výroba koženej obuvi. Ďalší rast podniku zo sebou priniesol stavbu tehlárne, pily, kopytárne a podpätkárne (rok 1917) a v roku 1924 stavbu nových moderných kožiareň [5].

Postupom času sa výroba v lokalite menila – niektoré z výrob zanikli, iné novo vznikali. Bola tu zriadená galvanovňa (budova č. 91), spracovanie koží, lisovanie gummy a podošiev (budova č. 53), výroba hliníkový kopyt (budova č. 68), kaliareň (budova č. 82), výroba nožov a fréz (budova č.71), chemická výroba (budova č. 66), zlievareň (budova č. 72, 82, 85), pneumatikáreň (budova č. 76), impregnácia kordov (budova č., 95), sklady surovej gummy, železa (budovy č. 61, 77, 97), gumáreň (budovy č. 42, 44, 45, 75), elektráreň (budova č. 37), a iné výroby, ktoré však už zanikli. Mapa rozmiestnenia budov s číselným popisom, vid' príloha 1. [9].

V dnešnej dobe sa v objektoch bývalého Svitú nachádza strojárska výroba, tepláreň, výroba pryžotextilnej obuvi (budova č. 13, 113), výroba fréz a tepelné spracovanie kovov (budova č. 71), výroba odliatkov z železných a neželezných kovov (budova č. 84), spracovanie gumárenských zmesí (budova č. 33, 43, 53), polygrafia (budova č. 13), výroba káblov (budova č. 16), kaliareň (budova č. 81), výroba lepidiel pre podlahové krytiny, tmelov, náterových hmôt (budova č. 113) a iné. Z vykonávanej výroby následne môžeme predpokladať, aké znečistenie sa tu môže nachádzať a aká je príčina jeho vzniku.



Obr. 3.: Rozčlenenie záujmovej lokality v plánovanom využití v merítke 1:8 000.

SO – červeno označené územie (obr. 3.)

Plánuje sa využiť pre potreby mesta s charakterom občianskeho využitia s miestnym, celomestským a nadmestským významom, podnikateľských aktivít, pre bývanie, dopravnú a technickú infraštruktúru, pre zeleň.

Je možné využiť územie i pre výrobu a služby za podmienok nenarušovania stavieb v svojom okolí, nezvýšenie dopravnej záťaže.

U stavieb určených na bývanie možno zmeniť využitie na zmiešané (služby a pod.) za predpokladu, že min. 50% nadzemných podlaží bude určených na bývanie.

Ďalej k obchodným účelom, ale len vtedy, ak bude využitých max. 1 300 m² vo viacpodlažnom objekte a bude v objekte zaistené parkovanie.

SP – modro označené územie (obr. 3)

Hlavné využitie pre stavby výrobného a logistického charakteru, bez negatívneho dopadu na ŽP a na bytovú zástavbu.

Územný plán počíta s drobnou výrobou (nie sériového charakteru), pre skladové využitie bez zásahu na ŽP, občianske využitie (komerčného charakteru), zberné miesta komunálneho odpadu a mestskú zeleň.

Občianske využitie typu výskumného charakteru, školstva, kultúry, športu a pod. Ďalej pre poľnohospodárske stavby a bývanie, avšak za predpokladu, že činnosti nebudú narušovať stavby v okolí a ich využívanie nebude mať negatívny dopad na ŽP. Bývanie len pre osoby, ktoré vykonávajú dohľad nad stavbami ako správa budov, alebo sa bude jednať o majiteľov budov.

DS – zeleno označené územie (obr. 3)

Predstavujú plochy, ktoré budú slúžiť k zaisteniu dopravnej dostupnosti ako cesty, oporné steny, mosty, tunely. Cesty pre chodcov a cyklistov, hromadné a radové garáže, stanice pohonných hmôt a pod.

DZ – žltó označené územie (obr. 3)

Plochy sa týkajú železničnej dopravy pre výstavbu oporných stien, mostov, tunelov a pod.

Plánované je združenie autobusovej, železničnej a mestskej hromadnej dopravy do jedného areálu (budovy), čím sa zjednoduší cestovanie. A tiež výstavba druhej koľaje na trati Zlín – Otrokovice.

2 DOTERAJŠIA PRESKÚMANOSŤ

2.1 Základné výsledky predchádzajúcich prieskumných a sanačných prác

Viktorinová [10] sa zaoberala kontamináciou dnových sedimentov z povodia riek zlínskeho kraja. Cieľom tejto práce bolo vyhodnotiť, či pozdĺž sledovaných tokov nedochádza k dlhodobej kontaminácii ťažkými kovmi. Keďže rieka Dřevnice preteká v blízkosti nami vybranej lokality, je pravdepodobné, že kontaminácia pôdy v tejto lokalite sa mohla odzrkadliť i v kontaminácii dnových sedimentov rieky Dřevnice. Bol zistený zvýšený nárast kadmia, ortuti, medi a zinku a vyslovený záver, že rieka Dřevnice má zvýšené koncentrácie ťažkých kovov na odberovom mieste prechádzajúcom mestom Zlín, v dôsledku antropogénnej činnosti. Transport kontaminácie tak mohol začať v pôdnom prostredí priemyselného areálu SVIT a pokračovať až do dnových sedimentov.

V roku 1993 bolo zahájenie prieskumných prác kontaminácie pôdneho profilu a podzemných vôd organickými látkami v areálu podniku a. s. Barum v Zlíne. Prieskum sa uskutočnil na štyroch vybraných plochách areálu. Interpretácia bola založená na výsledkoch analýz pôdneho vzduchu in situ. Bolo zistené plošné znečistenie pôdneho horizontu charakterizované prítomnosťou uhl'ovodíkov vo vzorkách pôdneho vzduchu. Išlo prevažne o ľahké uhl'ovodíky, v 40% vzorkách chl'ované uhl'ovodíky (trichlóretén, tetrachlóretén). Na troch miestach z celkových 135 boli zistené koncentrácie uhl'ovodíkových látok nižších ako 50 ppm. Na nezastavených plochách lokality boli sumárne koncentrácie uhl'ovodíkov v pôdnom vzduchu okolo 100 ppm a na niektorých bodoch v blízkom okolí a vo vnútri hál koncentrácie ešte podstatne vyššie. Ďalej nasledovali vrtné práce, v ktorých sa sústreďovali na stupeň kontaminácie podzemných vôd. Bolo možné konštatovať, že došlo k prekročeniu limitov pre zahájenie sanácie na vrte IS- 2 vysokým obsahom NEL a toluénu v podzemnej vode. Limity $0,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ pre nutnosť zahájenia sanácie u NEL podľa limitu ČSN 75 7111 pre pitnú vodu a $50 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ u toluénu MP MŽP pre zahájenie sanácie. Toto znečistenie sa sústreďuje hlavne do podlažia a bezprostredného okolia prevádzkových objektov. Pre odstránenie kontaminácie pôdneho profilu navrhol autor Ing. Zdeněk Vacek využitie biodegradačnej sanácie in-situ (bez nutnosti výkopových prác) metódou BIO – REM [2].

České dráhy a. s. v lokalite železničnej dráhy Zlín stred v roku 2005 vykonali ekologický audit, resp. prieskum a posúdenie ekologickej zaťažnosti horninového prostredia a vybraných stavieb záujmovej železničnej stanice. Výsledky vzorkovania boli posúdené podľa Metodického pokynu MŽP č. 8/1996, podľa ktorého sa v ČR overujú ekologické záťaže. Vzorky zemín boli odobraté v priebehu vrtných prác vyťaženého jadra zeminových sond (S1 - S10). Vzorky boli analyzované na stanovenie obsahu polycyklických aromatických uhľovodíkov (PAU) a nepolárnych extrahovateľných látok (NEL) a vzorky pôdneho vzduchu na stanovenie obsahu látok organického charakteru. Koncentrácia NEL v zemine v mieste sond S-5 (lokalita rampa) S-7 a S-9 (lokalita bývalá remíza lokomotív) prekračovali hodnoty 1000 mg. kg^{-1} sušiny, limity C pre MP MŽP. U sond S-1 a S-2 prekračovali hodnoty limit B MP MŽP, čo predstavuje 400 mg. kg^{-1} sušiny. Hodnoty PAU v mieste sondy S-7 (lokalita bývalá remíza lokomotív) prekračovali limity C MP MŽP. V pôdnom vzduchu neboli zistené významné koncentrácie sledovaných polutantov. Na základe výsledkov možno konštatovať, že v priestore železničnej stanice Zlín – stred, resp. v jej záujmových lokalitách, neboli zistené koncentrácie sledovaných polutantov v horninovom prostredí, ktoré by vyžadovali naliehavý sanačný zásah, aj napriek tomu, že bolo zistené ložisko kontaminácie charakteru PAU a NEL na lokalite bývalá remíza lokomotív. Spracovateľ ekologického auditu doporučuje realizovať v dotknutej lokalite odťaženie kontaminovaných zemín, ich likvidáciu a uvedenie lokality do pôvodného stavu [11].

V roku 1995 – 2005 boli vykonané hydrologické práce pre zahájenie sanácie podzemných vôd v ZPS – chrómovni. V danej lokalite boli realizované hydrologické vrty s následným osadením šachticového záhlavia v mieste sanačného objektu HS – 1 u budovy č. 91 a realizácia dvoch indikačných (monitorovacích) vrtov HP – 944, HP – 945 pod zdrojom znečistenia, tak aby došlo k zahájeniu sanácie podzemných vôd znečistených Cr v mieste zrušenej chrómovne. Okrem analýzy Cr, realizovali analýzu i na ďalšie kovy, a to Pb, Zn a Cu v sušine zemín, kde dospeli k výsledku, že kontaminácia neprekračuje „požadované“ hodnoty A podľa MP MŽP. Pre posúdenie migračnej schopnosti zo vzoriek kovov bolo vykonané tiež stanovenie vo vodnom výluhu v porovnaní s limitami pre triedu vylúhovateľnosti. Vodný výluh kovov Cu, Pb, Zn neprekračoval tieto limity a nevyvolávajú potenciálne riziko znečistenia podzemných vôd. Vodný výluh Cr vykazoval vo vrstve 2,5 – 2,8 m p. t. obsah 97 mg. l^{-1} , čo bolo nad limitom vodného výluhu

triedy IIIb pre ukládanie odpadov na zabezpečených skládkach zvláštnych odpadov. Ak by bola zemina odt'ažená, vyžadovalo by pre jej uloženie skládku nebezpečného odpadu.

Sanačný vrt H – 1 slúžil k čerpaniu znečistených podzemných vôd a tým došlo k ochrane podzemných vôd pred ďalším šírením znečistenia a postupnej sanácii prostredia. Znečistené vody boli odvedené potrubím na neutralizačnú stanicu a po predčistení odvedené do kanalizácie. Išlo o dlhodobý monitoring súčasne so sanačným čerpaním. V roku 2005 sa na žiadosť o posúdenie ukončilo čerpanie znečistenej podzemnej vody nakoľko bolo zistené, že sa koncentrácia Cr vo vode nemení [6, 12, 13].

3 RIZIKÁ KONTAMINÁCIE HORNINOVÉHO PROSTREDIA ZÁUJMOVEJ LOKALITY

Globálna kontaminácia životného prostredia je jedným z najvýznamnejších environmentálnych problémov súčasnosti. Človek svojou činnosťou veľmi ovplyvňuje životné prostredie, či už je to prostredníctvom priemyselnej výroby, dopravou, ťažbou nerastných surovín a pod. Táto antropogénna činnosť ovplyvňuje pôdny systém, ktorý je síce schopný niektoré cudzorodé látky do istej miery odbúrať, avšak v určitom stupni znečistenia túto schopnosť stráca. Tým dochádza k značnému zhoršovaniu kvality pôdy.

Pod kontamináciou pôdy sa rozumie prekročenie najvyššej prípustnej hodnoty obsahu prvkov a zlúčenín v pôde. Kontaminácia pôdy predstavuje významný negatívny prejav ľudskej činnosti na túto zložku životného prostredia. Ich škodlivosť sa prejavuje najmä absorpciou pôdnymi organizmami, rastlinami, ako aj prienikom do pôdneho roztoku a následným transportom do podzemných vôd. Kontaminanty sa tak dostávajú z pôdy aj do potravného reťazca, kde ďalej môžu priamo ohroziť vyšších živočíchov a človeka [14]. Nesmieme však zabúdať na skutočnosť, že pôdy majú určité množstvo anorganických zlúčenín prirodzene zastúpených. Je to v dôsledku uvoľňovania týchto látok v procese pedogenézie z materskej horniny. Pri plošnej kontaminácii pôd sa však najčastejšie uplatňujú tieto činitelia:

- výskyt prirodzenej kontaminácie pôd rizikovými prvkami z geochemických anomálií
- vplyv globálnych emisií pochádzajúci prevažne zo zahraničných zdrojov a prejavuje sa zvýšeným obsahom Cd, Pb, Cr, As
- vplyv vnútroštátnych zdrojov s lokálnym až regionálnym dosahom, pochádzajúci z rôznych druhov metalurgického a iného priemyslu, ako aj z teplární
- vplyv poľnohospodárstva (najmä obsah Cd z fosforečných hnojív, ale i priemyselné komposty a kaly z ČOV)
- vplyv emisií z dopravných prostriedkov [14].

3.1 Rizikové prvky: toxikológia a ich osud v environmente

Zvýšené obsahy ťažkých kovov sú hlavnou príčinou znižovania kvality pôdy, ale tiež dochádza k poškodzovaniu životného prostredia, predovšetkým vďaka ich toxicite. Sú definované ako kovy, ktorých špecifická hmotnosť je väčšia ako 5 g.cm^{-3} , avšak tento údaj neplatí pre hliník a selén, preto je vhodnejšie používať pojem toxické kovy [15]. Pretože ťažké kovy interagujú s pôdou, dochádza k ich akumulácii najmä v hornej vrstve pôdy. V tab. 1. sú uvedené priemyselné odvetvia, ktoré sa významnou mierou podieľajú na produkcii ťažkých kovov.

Tab. 1: Prehľad priemyselných odvetví a ich produkcia kontaminantov[16]

Výroba	Výskyt zlúčenín prvkov
Ťažba a spracovanie rúd	Fe, Zn, Hg, As, Se, Mn, Cu
Hutní priemysel	Al, Cr, Mo, Ni, Pb, V
Ťažba uhlia	Fe, Al, Mn, Ni, Cu, Zn
Strojárstvo, povrchová úprava kovov	Cr, Cu, Ni, Zn, Cd, Fe, Al
Chemický priemysel	Fe, Al, W, Mo, Zn, Pb, Cu, Hg
Farby, laky, pigmenty	Hg, Cr, Pb, Zn, Ti, Al, Ba, Sr, Mn, As, Se
Buničina, papier	Ti, Zn, Al, Ba, Sr, Cr, Se, Cu, Hg
Spracovanie koží	Cr, Al, Fe
Textilný priemysel	Cu, Zn, Cr, Pb, Fe
Polygrafický priemysel	Zn, Cr, Ni, Cd, Cu, Pb
Elektrotechnika	Ag, Se, Ge, Mn, Ni, Pb, Cu, Hg
Spaľovanie uhlia	As, Ti, Al, Ge, Se, Hg, Be, Zn, Mo, Ni, Pb, Sb
Spaľovanie vykurovacích olejov	V, Ni, Zn, Cu
Pesticídy	Hg, As, Cu, Zn, Ba
Priemyselné hnojivá	Cd, Mn, As
Korózia potrubia	Fe, Pb, Cu, Ni, Zn, Cr
Automobilová doprava	Pb

3.1.1 Olovo - Pb

Na prvom mieste medzi anorganickými kontaminantmi stojí olovo, ktoré zamoruje pôdu v okolí diaľnic a ciest. V anorganických zlúčeninách sa olovo najčastejšie vyskytuje v podobe dvojmocného olova (PbCO_3 a PbSO_4). Olovo má vysokú schopnosť tvoriť komplexné zlúčeniny s nerozpustnými humínovými látkami [15].

Stále širšie použitie olova v rôznych oblastiach priemyslu a hlavne pri používaní tetraethylolova ako antidetonačnej prísady do benzínu malo za následok zvyšujúcu sa kontamináciu životného prostredia. V dnešnej dobe sú olovnaté benzíny nahradené bezolovnatými palivami [17] a hlavným zdrojom olova v pôdach sú emisie z hutí, ktoré spracovávajú olovenú rudu, ďalej odpad z kovohutí, aplikácie čistiarenských kalov do pôdy. Aj depozícia dažďom, snehom a sedimentujúcim prachom obohacujú ekosystém ťažkými kovmi [15].

Toxický účinok olova nie je jednoznačný. Prejavuje sa celou radou patologických procesov a porúch. Zasahuje do metabolizmu a výrazne ovplyvňuje krvotvorbu. Asi 90% Pb prijatého perorálne sa vylúči stolicou. Okrem poškodenia červených krviniek dochádza k poruchám ľadvín a pečene, nervového systému a u detí nastávajú psychické zmeny [18]. Carr, Zhang, Moles a Harder, 2007 popisujú v svojom článku ako bolo v posledných rokoch zistené, že sa olovo hromadí v tukových tkanivách ľudských tiel a môžu ovplyvniť centrálny nervový systém a vnútorné orgány. Zvláštny záujem je v znečistení ornice olovom v parkoch a na detských ihriskách, ak sú deti extrémne citlivé. Olovo atakuje CNS a spôsobuje zníženie stupňa IQ [19].

3.1.2 Arzén – As

Arzén sa v prírode vyskytuje prevažne vo forme sulfidov. Tieto sulfidy doprevádzajú sulfidy iných kovov, predovšetkým rudy olova, striebra, medi, niklu, antimónu kobaltu a železa. Najrozšírenejšou formou je azenopyrit. Arzén sa získava ako vedľajší produkt pri spracovaní týchto rúd. As je súčasťou prostriedkov ku konzervácii dreva proti hubám. V menšom množstve je využívaný vo farmaceutickom priemysle, sklárstve, pri výrobe protiparazitných herbicídov, konzervačných prostriedkov pri spracovaní koží a nie je možné vylúčiť, že sa dodnes používa pri výrobe bojových chemických látok [17]. Radí sa medzi významné jedy s mutagénnymi, teratogénnymi a karcinogénnymi účinkami. Akútne otravy, chronické otravy [18].

3.1.3 Zinok – Zn

Zinok je prvkom, ktorý je pre človeka a jeho existenciu nepostrádateľný. Ako kov je prakticky netoxický, ale nie je povolený v styku s potravinami. Pri tavení zinku a jeho zliatin dochádza k známej horúčke zlievačov [18]. V optimálnom koncentračnom intervale patrí k esenciálnym prvkom pre rastlinný aj živočíšny organizmus. Vysoké koncentráte

zinku majú negatívny účinok na gastroenterologický a respiračný systém človeka [20]. Zinok sa často využíva ako ochranný antikorozívny materiál, zvlášť pre železo, čím sa predchádza jeho predčasnej korózii a dosahuje sa dlhšej životnosti. Je veľmi vhodný pre výrobu odliatok, vaní, odkvapov a podobne.

3.1.4 Stroncium – Sr

Stroncium z toxikologického hľadiska nie je významný. Pri požití je jedovatosť jeho zlúčením relatívne malá, pretože sa zle vstrebávajú do organizmu [20]. Zlúčeniny stroncia sa uplatňujú v sklárskom priemysle, pri výrobe katódových trubíc. Stroncium sám o sebe nie je nebezpečný, avšak z hľadiska poškodenia zdravia je rizikom najmä rádioaktívny izotop ^{90}Sr , ktorý vzniká rádioaktívnym rozpadom uránu.

3.1.5 Cín – Sn

Cín je považovaný za málo toxický a preto sa používa k pocínovaniu nádob na uchovávanie potravín. U cínatých solí je rizikovým faktorom ich vysoký redox-potenciál, čo je asi príčinou ich leptacích účinkov [18]. Organometalické zlúčeniny cínu boli dlhú dobu využívané ako súčasť antivegetatívnych náterov k ochrane trupu lodí. No v súčasnej dobe sú tieto nátery zakázané, ale v miestach intenzívnej premávky lodí sa stále vyskytujú vysoké koncentrácie tributylcínu [21].

3.1.6 Železo – Fe

Železo je najrozšírenejším kovom na Zemi. Vyskytuje sa väčšinou len v zlúčeninách a dôležitou súčasťou hemoglobínu. Zabezpečuje prenos kyslíku a krvotvorbu.

Pri anémii z nedostatku železa je nutné mať na pamäti, že sa resorbuje len na Fe^{2+} . Tento redukovaný stav sa zaisťuje prídavkom kyseliny askorbovej, ktorá má silné redukčné vlastnosti. Denná potreba Fe je asi 10 – 20 mg. Železo samé o sebe nie je toxické ale železnaté a železité ióny sú vo vyšších dávkach toxické. Oveľa toxickejšie sú karbonyly železa ako je pentakarbonyl $\text{Fe}(\text{CO})_5$ s $\text{LD}_{50} = 0,9 \text{ mg/l}$ vzduchu pre potkana pri 30 minútovej expozícii [22].

3.1.7 Vápník – Ca

Je to biogénny prvok, ľahko sa oxiduje a môžeme ho uchovávať pod petrolejom.

V posledných rokoch bola preukázaná dôležitá bioregulačná funkcia Ca^{2+} iónov, ktorej sa zúčastňujú vitamíny a hormóny. Ich hladina v krvi je prísne regulovaná. Nedostatok týchto iónov vedie ku krčom, nadbytok k vzostupným obrnám [18].

Vápník má dôležitú úlohu pri správnom fungovaní nervového systému. Ďalej má protizápalové a antialergické účinky [22].

3.1.8 Zirkón – Zr

Zirkón a jeho zlúčeniny sú považované za málo toxické látky. Bolo zistené, že niektoré soli vyvolávajú pokles červených krviniek a hemoglobínu. Niektoré soli zirkónu spôsobujú na pokožke dermatózy [18].

3.2 Hodnotenie kontaminácie pôd

3.2.1 Vyhláška MŽP ČR 13/1994 Sb.

Na základe vyhlášky 13/1994 Sb. Ministerstva životného prostredia ČR, ktorou sa upravujú niektoré podrobnosti ochrany poľnohospodárskeho pôdneho fondu sú uvádzané limity, vid' tab. č.2. Ide o vzorky pôdy odobraté z pozemkov poľnohospodársky obhospodarovaných, tj. orná pôda, záhrady, ovocné sady, lúky a pastviny.

Ľahkými pôdami sa rozumejú piesčité a hlinitopiesčité pôdy podľa analytickej metódy prof. Nováka (Komplexná metodika výživy rastlín č. 1/90, vyd. Ústav vedeckotechnických informací v zemľedelství, Praha).

K obsahu rizikových prvkov v pôdach [mg.kg^{-1}]: uvedené údaje platia pre zmesné vzorky získané z hornej vrstvy vyšetovaných minerálnych pôd v šírke 0,25 m, vysušené na vzduchu do konštantnej hmotnosti. Obsah rizikových prvkov môžeme stanoviť výluhom v HNO_3 alebo výluhom v lúčavke kráľovskej [23].

Tab. č. 2: Rizikové prvky v pôdach náležiacich do poľnohospodárskeho pôdneho fondu (kovy). [23]

Prvky	Obsah rizikových prvkov v pôdach [mg.kg ⁻¹]			
	výluh 2 M HNO ₃		výluh lúčavkou kráľovskou	
	maximálne prípustné hodnoty		maximálne prípustné hodnoty	
	ľahké pôdy	ostatné pôdy	ľahké pôdy	ostatné pôdy
As	4,5	4,5	30	30
Be	2	2	7	7
Cd	0,4	1	0,4	1
Co	10	25	25	50
Cr	40	40	100	200
Cu	30	50	60	100
Hg	-	-	0,6	0,8
Mo	5	5	5	5
Ni	15	25	60	80
Pb	50	70	100	140
V	20	50	150	220
Zn	50	100	130	200

3.2.2 Metodický pokyn MŽP ČR

Metodický pokyn MŽP ČR „kritériá znečistenia zemín a podzemnej vody“ august 1996 – ide o novelizáciu stanoviska MŽP ČR k ukazateľom a normatívam pre asanáciu znečistenej zeminy a podzemnej vody. Celkové obsahy v kritériách znečistenia zemín (kovov) stanovíme vo výluhu HNO₃, prípadne lúčavkou kráľovskou.

Tab. č. 3: Kritéria znečistenia zemín (kovy)– metodický pokyn MŽP ČR [24]

Prvky	A	B	C-obyt.	C-rekr.	C-priem.	C-všob.
	[mg.kg ⁻¹]					
	Celkový obsah					
As	30	65	70	100	140	55
Be	5	15	20	25	30	-
Cd	0,5	10	20	25	30	12
Co	25	180	300	350	450	240
Cr celkem	130	450	500	800	1 000	380
Cu	70	500	600	1 000	1 500	190
Hg	0,4	2,5	10	15	20	10
Ni	60	180	250	300	500	210
Pb	80*	250	300	500	800	300
V	180	340	450	500	550	-
Zn	150	1 500	2 500	3 000	5 000	720

* obsah môže byť vyšší vo veľkých mestských aglomeráciách a oblastiach s intenzívnou automobilovou dopravou.

- Kritériá:

- odpovedajú približne prirodzeným obsahom, prekročenie sa posudzuje ako znečistenie zložky ŽP
- umelo zavedené, ktoré sú dané približne arit. priemerom A a C, prekročenie kritéria B sa posudzuje ako znečistenie, ktoré môže mať negatívny vplyv na zdravie človeka a zložiek ŽP a vyžaduje predbežne hodnotiť riziká
- prekročenie predstavuje znečistenie, ktoré môže znamenať významné riziko ohrozenia zdravia človeka a ŽP. Závažnosť rizika môže byť potvrdená len jeho analýzou.

- Využitie územia:

Obytné – ľudia môžu byť vystavený kontaminantom pri bývaní (priama expozícia – napr. inhalácie prachu, nepriama expozícia – napr. konzumácia pestovanej zeleniny).

Rekreačné – ľudia môžu byť vystavený kontaminantom pri rekreačnej innosti. Expozícia je obmedzená dobou a prebieha vo vonkajšom priestore. Neplatí pre deťské ihriská a pieskoviská.

Priemyselné – pri tomto využití sa predpokladá, že môže dôjsť k časovo obmedzenému kontaktu s kontaminovanou zemínou.

Všeobecné – pri ktorom sa predpokladá, že územie môže byť využité ľubovoľným vyššie uvedeným spôsobom [24].

4 MOŽNOSTI VIZUALIZÁCIE KONTAMINÁCIE

Geografické informačné systémy (GIS) sa stávajú bežným pracovným nástrojom na mnohých pracoviskách, kde sa vykonávajú odborné rozhodnutia na základe hodnotení priestorových javov. Sú využívané špecialistami radou odborov (geografia, ekológia, kartografia, geológia, stavebné inžinierstvo, geodézia, marketing, archeológia apod.) a každý z nich môže zo svojho pohľadu definovať geografické informačné systémy odlišne, než ostatní. Môže byť vytvorená celá rada definíc GISu v závislosti na účele, potrebách, cieľoch a prístupoch tvorcov, či užívateľov systému [25].

Existuje nepreberné množstvo definícií GISu, avšak v súčasnosti je GIS chápaný ako počítačovo založený systém poskytujúci prostriedky pre zber, uloženie, správu, analýzu a prezentáciu dát s dôrazom na uchovanie a využitie základných vlastností priestorových dát [25].

Pre zobrazenie priestorovej distribúcie kontaminujúcich prvkov možno použiť metódu inverznej váhovej vzdialenosti (IDW). Princípom metódy je použitie určitého počtu najbližších bodov, ktoré sú vážené z hľadiska dôležitosti podľa ich vzdialenosti od interpolovaných bodov [19].

Interpolácia je procedúra odhadu neznámych hodnôt zo známych, nameraných hodnôt v okolí.

Interpolačný povrch je vážený priemer okolitých miest, kde sme odberali vzorky. Váha priradená každému bodu klesá so vzdialenosťou od bodu interpolácie a k tomuto bodu sa váha zvyšuje.

Existuje množstvo interpolačných metód a cez ich všeobecný matematický a štatistický základ je potrebné zvážiť vhodnosť ich použitia pre konkrétnu aplikáciu, hlavne v súvislosti s chovaním sledovaného javu a rozložením miest so známou hodnotou. Musíme brať tiež v úvahu pri výbere vhodnej metódy, aby sa zachovali pôvodné hodnoty, či je v interpólovanom súbore rovnaká hodnota ako v miestach so známou hodnotou [26].

Krivoruchko [27], využil GIS s použitím priestorovej štatistiky pri analýze následkov havárie v Černobyle. Bola využitá nadstavba ArcGis pre mapovanie množstva rádioaktívneho spádu. Nadstavba ArcGis Geostatistical Analyst používa niekoľko modelov mapovania pravdepodobností, pričom každý z nich je založený na odlišných predpokladoch. Pomocou týchto modelov bolo zistené, že dažďové zrážky z 29. 4. 1986

(deň vzniku havárie) boli príčinou kontaminácie pôdy rádionuklidmi cézia v stredných a východných častiach Švédska. Kontaminácia ďalších švédskych oblastí bola zapríčinená dažďom v nasledujúcich dňoch. Je zrejmé, že dážď bol jediným možným spôsobom zrážania rádioaktívneho spádu a presné meteorologické dáta by umožnila úradom okamžite nasadiť obranné prostriedky, bez čakania na aktuálne výsledky kontaminácie pôdy.

CAAR [19], popisuje, že znečistenie kovmi môže byť ako prírodného, tak aj antropogénneho charakteru. Prírodné procesy ako je bioakumulácia v rastlinách môže vyplývať zo závažných rozdielov medzi hornou humusovo - bohatou vrstvou a hlbšími vrstvami pôdneho profilu. Ťažké kovy majú sklon k akumulácii do ornice, ktorá môže potom predstavovať riziko na ľudské zdravie ako výsledok vstupu do potravného reťazca cez priamy príjem potravy v prachu alebo prijímaním rastlín. Keď zhodnotíme geochemiu pôdy daného územia, je dôležité rozlíšiť stupeň prírodného pozadia danej oblasti od antropogénne obohatených stupňov. Územie rozdielu obohatené ťažkými kovmi v pôde môže súvisieť s prírodne sa šíriacimi procesmi, ako je vylúhovanie presakujúcej dažďovej vody alebo mechanický transport v odtoku od antropogénne šíriacich sa procesov, ako je orba a tvorba krajiny, alebo roztok pôdneho znečistenia inými materiálmi, tak ako aj dovoz nových pôd. Preto, pre štúdium kontaminácie zeme je dôležité porozumieť zdrojom z pôdy, ktoré môžu byť prírodného alebo antropogénneho charakteru. Z tohto dôvodu, ciele pre tento výskum boli určené v rozsahu a stupni znečistenia ťažkými kovmi v ornici na športových ihriskách s použitím geografického informačného systému na zobrazenie priestorového vzoru pomocou mapovacej techniky, definovaním zdrojov možného znečistenia a doporučením remediačných opatrení. 3D obrazy boli vytvorené pre lepšiu ukážku na lepšie porozumenie priestorového rozšírenia znečistenia. Uľahčilo to rozhodnutie vykonania miestnej remediácie, pretože to bolo nutné pre vytvorenie rizikových máp, ktoré ukazujú stav celkového znečistenia v danom mieste.

Množstvá ortute v množstve rýb zo vzdialených jazier prevyšujú doporučené hodnoty pre ľudskú konzumáciu. Ukázali to nedávne štúdie, ktoré usudzujú, že zdroje kontaminácie pochádzajú z atmosféry. Page a Murphy uskutočnili sledovanie ortuti v národnom parku Kejimkujik, ktorý je považovaný za pôvodný ekosystém, a v ktorom úrovne alkalickéj ortuti v rybách sú neobvykle vysoké. Bolo zistené, že koncentrácie atmosférickej ortuti nie sú tak vysoké, aby vysvetlili množstvo Hg v biote, čo signalizuje, že tento park môže byť neobvyklým ekosystémom v podmienkach rozšírenia a migrácie Hg. Pokúšali sa zosumarizovať číselné dáta týkajúce sa ortuti za posledných 5 – 10 rokov

v parku. Tieto problémy boli prekonané použitím GIS databáze prevzatím všetkých súvisiacich údajov a následne začlenené do verejnej databáze. Túto databázu môžeme využiť pri zisťovaní vzájomných vzťahov a vzťahov medzi rôznymi životnými prostrediami a vykonať priestorové analýzy [28].

II. PRAKTICKÁ ČASŤ

5 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

5.1 Použité chemikálie a materiály

kyselina dusičná	HNO ₃ p. a., Merck kGaA, Germany
filtračný papier	zo sklených vlákien, priemer 50 mm, Papiereň Perštejn s. r. o.
uzatvárateľné PE sáčky	
žliabkový vzorkovač	(pôdna ihla) s nášľapnou stupačkou
špachtľa	

5.2 Použité prístroje

Analytické váhy	Scaltec SBC 32, Scaltec Instruments, Germany
Predvažovacie váhy	Scaltec, Scaltec Instrument, Germany
Trepačka	Yellow line OS/RS 10 basic, Germany
Sušiareň; Trúba	Mora 524
Röntgenový fluorescenčný spektrometer	Elvatech Ltd., Ukrajina
Atómový absorpčný spektrofotometer	GBC 933 AA, Scientific Equipment Pty Ltd., Austrália
Rádiometer	Gamma Scout [®] , Gamma-Scout GmbH & Co. KG, Germany
GPS	i - Tec

6 METODIKA A ROZSAH PRIESKUMNÝCH PRÁČ

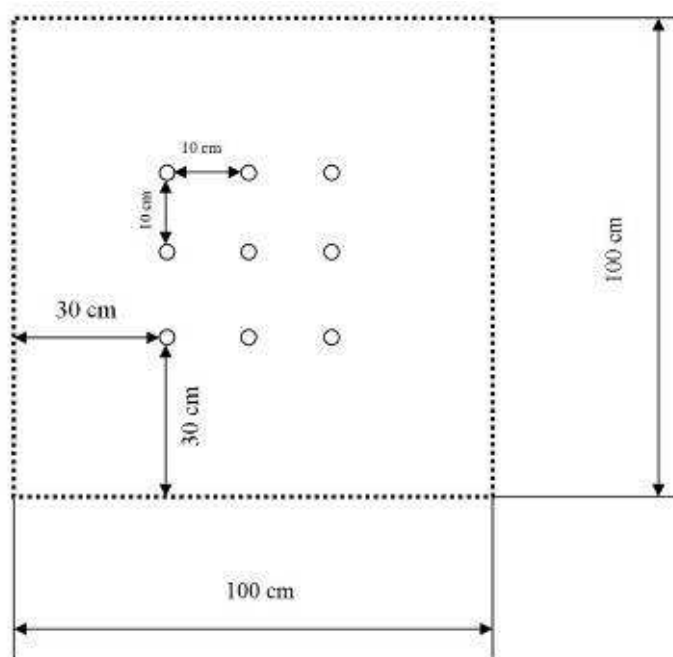
6.1 Voľba odberových miest pre vzorkovanie pôdy

Vzorkovanie prebiehalo vo vymedzenej záujmovej lokalite priemyselného areálu SVIT a skladalo sa z dvoch častí – predbežný prieskum (screening) a hlavný prieskum. Pri predbežnom prieskume bol areál rozparcelovaný na štvorce o veľkosti 100x100 m, v ktorých bolo vytýčené vždy jedno prístupové odberové miesto. V hlavnom prieskume bol následne areál rozparcelovaný na štvorce o veľkosti 25x25 m, kde bolo opäť vybrané jedno prístupové odberové miesto. Všetky odberové miesta boli lokalizované pomocou GPS.

Odberové miesto vzorky pozadia, ktorá nám slúžila ako slepá vzorka, bolo v lokalite Štákovy paseky. Je predpoklad, že lokalita je bez znečistenia.

6.2 Odbery vzoriek pôd na odberových miestach

V každom odberovom mieste sa žliabkovým vzorkovačom (pôdnou ihlou) odobrala porušená zmesná vzorka pôdy na deviatich odberových bodoch okolo stredu odberového miesta do hĺbky 30 cm (obr. 4). Po odstránení cudzorodého materiálu sa obsah vzorkovača previedol do polypropylénových uzatvárateľných vreciek, ktoré boli transportované do laboratória.



Obr. 4.: Rozmiestnenie odberových bodov na odberovom mieste

6.3 Spracovanie vzoriek a chemický rozbor

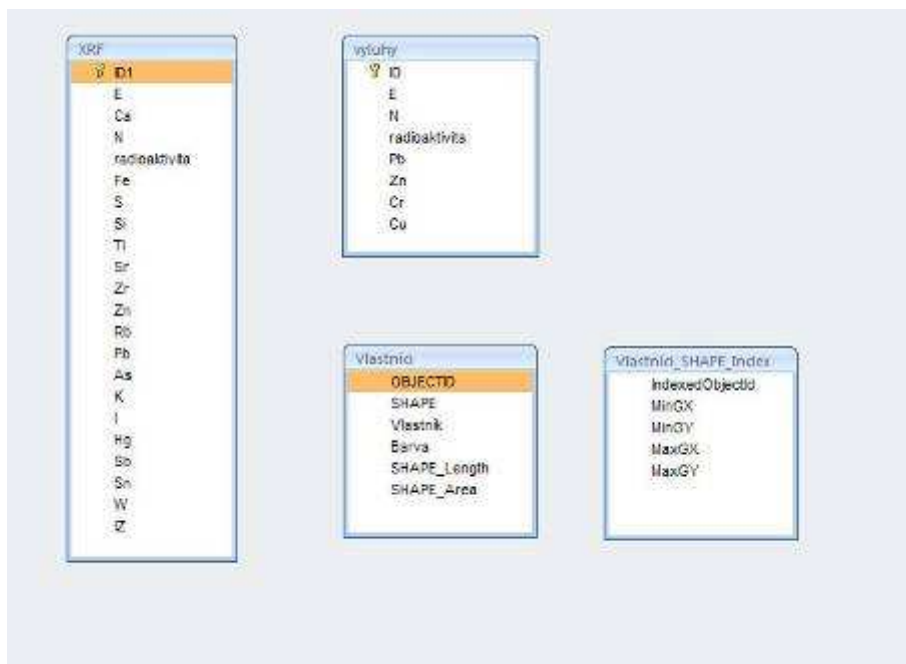
V laboratóriu bol obsah vrečka prevedený na filtračný papier, kde bol rozložený po povrchu filtračného papiera tak, aby vrstva materiálu nebola vyššia ako 2cm. Sušenie prebiehalo na vzduchu pri laboratórnej teplote do konštantnej hmotnosti. Po vysušení sa vzorka preosiala cez sito o veľkosti ók 2 mm a rozdelila kvartáciou na dve časti, ktoré boli vložené do dvoch označených polypropylénových uzatvárateľných nádobiek, v ktorých boli uchované do doby ich analýzy. Vzorka v prvej vzorkovnici bola podrobená stanoveniu sušiny. V druhej vzorke bola potom XRF analýzou zistená prítomnosť významných kontaminantov. Pokiaľ bola ich prítomnosť potvrdená, bol prevedený výluh vzorky v 2M HNO₃ podľa metodiky popísanej vo vyhláške MŽP č. 13/1994 Sb.

K vzorke umiestnenej v sklenenej uzatvárateľnej nádobe bol pridaný desatinový objem extrakčného činidla. Po dokonalom zmáčaní jej povrchu bola vzorka lúhovaná pri laboratórnej teplote po dobu 24 hodín. Po uplynutí stanovenej doby bol výluh vzorky ihneď prefiltrovaný cez filtračný papier zo sklenených vlákien č. 8 do odmernej banky. Následne bol stanovený obsah kontaminantu vo výluhu pomocou atómovej absorpčnej spektrometrie s plameňovou atomizáciou na prístroji GBC 933 AA.

Niektoré prvky nebolo možné stanoviť plameňovou atomizáciou, pretože ich koncentrácia bola príliš nízka. Z toho dôvodu bola analýza vykonaná prostredníctvom absorpčnej spektrometrie spálením v peci. Táto metóda má vyššiu citlivosť a je na nej možné zistiť nižšie koncentrácie ako u plameňovej atomizácie.

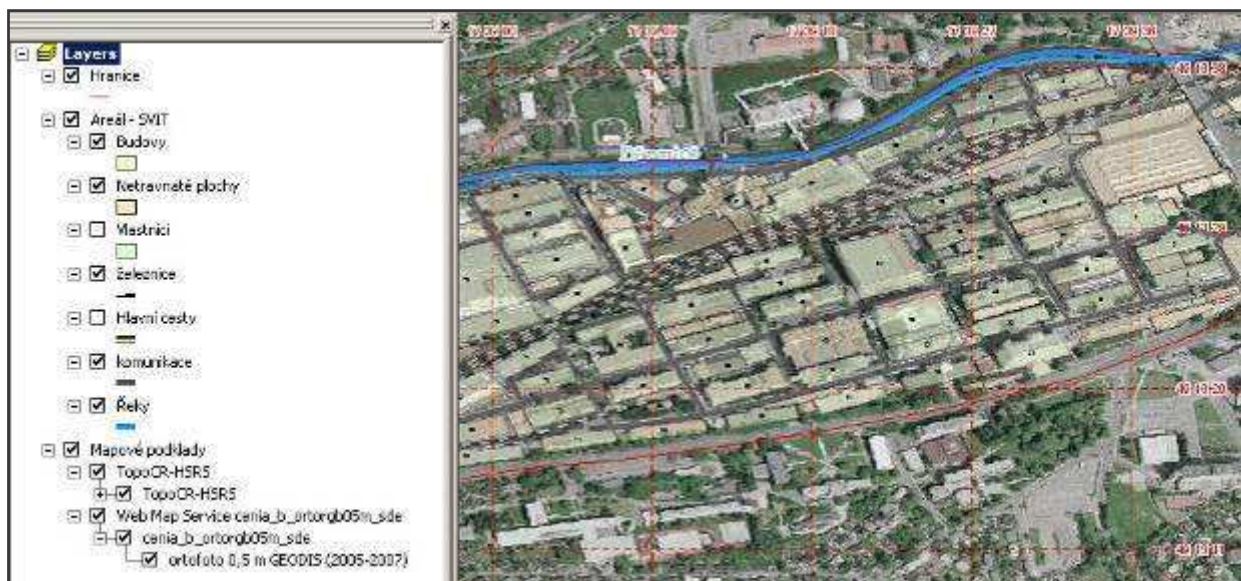
6.4 Spracovanie výsledkov chemického rozboru pomocou geografického informačného systému

V prostredí MS Access bola vytvorená databáza obsahujúca tabuľky, do ktorých boli vkladané údaje o zameraní odberových miest a výsledky chemického rozboru (obr. 5). Do tabuľky (XRF) boli vložené údaje o výskyte prvkov v jednotkách intenzity [cps], naopak do tabuľky (výluhy) boli vložené dáta o obsahu prvkov v grame sušiny študovaného materiálu [mg. kg⁻¹]. Odberové miesta boli zamierované údajmi o zemepisnej šírke (E) a dĺžke (N) v geografickom súradnicovom systéme WGS 1984. Zostatkové tabuľky boli využité pri digitalizácii budov areálu SVIT vo vektorovom formáte a uloženie informácií o vlastníkoch.



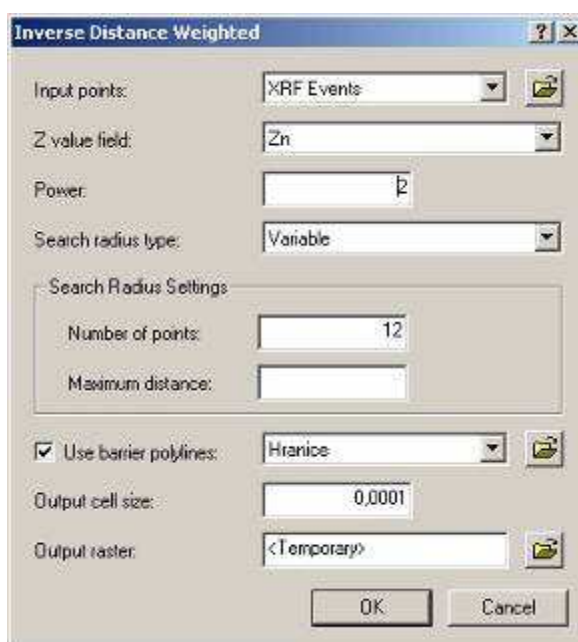
Obr. 5. Návrh štruktúry databáze pre ukladanie získaných dát.

Po vytvorení tematických máp zo získaných dát bol použitý program ArcGIS 9.2, ktorý obsahuje funkcie umožňujúce priestorovú analýzu (Spatial Analysis). Základným mapovým podkladom bola verejná ortofotomapa ČR s rozlíšením 0,5 m dostupná pomocou webovej mapovej služby (WMS) na portále verejnej správy CENIA, ktorý je spravovaný českou informačnou agentúrou životného prostredia. Podľa tejto mapy boli vytvorené vektorové digitalizované vrstvy komunikácií, železnice, budov a ohraničenia záujmovej oblasti areálu SVIT (obr. 6). Ďalšou použitou verejne dostupnou mapou bola podkladová topografická mapa ČR stredného merítka, vytvorená na základe družicových a leteckých fotografií firmou HeplService Remote Sensing s. r. o., v roku 2003, ktorá bola použitá pre zobrazenie súradnicovej siete.



Obr. 6. Prehľad základných vrstiev použitých v programe ArcGIS 9.2.

Pre zobrazenie priestorových dát bola v programe ArcGIS 9.2, využitá funkcia IDW, ktorej príklad nastavenia je zobrazený na obr. 7. Po vytvorení tematickej vrstvy bola použitá funkcia Contour, ktorou boli vytvorené izolínie pravdepodobných hodnôt plošnej distribúcie sledovaného kontaminantu.

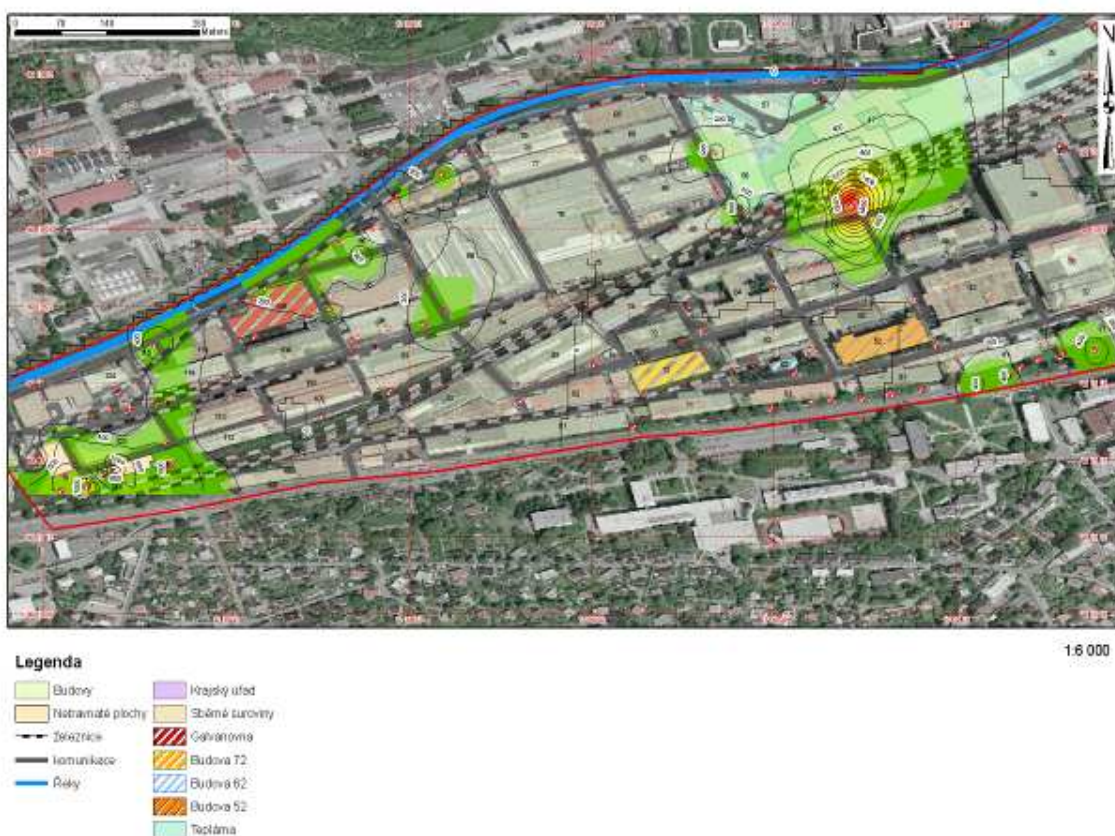


Obr. 7. Nastavenie parametrov priestorovej analýzy pri použití funkcie IDW.

III. DISKUSIA VÝSLEDKOV

7 ZHRNUTIE PLOŠNÉHO A PRIESTOROVÉHO ROZSAHU KONTAMINÁCIE.

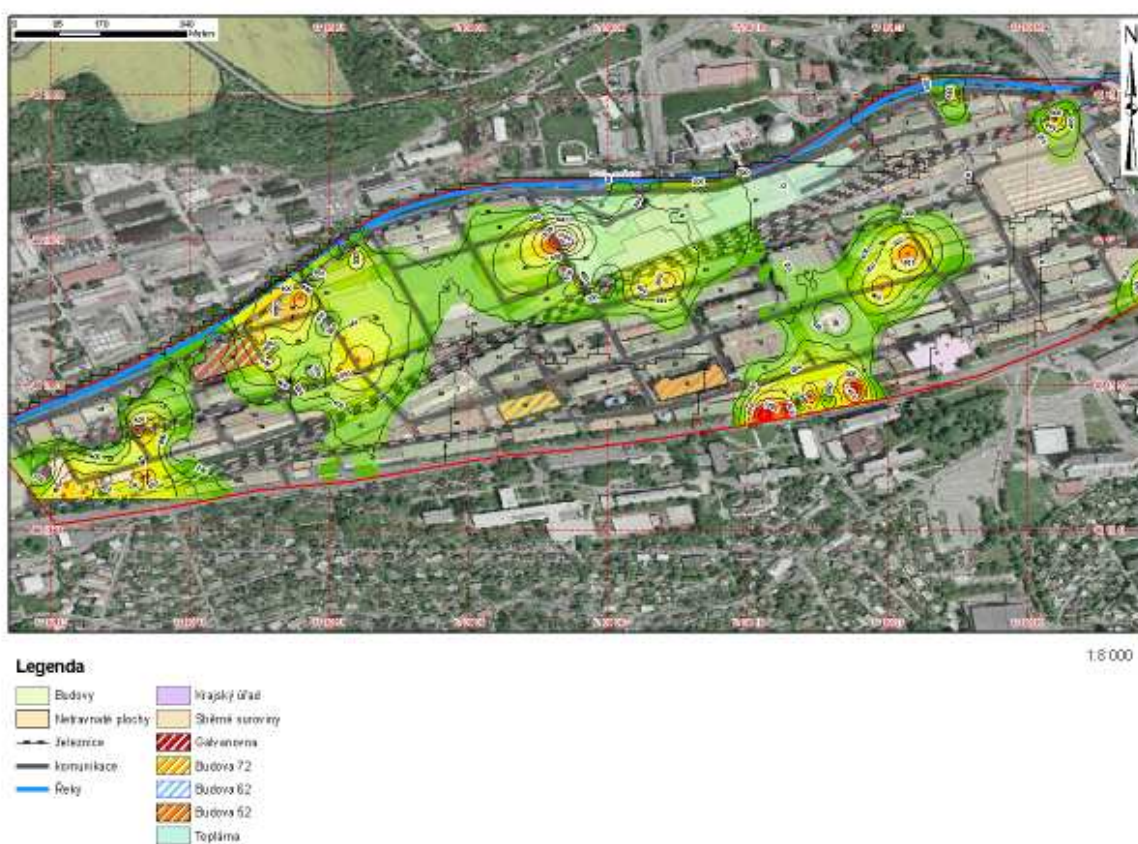
Z výsledkov XRF analýzy sme zistili zastúpenie nasledujúcich kontaminujúcich prvkov: arzén, cín, stroncium, síra, vápnik, zirkón, železo, zinok, olovo. Niektoré z týchto prvkov sa nachádzajú v pôde prirodzene, iné sú vo väčšej miere do pôdy „dodané“. Pomocou programu ArcGIS 9.2 sme mohli graficky vyhodnotiť kontamináciu pôdy ťažkými kovmi. Získané mapy (obr. 8-16.) nám slúžili na bližšiu lokalizáciu zdroja kontaminácie z hľadiska výroby, ktorá sa v danej oblasti vykonávala alebo súčasne vykonáva. Graficky sme znázornili tie oblasti, ktoré sú zastúpené v najvyššom množstve a majú negatívny vplyv na životné prostredie a zdravie človeka.



Obr. 8.: Grafické znázornenie intenzity výskytu arzénu v pôde pomocou XRF (merítko 1:6 000¹).

¹ Zakreslené hodnoty izolínií sú v jednotkách impulzov za sekundu [cps], ktoré sa udávajú pri XRF analýze.

Arzén bol v skúmanej lokalite po analýze XRF najviac prítomný v blízkosti železničnej trate pri teplárni (obr. 8). Výskyt arzénu zasahoval takmer do celého areálu teplárne. Pôvod je pravdepodobne spôsobený spaľovaním uhlia, nakoľko sa arzén zakoncentrováva v popolovinách ako dôsledok spaľovacieho procesu [16]. Nižšie hodnoty boli zistené v oblasti budov č. 122, č. 123, kde sa výskyt postupne rozširoval smerom k rieke Dřevnici v blízkosti budov č. 114 a č. 115. V tejto oblasti sa nachádzajú zberné suroviny, ale nie je pravdepodobné, že by mohli byť pôvodcom znečistenia arzénom. Najnižší výskyt arzénu bol zaznamenaný v blízkosti budov č. 31, č. 41, č. 96 a č. 105, čo je budova, kde sa nachádzala galvanovňa.



Obr. 9.: Grafické znázornenie výskytu cínu v pôde pomocou XRF v merítke 1:8 000.

Cín sa podobne ako arzén vyskytoval na približne rovnakých miestach záujmovej lokality. Rozmiestnenie výskytu cínu je zreteľné z obr. 9. Najvyššie výskyt cínu boli v blízkosti budov č. 41, č. 31, č. 24 – č. 26 a v blízkosti budov č. 66 a č. 67. Nie je jasný pôvod znečistenia v blízkosti budov č. 41, č. 31, č. 24 – č. 26, nakoľko sa v tejto oblasti nenachádza a ani v minulosti nenachádzala žiadna výroba, ktorá by mohla byť zdrojom tohto prvku v pôde. Je však možné, že sa cín dostal do pôdy navážkou, pri odstraňovaní múru a obnove starých budov. Budovy 66 a 67 sa nachádzajú v blízkosti teplárne, ktorá by sa ale svojou činnosťou nemala podieľať na možnom znečistení. Nižšie množstvá sa nachádzali v blízkosti budov č. 85, kde bola v minulosti zlievareň. Ďalej budovy č. 96, 122, a v blízkosti železničných koľají medzi budovami č. 113 a 114, kde sa nachádza výroba pryzotextilnej obuvi, výroba náterových hmôt a lepidiel. Výskyt cínu ale neodpovedá danej výrobe.



Legenda

Budovy	Krajský úrad
Netravnaté plochy	Sběrné suroviny
železnice	Galvanovna
komunikace	Budova 72
Řeky	Budova 62
	Budova 52
	Teplárna

1:4 000

Obr. 10.: Grafické znázornenie výskytu sýry v pôde pomocou XRF v merítke 1:4 000.

Síra sa nachádzala len na dvoch miestach. Zvýšené koncentrácie boli pri budove č. 56, čo je budova spadajúca do areálu teplárne (obr. 10.). Síra sa mohla dostať do pôdy prostredníctvom spaľovacieho procesu, spaľovaním uhlia ako vedľajší produkt v podobe SO_2 . Odberový bod bol v mieste, kde sa odváža popolček zo zásobníku. Predstavovala najvyššiu koncentráciu. Druhým miestom, kde sme zaznamenali zvýšený obsah síry bol v blízkosti budovy č. 115. V danej oblasti sa nevyskytuje výroba, ktorá by mohla súvisieť s produkciou síry a tým aj s jej výskytom.



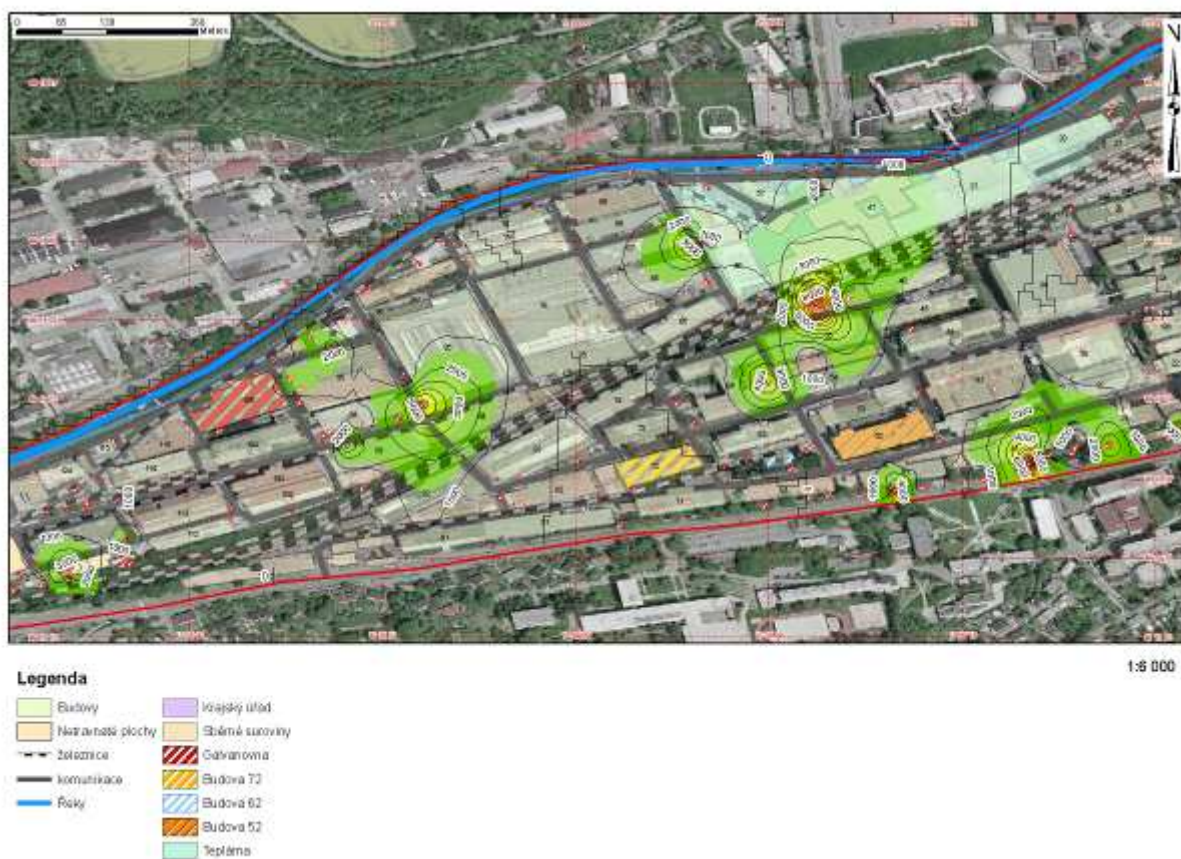
Obr. 11.: Grafické znázornenie výskytu vápnika v pôde pomocou XRF v merítke 1:4 000

Vápnik je stopový prvok, ktorý by sa v určitom množstve mal nachádzať v pôde prirodzene, a preto nie je vhodné používať výraz „kontaminácia pôdy vápnikom“. Toto tvrdenie ale nemusí platiť všeobecne pre každý druh pôdy.

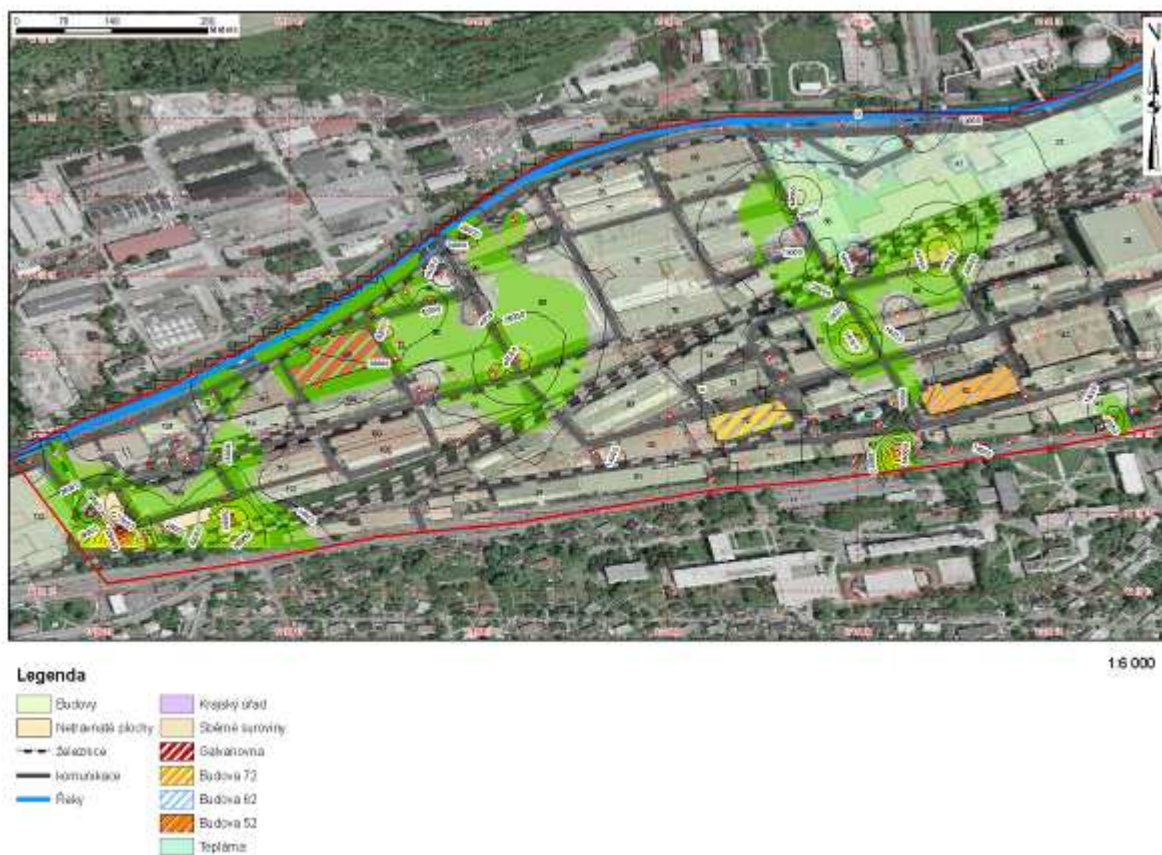
Nachádzal sa na rovnakých miestach ako síra. Budova č. 56, oblasť teplárne a č. 115 (obr. 11.). Vápnik sa vo forme vápenca používa pri spaľovaní uhlia. Prídavkom CaCO_3 do spaľovacej komory pri teplote $850\text{ }^\circ\text{C}$ dochádza k čiastočnému odsíreniu spalín. Hasené

vápno sa používa na úpravu odpadnej vody v dôsledku spaľovacieho procesu. Spomínané činnosti majú vplyv na zvýšený výskyt vápniku v oblasti teplárne.

Najvyššie zastúpenie množstva zirkónu bolo podobne ako u arzénu pri železničnej trati v blízkosti teplárne a budov č. 46, 55 a č. 64. Výskyt zirkónu sa od týchto bodov šíri smerom k teplárni až k rieke Dřevnici. Ďalšie významné znečistenie ako je viditeľné v obr. 12, je pri hlavnej ceste v blízkosti budov č. 31, 41 a 51, kde v nedávnej dobe došlo odstráneniu múru, rekonštrukcii týchto budov a v týchto miestach bola položená navážka. Nejedná sa teda o znečistenie súvisiace s výrobou, ktorá by výskyt mohla spôsobiť. Nižšie množstvá sa nachádzali v blízkosti budov č. 85, kde bola v minulosti zlievareň, budov č. 96 a 122, kde je zberňa surovín. Zirkón a hlavne jeho zlúčeniny sa využívajú na výrobu žiaruvzdorných materiálov, keramických materiálov, nástrojov na tvarovanie kovov a pod, avšak v tejto oblasti nie sú prítomné žiadne podniky, ktoré by mohli odpovedať prítomnosti daného prvku.

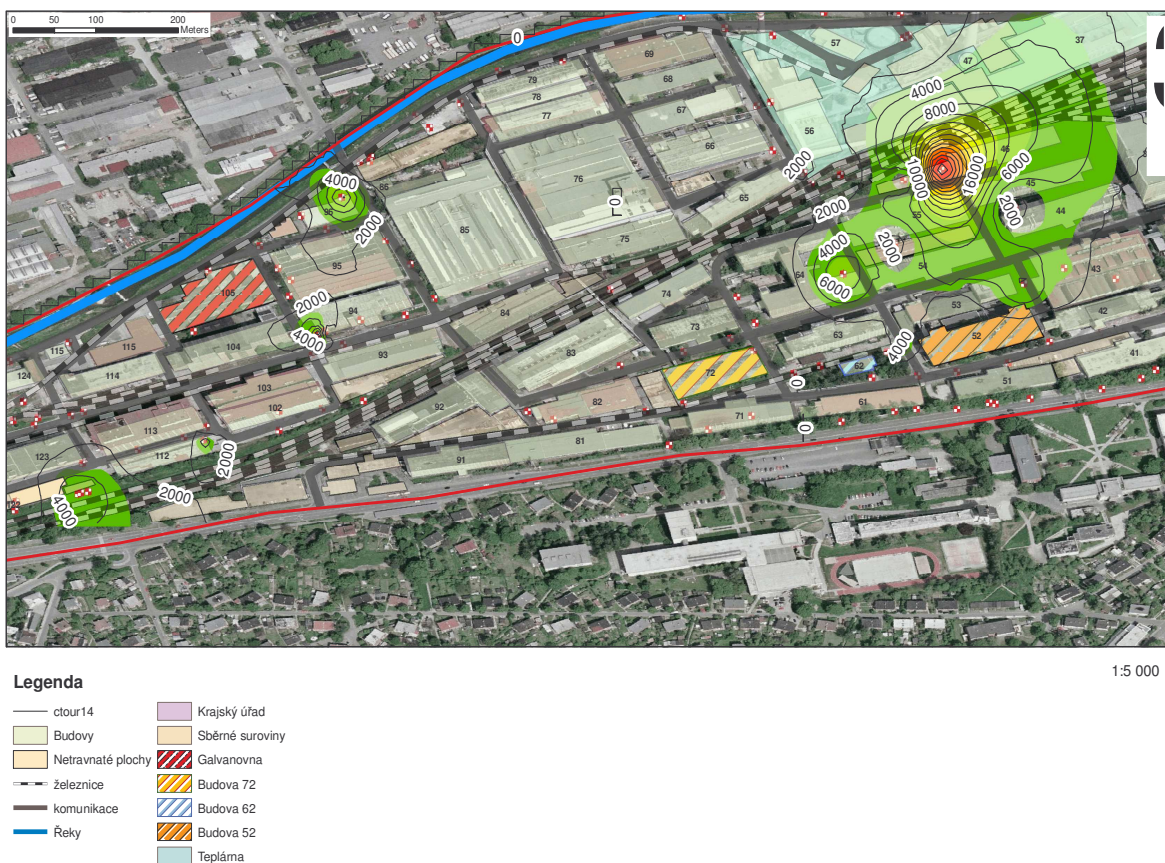


Obr. 12.: Grafické znázornenie výskytu zirkónu v pôde pomocou XRF v merítke 1:6 000



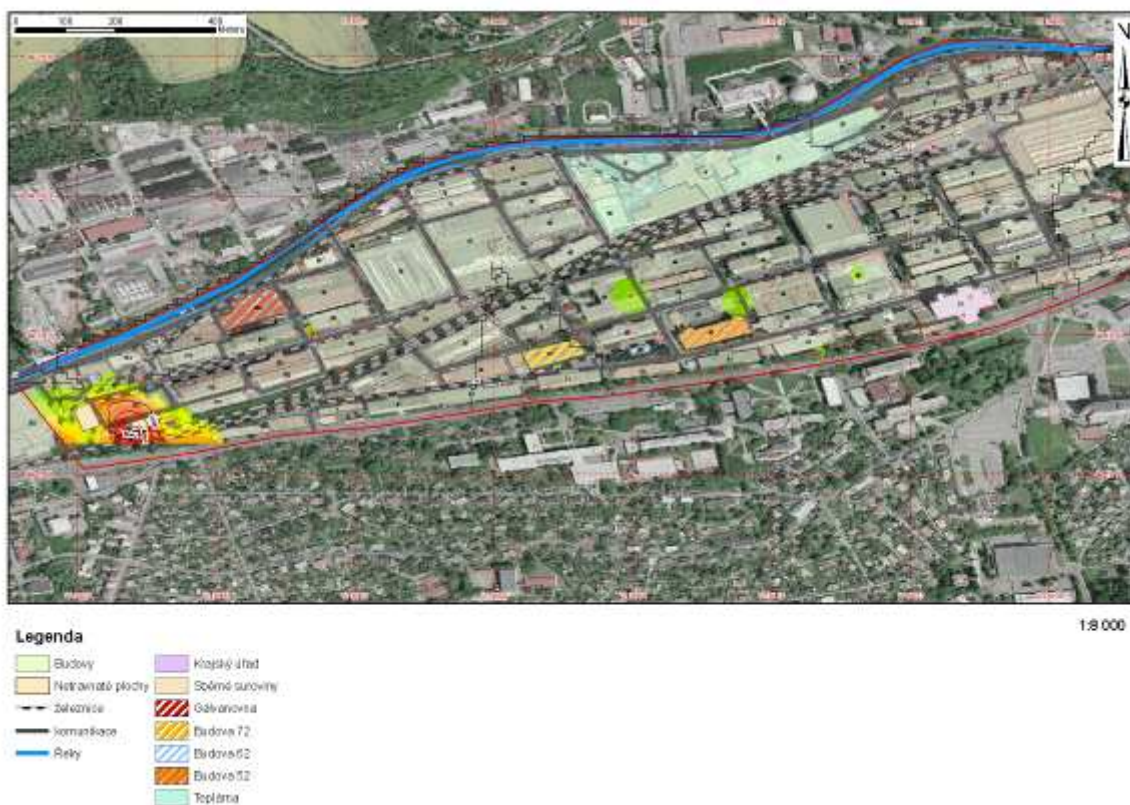
Obr. 13.: Grafické znázornenie výskytu železa v pôde pomocou XRF v merítku 1:6 000

Železo je najrozšírenejším prechodným prvkom na Zemi. Existuje množstvo spôsobov, ktorými by sa mohlo dostať do pôdy, ako napríklad pri spracovaní koží, tepelným spracovaním kovov, výrobou pryžotextilnej obuvi, výrobou odliatkov a železných kovov. Najvyššie zastúpenie v areáli malo pri budove č. 122, kde sa v súčasnosti nachádza zberňa surovín, čo mohlo významným spôsobom prispieť k celkovému množstvu. Nižšie hodnoty boli zaznamenané, tak ako u predchádzajúcich prvkov u budov č. 46, 55, 64, 66, čo sú všetko budovy v okolí teplárne. V budove č. 66 bola v minulosti chemická výroba, ktorá mohla určitým spôsobom prispieť k zvýšeniu množstva železa v pôde. Nižšie množstvá nachádzame aj širokom okolí budov č. 84 – 105, kde sa kontaminácia môže šíriť až k hranici rieky Dřevnice, vid' obr. 13. Výskyt môže byť spôsobený i koróziou starého potrubia (obr. 13.)



Obr. 14.: Grafické znázornenie výskytu zinku v pôde pomocou XRF v merítke 1:5 000

Ďalším zo sledovaných prvkov bol zinok (obr. 14.), ktorý sa nachádzal len na štyroch miestach a to, pri železničnej sieti koľají pri budovách č. 46, 55 a 64, kde bol jeho výskyt v najvyšších množstvách. Spaľovaním uhlia dochádza k produkcii kontaminujúcich prvkov [16], kde zinok je jedným z týchto produktov. V dôsledku toho by mohol zvýšený výskyt prvku vyplývať z danej činnosti. Tiež preprava surovín k spaľovaniu, čo by mohlo odpovedať vysokému množstvu v blízkosti koľají. V menších množstvách pri budovách č. 96, 94 a 122. Zinok je produktom veľkého množstva odvetví. Jedným z možných odvetví je strojárstvo – tepelné spracovanie kovov, výroba odliatkov z železných a neželezných kovov, ale tieto výroby sa nachádzajú v budovách č. 71 a 84 ale nie je pravdepodobné, že by s obsahmi zinku mohli tieto činnosti súvisieť. Ako už bolo viac krát spomenuté v blízkosti budovy č. 122 je zberňa surovín, ktorá skladovaním starých materiálov mohla prispieť z znečisteniu. V neposlednom rade, korózia starého potrubia tiež prispieva k zvýšenému množstvu prvku, ale toto tvrdenie nemôžeme podložiť

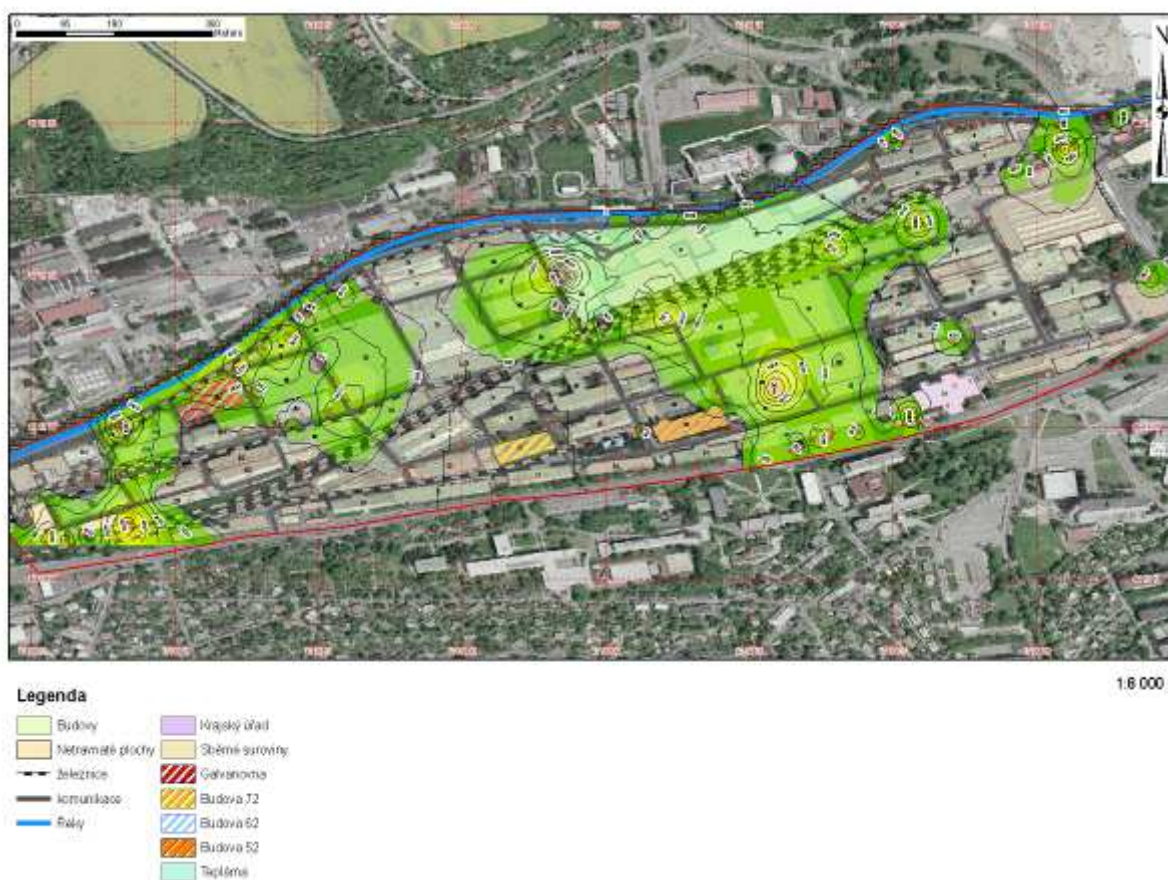


Obr. 15.: Grafické znázornenie výskytu olova v pôde pomocou XRF v merítke 1:8 000

Olovo je zaujímavé z toho dôvodu, že sa takmer nikde v areáli SVITu nenachádzalo lebo len v minimálnych množstvách na území budov č. 33, 53 a 64. Zaujímavé je vysoké množstvo bolo detekované pri budove č. 122. Nie je známe, odkiaľ by znečistenie mohlo pochádzať, ale môžeme sa domnievať, že sa tu mohol napríklad vyliat' olovený akumulátor (obr. 15.)

Asi najviac rozšíreným prvkom po záujmovej lokalite bolo stroncium vid' obr. 13. Z toho najvyššie množstvá pri budovách č. 43, 66, 67, kde sa odberový bod nachádzal na mieste odvozu popolčeka zo zásobníku, samozrejme zberňa surovín – budova č. 122 a 114, 115-ta budova. Činnosti súvisiace s produkciou stroncia [16] sú výroba farieb, lakov, pigmentov, buničiny a papiera. Jediná výroba, ktorá sa zaoberá výrobou lepidiel pre podlahové krytiny, tmelov, náterových hmôt, sa vykonáva v budove č. 113, čo ale nezodpovedá nášmu výskytu. V oblasti budov č. 41 a 31 sú tlačiarne, ale nie je dokázané, či môžu mať dopad na výskyt. Nebezpečenstvo ohrozenia zdravia stronciom nevzniká, pokiaľ sa nejedná o izotop ^{90}Sr , ktorý sme analýzou nezistovali. Rádioaktivita bola zmeraná pomocou prístroja Gamma Scout® a vyhodnotená pomocou ArcGIS 9.2 (príloha č. 2.) Na základe výsledkov dosahovala rádioaktivita najvyšších hodnôt $0,19 \mu\text{Sv/h}$, čo nepredstavuje žiadne nebezpečenstvo pre ľudskú populáciu, pretože za rok v priemere

obdrží člověk prirodzenú dávku 2,5-3 mSv, čo v prepočte na hodinu rádioaktivity predstavuje hodnotu 0,28 $\mu\text{Sv/h}$.



Obr. 16.: Grafické znázornenie výskytu stroncia v pôde pomocou XRF v merítku 1:8 000

Zvýšený výskyt stroncia (obr. 16.) v porovnaní s rádioaktivitou (príloha 2.) sa z väčšej časti nachádzal približne v rovnakých miestach ako zvýšené hodnoty rádioaktivity. Predovšetkým oblasť teplárne, budovy č. 66, pričom rádioaktivita vyhodnotená pomocou ArcGis zasahovala do celého územia teplárne. Ďalej budovy č. 114, 115, 122, 96 a v blízkosti dopravnej komunikácie pri budovách č. 31 a 41. Zvýšené hodnoty rádioaktivity boli v oblasti budov č. 8, 18, 62, 64 a 82, kde ale výskyt stroncia nebol zaznamenaný.

8 POROVNANIE ZVÝŠENÝCH OBSAHOV KONTAMINUJÚCICH PRVKOV S PLATNÝMI LEGISLATÍVNÝMI LIMITNÝMI HODNOTAMI

Analýzou AAS sme zistili, že ťažké kovy, ktoré presahovali platné legislatívne limitné hodnoty boli olovo a zinok. Presné koncentrácie zvýšeného výskytu kontaminujúcich prvkov boli porovnané s pozadím – slepou vzorkou a graficky vyhodnotené. Získané mapy nám pomohli s presnou lokalizáciou zdroja výskytu s následným vyhodnotením presného množstva obsahov prvkov zaznamenaných prostredníctvom izolínií.

Najvyššia koncentrácia zinku bola v pri železničnej sieti koľají, pri budovách č. 46, 55 a 64 v maximálnom množstve 1465 mg. kg⁻¹ (príloha 3.). Dané množstvo prekračuje povolený limit vyhlášky č. 13/94 Sb. Limitné hodnoty uvedené vo vyhláške však nie sú založené na účinku a platia len pre poľnohospodárske pôdy. Z tohto dôvodu nemôžeme považovať prekročenie daných limitov za rozhodujúce. Za adekvátne môžeme považovať limitné hodnoty uvedené v metodickom pokyne MŽP, kde zinok takmer prekročil hodnoty B. Prekročenie sa posudzuje ako znečistene, ktoré môže mať negatívny vplyv na zdravie človeka a zložiek ŽP a vyžaduje predbežné hodnotenie rizika. Limitné hodnoty odpovedajúce maximálnemu množstvu rizikových prvkov pre priemyselné oblasti v množstve 5000 mg. kg⁻¹ zinok neprekročil. Z uvedeného vyplýva, že zistená koncentrácia zinku nepredstavuje znečistenie, ktoré môže znamenať významné riziko ohrozenia zdravia človeka a ŽP, nakoľko pri tomto druhu využitia pôdy, môže dôjsť len k časovo obmedzenému kontaktu s kontaminovanou zemínou.

Olovo predstavuje významný kontaminant daného územia. Najvyššia stanovená hodnota bola 28 280 mg. kg⁻¹ sušiny (príloha 4.). Maximálny prípustný obsah olova podľa vyhlášky č. 13/94 Sb je 70 mg. kg⁻¹. Daný limit presahuje 400 násobné povolené množstvo.

Vyhláška MŽP udáva hodnoty, ktoré platia len pre poľnohospodárske pôdy a nemôžeme s určitosťou tvrdiť, že došlo k prekročeniu maximálneho prípustného množstva kontaminujúceho prvku v záujmovej lokalite. Limitné hodnoty olova na základe metodického pokynu MŽP boli prekročené 35 násobne v porovnaní s povoleným množstvom pre priemyselné oblasti. Na základe toho môžeme povedať, že olovo predstavuje znečistenie s významným rizikom ohrozenia zdravia človeka a ŽP aj napriek tomu, že môže dôjsť len k časovo obmedzenému kontaktu s kontaminovanou zemínou.

9 ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ A NÁVRH NÁPRAVNÝCH OPATRENÍ

Zo zdravotného hľadiska by kontaminované zlúčeniny nemali priamo negatívne vplývať na ľudské zdravie, pretože daná oblasť nie je obývaná a nevykonáva sa tu žiadna poľnohospodárska činnosť. Využíva sa prevažne na priemyselné účely. Nie je však vylúčené, že by toxicita určitých látok nemohla poškodzovať zdravie výluhmi látok do spodných vôd a možným využitím ako pitná voda. Aj keď táto teória je veľmi nepravdepodobná, keďže pitná voda je dodávaná vodovodným rádom. Výluhy kontaminujúcich prvkov sa však môžu dostávať do rieky Dřevnice, ktorá preteká v blízkosti skúmanej oblasti. Toxicita ťažkých kovov sa líši v rôznych časových obdobiach. Prvok, ktorý sa dostane do pôdy prechádza rôznymi fyzikálno-chemickými zmenami a mení sa jeho forma. Čo znamená, že zo zdanlivo netoxického prvku sa po týchto premenách môže stať prvok toxický.

Kontaminujúce látky môžu byť z prostredia odstránené sanáciou pôdy, použitím vhodných metód. Olovo a zinok patria do skupiny anorganických kontaminantov a sú nedegradovateľné. Nie je preto možné využiť metódu biodegradácie. Ako vhodné metódy sme vybrali remediáciu in situ, kde buď dochádza k pomalému pohybu týchto prvkov s pôdnym roztokom, alebo k zmene, prípadne pričleneniu prvkov k pevnej fáze pôdy.

Vhodnou metódou pri odstraňovaní ťažkých kovov, čiže nami zistených kontaminujúcich prvkov olova a zinku je fytoremediácia, čo predstavuje spoločný názov metód pre využitie rastlín pri remediácii pôdy. Pri remediácii olova a zinku sa využíva predovšetkým fytoextrakcia, kde pomocou rastlín vyextrahujeme tieto prvky z pôdy bez závažného poškodenia ich metabolizmu. Rastliny prostredníctvom svojho koreňového systému dokážu naviazať tieto prvky a uskladniť ich hlavne v zelenej biomase (nadzemnej časti rastlín), len minimálne množstvo zostane v koreňoch. Metóda je jednoduchá na použitie a v danej oblasti aplikovateľná na oba typy prvkov. Je tu možnosť periodicky opakovať celý proces dekontaminácie k množstvu, ktoré bude pod limitnými hodnotami. Zelená biomasa sa následne spracuje. Buď kompostovaním, spaľovaním alebo tepelne. Metóda je lacná a šetrná na energiu a životné prostredie.

Ďalšou z techník, ktoré môžeme použiť k odstráneniu olova a zinku je metóda vyplavovania *in situ*, kde vylúhovaním vhodného vodorozpustného extrakčného činidla dôjde k odstráneniu Pb a Zn z pôdy. Ako vodné roztoku môžeme využiť povrchovo aktívne látky ako kyseliny, zásady, alkoholy, ktoré budú schopné narušiť sorpčné väzby medzi dekontaminujúcimi prvkami a horninovým prostredím. Roztok po pôsobení v pôde bude následne čerpaný spolu s rozpustenými prvkami Pb a Zn na povrch, vyčistený, recyklovaný a schopný k ďalšej aplikácii. V mieste bude ale nutné vybudovať systém zasakovania vymývacieho roztoku k jeho spätnému odčerpaniu. Takto odstránené olovo a zinok bude následne spracované alebo zneškodnené.

Na kontaminované územie je možné použiť i solidifikáciu (spevňovanie) a stabilizáciu, čím dosiahneme zníženie rozpustnosti týchto prvkov v pôde. Solidifikáciou dosiahneme, že kontaminovaná pôda bude uzatvorená do pevnej monolitnej masy s vysokou štruktúrnou celistvosťou, čiže oba prvky zafixujeme tak, že budú minimálne pohyblivé a toxické. Ako fixačné materiály je možné využiť anorganické pojivá ako cement, vápenec, roztoky silikátov. Pri spevňovaní dochádza len k mechanickému spevňovaniu pôdy do monolitu. Takto vytvorený inertný materiál bude následne uložený na bežnej skládke odpadov. U stabilizácie dôjde k zmene fyzikálnych alebo chemických vlastností Pb a Zn, zmiešaním s vhodnými prísadami. Následne dôjde k rôznym typom fyzikálnych a chemických väzieb ako napríklad sorpcia a takto stabilizovaný materiál odstránime.

Chemickou oxidáciou *in situ*, môžeme tiež odstrániť olovo a zinok z pôdy tak, že aplikujeme oxidačné činidlá priamo do horninového prostredia. Preniknutím tohto činidla spôsobíme deštrukciu Pb a Zn, ktoré sú nasorbované na kontaminovanej zemine. Najčastejšie sa využíva činidlo manganistanu draselného, prípadne peroxid vodíka alebo ozón. Výhoda metódy je, že je ju možné použiť ako na nesaturovanú, tak i na saturovanú zónu. Prvky Pb a Zn sa oxidáciou zmenia na menej toxické, alebo úplne netoxické formy.

Komplikácie metódy by mohli nastať ak by použitie oxidačného činidla prinášalo na lokalitu neúmerne vysoké riziko z hľadiska ochrany ľudského zdravia a ak by presakovalo toto činidlo priestor mimo sanačný zásah. Zo zdravotného hľadiska vybraná lokalita nie je obývaná, takže by nemalo vzniknúť toto riziko.

Možnosť dekontaminácie pôdy môže byť i zberom vrchnej vrstvy pôdy, kde je najväčší podiel znečisťujúcich látok. Túto metódu je možné realizovať len lokálne. Plošná dekontaminácia nie je možná z dôvodu odberu veľkého množstva pôdy. Sanácie chemické, biologické alebo termické sú po finančnej stránke nákladnejšou záležitosťou. Pôda má schopnosť mineralizovať látky a tým ich premieňať na jednoduché minerály.

ZÁVER

V priemyselnom areáli Svit sa nachádza množstvo výrobných podnikov, ktoré značne ovplyvňujú kvalitu horninového prostredia, pod ktoré spadá aj pôda. Po analýzach vzoriek z rôznych častí tohto areálu sme zistili, že sa v pôde nachádza arzén, cín, stroncium, síra, vápnik, zirkón, železo, zinok a olovo. Nie všetky sú však výsledkom priemyselnej činnosti, ale výskyt je v prirodzenej forme. K vyhodnoteniu výskytu bol použitý program ArcGIS, ktorým boli vytvorené účelové mapy areálu.

Ako hlavné plošné kontaminanty boli určené olovo a zinok. Stanovená maximálna koncentrácia zinku bola 1465 mg. kg^{-1} sušiny, čo takmer prekročilo limitné hodnoty B vo vyhláške, ktoré sa posudzuje ako znečistenie, ktoré môže mať negatívny vplyv na zdravie človeka a zložiek ŽP. Limitné hodnoty odpovedajúce maximálnemu množstvu rizikových prvkov pre priemyselné oblasti v množstve 5000 mg. kg^{-1} zinok neprekročil.

Olovo prekročilo najvyššiu prípustnú koncentráciu v záujmovej lokalite až 35 násobne. Maximálna stanovená koncentrácia olova bola $28\,280 \text{ mg. kg}^{-1}$ sušiny. Prípustná hodnota udaná v metodickom pokyne MŽP pre priemyselné oblasti je 5000 mg. kg^{-1} . Miesto výskytu olova bolo pri budove č. 122, kde je v súčasnosti zberňa surovín. Nie je známe, odkiaľ by znečistenie mohlo pochádzať, ale môžeme sa domnievať, že sa tu mohol napríklad vyliat' olovený akumulátor, ktorý by mohol odpovedať tak vysokej koncentrácii. Olovo a jeho zlúčeniny sú pomerne nepohyblivé a majú tendenciu sa v pôde a sedimentoch akumulovať. Olovo predstavuje znečistenie s významným rizikom ohrozenia zdravia človeka a ŽP aj napriek tomu, že môže dôjsť len k časovo obmedzenému kontaktu s kontaminovanou zeminou.

ZOZNAM POUŽITÉJ LITERATURY

1. MYLKOVÁ, Veronika. *Regionální geografická analýza současných demografických trendů ve Zlínském kraji*. Brno: Masarykova Univerzita. Přírodovědecká fakulta. Geografický ústav, 2006. 107 s. Vedoucí diplomové práce doc. RNDr. Václav Toušek, CSc.
2. VACEK, Zdeněk. BARUM - ZLÍN : Průzkum kontaminace půdního profilu a podzemních vod organickými látkami. *Moravský zeměvrtný závod*. 1993, č. P 82819, s. 49.
3. KNEDLOVÁ, Irena. *Urbánně-rurální vztahy Zlína a jeho mikroregionu*. Brno, Masarykova Univerzita. Přírodovědecká fakulta. Geografický ústav – Sekce věd o Zemi, 2005. 38 s. Vedoucí bakalářské práce doc. RNDr. Alois Hynek, CSc.
4. MÍSAŘ, Z. et al.: *Geologie ČSSR I. Český masív*. 1983, SPN, Praha.
5. Charakteristika Zlínského kraje. *Integrovaný program snižování emisí znečišťujících látek zlínského kraje*. 2000, č. 1, s. 14-22.
6. HRBÁČ, Milan, PIŠL, Pavel. ZLÍN - ZPS HGP sanace : Jednoetapový hydrologický průzkum a projekt hydrologických sanačních prací v areálu bývalé chromovny ZPS Zlín. *UNIGEO a. s. : Divize geologie, Zlaté hory*. 1994, č. P 83578/141, s. 26.
7. MICHNA, Jiří. ZLÍN - PRŠTNÉ : Hydrologický průzkum. *GEOtest BRNO a. s.*, 1998, č. P 93917, s. 15.
8. LEŠINGROVÁ, R., *Bařova soustava řízení*, druhé vyd., Zlín., 2007, 152 s., ISBN 978-80-903808-4-4
9. K 717. *Moravsko zemský archiv*. 1187, č. III/2, i. č. 328,
10. VIKTORINOVÁ, Veronika. *Geochemická charakteristika dnových sedimentů zlínské oblasti*. Brno, 2007. 45 s. Ústav geologických věd - Sekce věd o Zemi - Přírodovědecká fakulta Masarykovy Univerzity. Vedoucí bakalářské práce doc. RNDr. Josef Zeman, CSc. Dostupný z WWW: <http://is.muni.cz/th/162563/prif_b/>.
11. MUČKA, Ivo, et al. Železniční stanice Zlín - střed : Ekologický audit. *Geo Group a. s., České dráhy*. 2005, č. P 112547, s. 12.

12. HRBÁČ, Milan. ZLÍN - ZPS chromovna vrty : Hydrogeologické přípravné práce pro zahájení sanace podzemních vod. *UNIGEO a. s. : Divize geologie, Zlaté hory*. 1995, č. P 84166, s. 8.
13. HRBÁČ, Milan. Projekt sanačního objektu HS-1 : ZLÍN - ZPS chromovna - vrty. *UNIGEO a. s. : Divize geologie, Zlaté hory*. 1995, č. P 84166/1, s. 17.
14. SAZP, *Pôda*, [cit 2008-11-04], online
http://www.sazp.sk/slovak/periodika/sprava/kraje/trencin/z_poda.htm
15. CIBULKA, J. in BENOVÁ, D., *Elementárna analýza močových kameňov pre hodnotenie záťaže ŽP ťažkými kovmi*, Brno, Masarykova Univerzita. Přírodovědecká fakulta. Výskumné centrum pre chémiu životného prostredia a ekotoxikológiu, 2007. 40 s. Vedúci diplomovej práce Mgr. Jiří Machát, Ph.D
16. SYNÁČKOVÁ, M.: Čistota vod. 1996. ČVUT, Praha
17. KRIŠTOFOVÁ, Dana. *Kovy a životní prostředí : Environmentálne nebezpečné zložky elektroodpadu*. 1. vyd. Ostrava : [s.n.], 2001. 66 s. ISBN 80-248-0740-8.
18. KUPEC, Jan. *Toxikologie*. 2. vyd. Zlín : [s.n.], 2004. 176 s. ISBN 80-7318-216-5
19. CARR, Ramona, et al. Identification and mapping of heavy metal pollution in soils of a sports ground in Galway City, Ireland, using a portable XRF analyser and GIS. *Environ Geochem Health* [online]. 2007 [cit. 2008-11-11], s. 45-52. ISSN 10653-007-910.
20. MAKOVNÍKOVÁ, Jarmila, et al. Anorganické kontaminaty v pôdnom ekosystéme. *Chem. listy* [online]. 2006, roč. 100 [cit. 2008-11-06], s. 424-432. Dostupný z WWW: <[15] http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2006_06_424-432.pdf tazke kovy>.
21. POPL, Milan, FÄHNRIICH, Jan. *Analytická chemie životního prostředí*. 4. přeprac. vyd. Praha : VŠCHT Praha, 1999. 218 s. ISBN 80-7080-336-3.
22. PROKEŠ, Jaroslav a kol. *Základy toxikologie I. : Obecná toxikologie a ekotoxikologie*. 1. vyd. Praha : Univerzita Karlova, 1997. 165 s. ISBN 382-124-97
23. Vyhláška č. 13/ 1994 Sb. MŽP kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu
24. Metodický pokyn MŽP ČR „kritériá znečistenia zemín a podzemnej vody“ august 1996

-
25. VOŽENÍLEK, Vít. *Geografické informačné systémy I : Pojetí, historie, základní komponenty*. 1. vyd. Olomouc : Vydala Univerzita Palackého v Olomouci , 2000. 173 s. ISBN 80-7067-802-X.
26. JUŘIKOVSKÁ, Lucie, ŠEDĚNKOVÁ, Monika. Odhad plošných srážek pro povodí řeky Olše. *GIS Ostrava* [online]. 2008 [cit. 2009-04-10], s. 7. Dostupný z WWW:
<http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2008/sbornik/Lists/Papers/008.pdf>.
27. KRIVORUCHKO, Konstantin. Analýza následků Černobyly s použitím GIS a prostorové statistiky. *ARCREVUE* [online]. 2006, č. 1 [cit. 2009-01-19], s. 18-20. Dostupný z WWW: <<http://download.arcddata.cz/ArcRevue/2006/1/06-nasledky-Cernobyly-Krivoruchko.pdf>>.
28. PAGE, Krista D., MURPHY, J. Brendan. The geological sources of Hg contamination in Kejimikujik National Park, Nova Scotia, Canada: a GIS approach. *Environmental Geology* [online]. 2003, vol. 43, no. 882-891 [cit. 2009-03-20], s. 882-891.

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATEK

GIS	Geografický informačný systém
TK	Ťažké kovy
XRF	Rentgenová spektroskopia
SAZP	Slovenská agentúra životného prostredia
PE	Polyetylén
ŽP	Životné prostredie
Pb	Olovo
Zn	Zinok
MŽP ČR	Ministerstvo životného prostredia Českej republiky
MP	Metodický pokyn

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr.1	Vymedzenie záujmovej lokality na ortofotomape ČR v merítku 1:10 000	10
Obr.2	Regionálne geologické delenie Západných Karpat na území [4]	11
Obr.3	Rozčlenenie záujmovej lokality v plánovanom využití v merítku 1:8 000	15
Obr.4	Rozmiestenie odberových bodov na odberovom mieste	33
Obr.5	Návrh štruktúry databáze pre ukladanie získaných dát	35
Obr.6	Prehľad základných vrstiev použitých v programe ArcGIS 9.2	36
Obr.7	Nastavenie parametrov priestorovej analýzy pri použití funkcie IDW	36
Obr.8	Grafické znázornenie intenzity výskytu arzénu v pôde pomocou XRF (merítko 1:6 000).	38
Obr.9	Grafické znázornenie výskytu cínu v pôde pomocou XRF v merítku 1:8 000	39
Obr.10	Grafické znázornenie výskytu síry v pôde pomocou XRF v merítku 1:4 000	40
Obr.11	Grafické znázornenie výskytu vápnika v pôde pomocou XRF v merítku 1:4 000	41
Obr.12	Grafické znázornenie výskytu zirkónu v pôde pomocou XRF v merítku 1:6 000	42
Obr.13	Grafické znázornenie výskytu železa v pôde pomocou XRF v merítku 1:6 000	43
Obr.14	Grafické znázornenie výskytu zinku v pôde pomocou XRF v merítku 1:5 000	44
Obr.15	Grafické znázornenie výskytu olova v pôde pomocou XRF v merítku 1:8 000	45
Obr.16	Grafické znázornenie výskytu stroncia v pôde pomocou XRF v merítku 1:8 000	46

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1: Prehľad priemyselných odvetví a ich produkcia kontaminantov [16]	21
Tab. 2: Rizikové prvky v pôdach náležiacich do poľnohospodárskeho pôdneho fondu (kovy) [23]	25
Tab. 3: Kritéria znečistenia zemín (kovy) – metodický pokyn MŽP ČR [24]	26

ZOZNAM PRÍLOH

PRÍLOHA 1: Mapa rozmiestnenia budov s číselným popisom

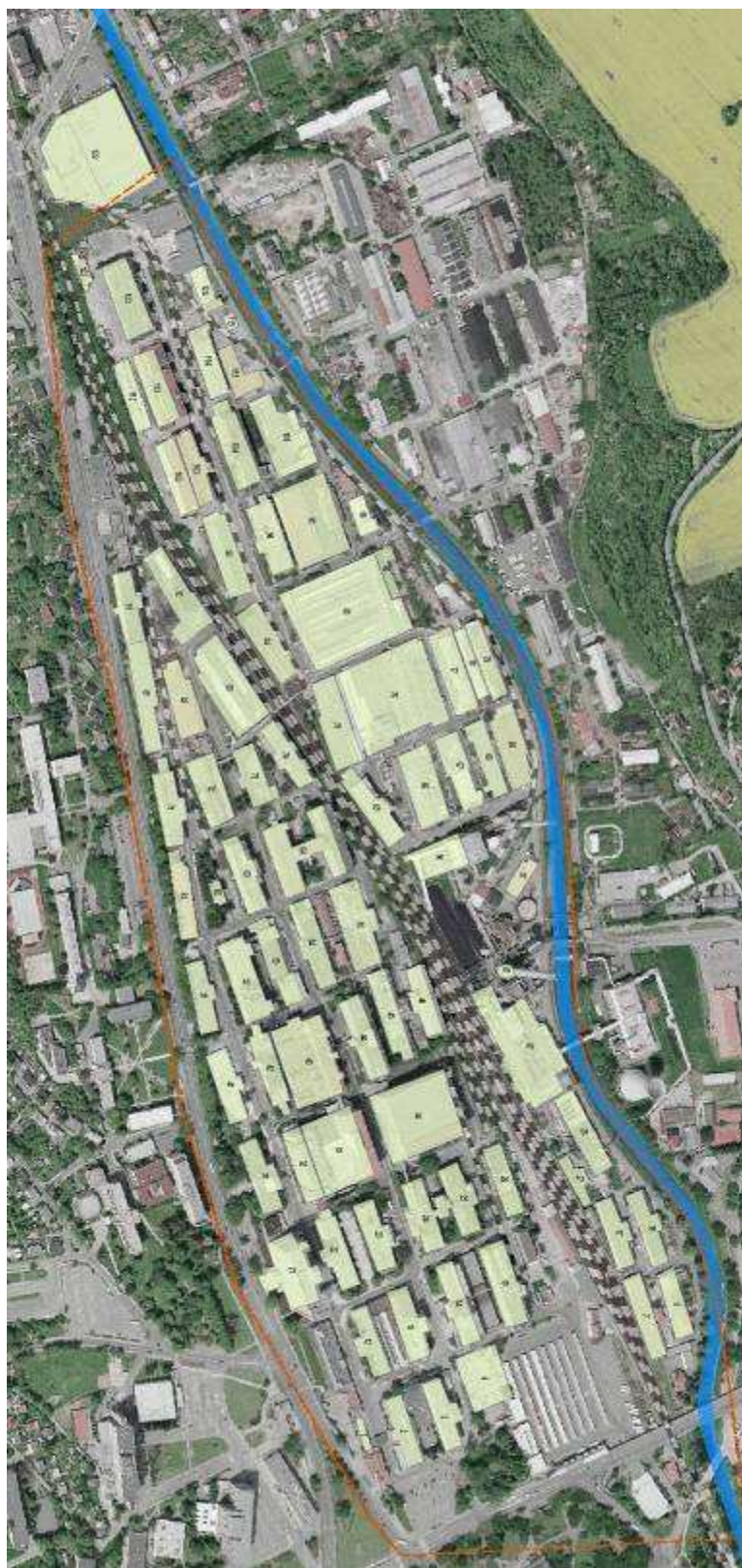
PRÍLOHA 2: Grafické znázornenie rádioaktivity záujmovej lokality v $\mu\text{Sv/h}$.

PRÍLOHA 3.: Grafické zobrazenie kontaminácie zinkom z AAS

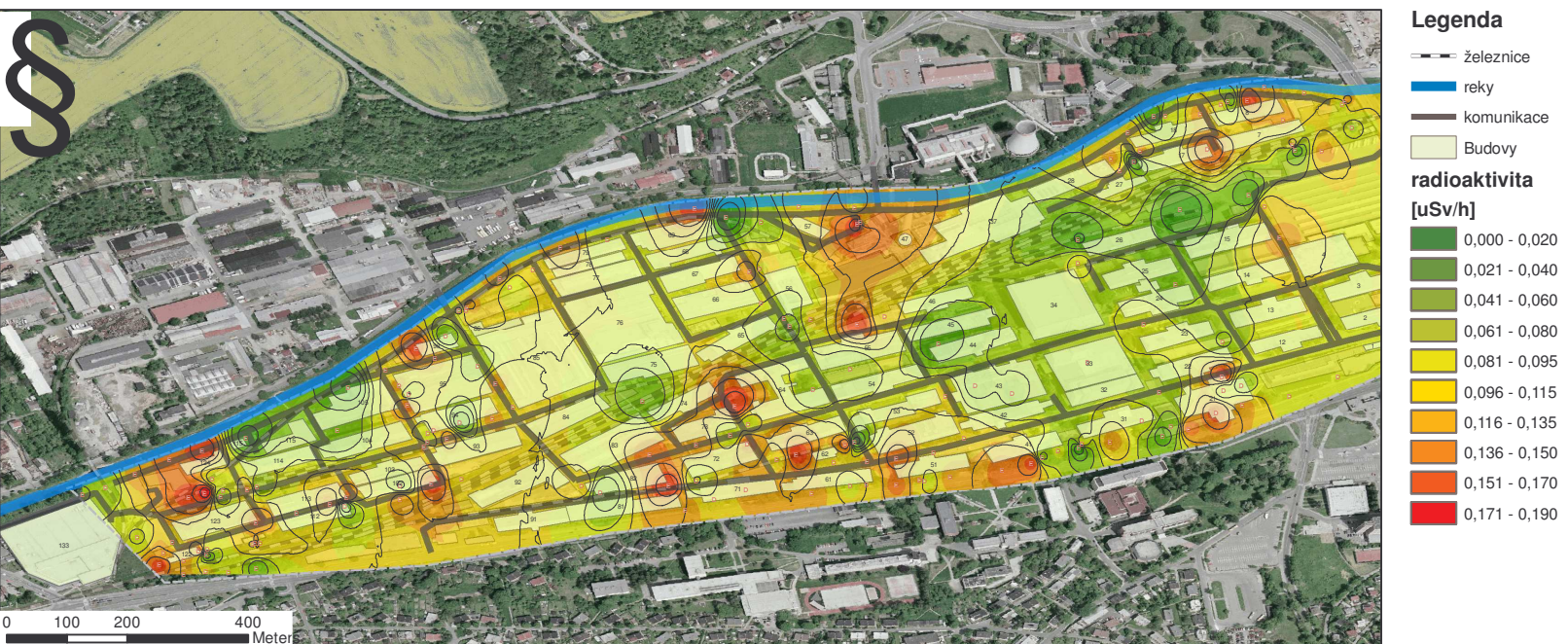
PRÍLOHA 4.: Grafické zobrazenie kontaminácie olovom z AAS

PRÍLOHY

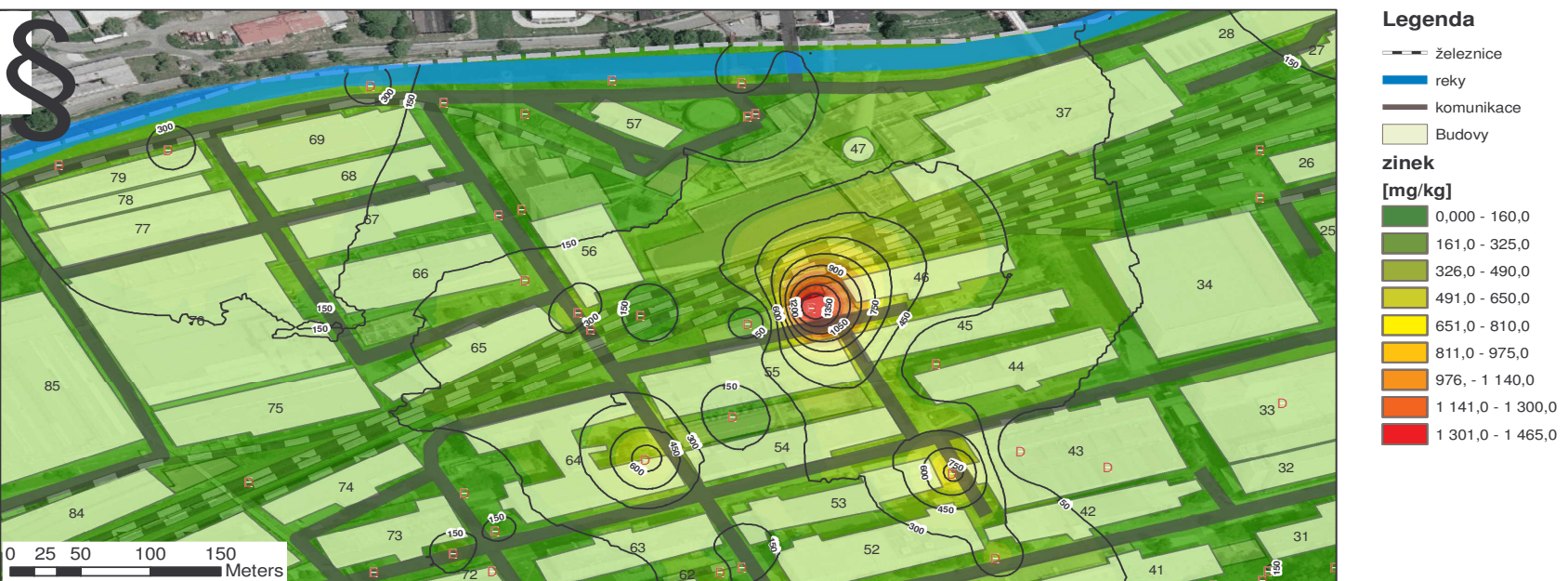
PRÍLOHA 1.: Mapa rozmiestnenia budov s číselným popisom



PRÍLOHA 2.: Grafické znázornenie rádioaktivity [$\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$] záujmovej lokality.



PRÍLOHA 3.: Grafické zobrazenie kontaminácie zinkom z AAS



PRÍLOHA 4.: Grafické zobrazenie kontaminácie olovom z AAS

