

OBSAH

1. ÚVOD	3
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	5
2.1. REKULTIVACE OBECNĚ.....	5
2.1.1. Význam rekultivací.....	5
2.1.2. Historie rekultivací.....	6
2.1.3. Legislativa.....	8
2.1.4. Procesní postup pro provádění rekultivací.....	9
2.1.5. Fáze rekultivací.....	9
2.2. REKULTIVACE TECHNICKÁ A BIOLOGICKÁ.....	11
2.2.1. Proces technické rekultivace.....	11
2.2.2. Proces biologické rekultivace.....	12
2.2.3. Rekultivační materiály.....	14
2.3. SANACE ZEMIN.....	16
2.3.1. Bioremediace.....	16
2.3.2. Sanace zemin – metoda in-situ.....	17
2.3.3. Sanace zemin – metoda ex-situ.....	17
2.4. KONTAMINACE NOVÉ LOKALITY.....	18
2.4.1. Kontaminace půdy.....	18
2.4.2. Radiační zátěž.....	19
2.4.3. Projevy důlní a úpravenské činnosti.....	19
2.4.4. Areály úpraven.....	20
2.4.5. Odkaliště.....	21
2.4.6. Půdy v okolí důlních a úpravenských areálů.....	27
2.4.7. Dopravní trasy rudy.....	27
2.5. MAPE A JEHO REKULTIVACE.....	27
2.5.1. Působnost MAPE.....	27
2.5.2. Časová osa historie a průběhu rekultivací.....	27
2.5.3. Technická rekultivace na odkališti KIII – Olešník.....	29
2.5.4. Biologická rekultivace na odkališti KIII – Olešník.....	30
2.5.5. Prognóza rekultivací na odkališti KIII – Olešník.....	31
3. METODIKA	34
4. PRAKTICKÁ ČÁST	36
4.1. CHARAKTERISTIKA LOKALITY MAPE MYDLOVARY.....	36
4.1.1. Popis oblasti.....	36
4.1.2. Geologické poměry.....	37
4.1.3. Hydrogeologické poměry.....	38

4.1.4.	<i>Klimatické poměry</i>	38
4.1.5.	<i>Hydrologická charakteristika</i>	39
4.1.6.	<i>Pedologická charakteristika</i>	41
4.1.7.	<i>Odkaliště MAPE</i>	41
4.2.	MONITORING LOKALITY	42
4.2.1.	<i>Monitoring lokality MAPE Mydlovary</i>	42
4.2.2.	<i>Monitoring vod</i>	43
4.2.3.	<i>Monitoring biosféry</i>	46
4.2.4.	<i>Krajinné pozadí</i>	65
5.	ZÁVĚR	68
6.	POUŽITÁ LITERATURA	70
7.	SEZNAM GRAFŮ A TABULEK	71
7.1.	SEZNAM GRAFŮ	71
7.2.	SEZNAM TABULEK	71
8.	PŘÍLOHY	73

1. Úvod

Celková doba vývoje života na Zemi se odhaduje na 3,5 mld. let. První formy člověka vstoupily do plně rozvinutého přírodního prostředí s nesmírným bohatstvím rostlinných a živočišných druhů, atmosférou s ustáleným množstvím kyslíku, přijatelným rozmezím teploty, atmosférickým tlakem a dalšími meteorologickými faktory, oběhem biogenních prvků a dynamickou rovnováhou celé biosféry. Nastupující člověk v konkurenci se svými přírodními partnery nevynikal silou, rychlostí, ani odolností. Měl však mimořádnou manipulační schopnost ruky, umožňující výrobu nástrojů, a vysoce vyvinutý mozek, schopný uchovávat, třídit a vyhodnocovat informace a takto nahromaděné znalosti a zkušenosti pak sdělovat a přenášet z generace na generaci.

Člověk si aktivně, s ohledem na dostupné prostředky, přizpůsobuje prostředí svým potřebám. To mu umožnilo vytvořit podmínky pro existenci ve velmi rozdílných geografických, klimatických a ekologických situacích a osvobodit se z úplné závislosti na přírodě. Příroda se vlivem člověka mění, přírodní ekosystémy jsou nahrazovány umělými.

V posledních desetiletích nastává zcela nová situace. Některá území lze jen obtížně využít jako prostředí pro pracovní, obytné či rekreační účely, řada přírodních zdrojů se blíží hranici vyčerpatelnosti. Přírozené zpětnovazebné regulační mechanismy přestávají být dostatečnou zárukou zabezpečení žádaného stavu a musí být nahrazeny plánovitou a důslednou lidskou regulační činností. Společnost je objektivně nucena řešit otázku uvědoměle řízeného a uzavřeného oběhu látek mezi člověkem a okolním světem a otázku plánovitého řízení tvorby příznivého prostředí pro člověka. Návrat k původnímu přírodnímu prostředí je z hlediska způsobu života člověka naší doby nepřijatelný. Přítomnost přírodních prvků v životním prostředí je však pro člověka nezbytná.

Spojení a vzájemné působení vědy, techniky a výroby ovlivňuje všechny složky společnosti, včetně způsobu práce a života člověka, jeho vzdělání a kultury. Dosažený stupeň vědeckotechnického rozvoje však zdaleka nevyhovuje ekologickým aspektům, jejichž respektování je koneckonců z dlouhodobého hlediska rozhodující pro život na Zemi a které zásadně ovlivňují i společenský vývoj. Vědeckotechnický rozvoj musí ve všech oblastech přejít ve světovém měřítku od extenzivní podoby k formám intenzivním, od způsobů

neomezeného čerpání přírodních zdrojů (kdy se formou neužitečného a v prostředí škodlivého odpadu ztrácejí mnohdy jinak vzácné suroviny) k racionálnímu využití surovin.

Odpady svým množstvím i složením působí často výrazné změny v prostředí. Např. oxid siřičitý, těžké kovy (např. zinek, olovo, měď, mangan a další), organické chemikálie jsou pro mnohé organismy limitujícím faktorem. Pro budoucnost nelze počítat jen s odstraňováním nečistot z ovzduší, vod a půdy. Důležité pro lidstvo je co nejdříve zavádět do praxe taková zařízení a takové technologie, které šetří energii a materiály, snižují množství unikajících odpadů a umožňují další využívání látek. Velký význam mají zejména nastupující biotechnologie, máloodpadové technologie a různé další způsoby znovuvyužívání neboli recyklace látek.

Jedním z výše uvedených problémů, který patří v současné době mezi závažné, je otázka, jak řešit následky těžby nerostných surovin na životním prostředí. V důsledku těžby vznikají mimo jiné odvaly, výsypky a odkaliště. Odkaliště mění terénní reliéf a jejich provoz je zdrojem znečištění půdy, ovzduší a povrchových i podzemních vod. Eliminace těchto vlivů je jedním z úkolů projekčně-inženýrského řešení odkališť, které však nejsou vždy uspokojujivě zvládnuté.

S uvedeným problémem se potýká i lokalita MAPE Mydlovary. Zde důsledkem povrchové těžby lignitu v minulém století a následné činnosti chemické úpravny vznikala plavením rmutu nejen do uzavřeného dolu Svatopluk nová odkaliště. Tato odkaliště jsou od roku 1989 postupně znovu začleňována do krajiny pomocí stále probíhajících rekultivačních činností. K posouzení úspěšnosti rekultivací je zapotřebí získat dostatek informací, které pomohou vytvořit zpětnou vazbu na provedená rekultivační opatření. Požadované informace poskytuje právě monitoring životního prostředí.

Cílem této diplomové práce je vyhodnotit monitoring životního prostředí v delších časových řadách na lokalitě MAPE Mydlovary a posoudit zlepšení stavu po provedených rekultivacích.

2. Literární přehled

2.1. *Rekultivace obecně*

2.1.1. Význam rekultivací

Rekultivací rozumíme aktivní obnovu a tvorbu půdního fondu devastovaného lidskou, zejména průmyslovou činností a těžbou surovin. Kromě krajinotvorné funkce rekultivací je účelem rekultivace odstranění nebo minimalizace následků těžby (rekultivace výsypek povrchových i hlubinných dolů, rekultivace vytěžených prostorů a lomů), zahlazení následků ukládání energetických a jiných odpadů (rekultivace úložišť, odkališť a skládek TKO). Další funkcí rekultivace je likvidace starých ekologických zátěží, odstraňování následků havárií a navrácení pozemků likvidovaných průmyslových a jiných provozů původnímu účelu. Smyslem rekultivace je znovuvytvoření ekologicky vyváženého krajinného prostředí (Sirotková, 2002).

Nejvýznamnější požadavky na rekultivace jsou následující:

- krajina musí být ekologicky vyvážená, za nejúčinnější stabilizační prvky je považována výsadba lesů, parků, lesoparků a vodních ploch;
- krajina musí být ekonomicky efektivní, musejí v ní být zastoupeny vysoce produktivní formy zemědělských rekultivací, aby byla do určité míry schopná uživit lidi;
- zdravotní požadavek, vodní reliéf je významný pro vytváření makroklimatických a bioklimatických poměrů;
- podstatná je rovněž kvalita rekultivovaných půd, ve kterých by měly být zastoupeny bakterie, houby a další mikroorganismy, na nichž je závislý žádoucí koloběh látek a energie;
- požadavek estetický;
- proto, aby krajina splňovala všechny tyto aspekty, existují plány obnovy krajiny, kterým se říká prognóza a generel rekultivací.

Cíle rekultivací

Štýs (1990) uvádí cíle, kterých se rekultivace svou podstatou snaží dosáhnout:

- zahlazení následků těžby hnědého uhlí a doprovodných projevů těžby tohoto nerostu;
- návrat území do produktivního, sociálně-ekonomického využívání, pozvolné vyrovnávání devastačních vlivů těžby;
- vytvoření nové krajiny jako plnohodnotného životního prostředí z pohledu urbanistického, dopravního a sociálního.

Novotný (1993) doplňuje cíle rekultivace odkališť:

- vytvořit technické bariéry omezující hmotnostní aktivitu ²²⁶Ra na povrchu odkaliště a odclonění záření;
- vyloučit prašnost povrchu odkališť a tím zabránit šíření radioaktivního prachu do okolí;
- zabránit vstupu transportního média kontaminace (srážkové vody) do tělesa odkaliště;
- snížit plošnou radonovou výdajnost povrchu odkaliště;
- omezit vstup výluhových odkalištních vod do podzemních vod;
- zabezpečit dlouhodobou stabilitu tělesa odkaliště včetně jeho začlenění do okolní krajiny.

2.1.2. Historie rekultivací

Rekultivační činnost má v českých zemích dlouholetou tradici. Již před první světovou válkou Zemská zemědělská rada zřídila Rekultivační expozituru, která organizovala zavážení propadlin povrchu do vytěžených důlních prostorů, obnovu a odvodnění vytěžených důlních pozemků. Zákon č. 48/1956 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu zavedl systémové řešení devastace krajiny těžbou. Toto řešení spočívalo v povinnosti těžební organizace před otvírkou těžby sejmout ornici a kultivace schopnou zeminu a na vlastní náklad zajistit rekultivaci půdy po skončení těžby. Horní zákon č. 41/1957 Sb. nařizoval těžebním organizacím rekultivační povinnosti a ochranu zemědělského a lesního půdního fondu. Tato legislativní řešení byla ve srovnání s okolními zeměmi velmi moderní a český přístup k pojímání rekultivací komplexně s cílem vytvořit stabilní krajinné prostředí a zejména jeho půdní složku se stal pověstným jako česká rekultivační škola. Dá se tedy říci, že rekultivační činnost je ze zákona neoddelitelnou součástí těžebních a dobývacích procesů. (Sirotková, 2002)

Štýs (1990) popisuje historii rekultivací daleko podrobněji a rozděluje ji do několika vývojových etap.

Léta padesátá jsou charakteristická extenzivní koncepcí ozeleňování, jednoduchými zemědělskými rekultivacemi bez použití ornice, hlavně na poddolovaných pozemcích, a zalesňováním s minimální úpravou stanoviště a s dominantním používáním nenáročných průkopnických zemin.

V šedesátých letech se již prosadila koncepce důkladnější úpravy pozemků a využití zachráněné ornice - s cílem přednostní tvorby půdy. V rámci lesnických rekultivací se začal prosazovat pestrý sortiment přípravných, melioračních a cílových dřevin.

V letech sedmdesátých se již výrazněji uplatňovala hlediska rekultivační tvorby ekotopu, který vznikal úpravou nové půdy, tvárností terénu a novým vodním režimem. Využívala se k tomu nejen zachráněná ornice, ale i spraše a melioračně hodnotné substráty (např. bentonit na Střimické výsypce).

Léta osmdesátá byla přechodem k cílené tvorbě zemědělských, lesnických a vodních ekosystémů. Na Mostecku byla navíc charakteristická rozvojem sociálně efektivních rekultivací (letiště na Střimické výsypce, rekreační vodní plocha Vrbenský - Matylda, dokončení autodromu na výsypce lomu Vrbenský, dokončení vinic na výsypce Šmeral VII, intenzivní práce na výstavbě hipodromu a golfového hřiště na Velebudické výsypce aj.).

Devadesátá léta jsou charakteristická ekologizací celého rekultivačního cyklu. Projevuje se to preferencí lesnických rekultivací před zemědělskými alternativami, vyvážeností souboru lesních, zemědělských a vodních ekosystémů a tvorbou územního ekosystému. Na Mostecku se jako dominantní akce realizují soubory činností na Velebudické výsypce, Střimické výsypce, na výsypkách lomu Vršany (Březno, Slatinice), v prostoru bývalého lomu Vrbenský - Matylda i Saxonie, v okolí přesunutého děkanského chrámu a především v celém prostoru lomu Ležáky.

2.1.3. Legislativa

Zákon o ochraně zemědělského půdního fondu č. 10/93 Sb. požaduje zemědělskou půdu co nejméně narušovat a pokud již k narušení dojde, vyhodnotit předpokládané důsledky navrhovaného řešení na zemědělský půdní fond s přihlédnutím možnosti rekultivace. Podle zásad ochrany ZPF se musí po ukončení povolené nezemědělské činnosti neprodleně provést taková terénní úprava, aby dotčená půda svým tvarem, uložením zeminy a vodními poměry byla připravena k rekultivacím a způsobilá plnit další funkce v krajině.

Vyhláška č. 13/1994 Sb. o některých podrobnostech ochrany zemědělského půdního fondu upřesňuje postup rekultivací a mimo jiné i vymezuje nejvyšší přípustné obsahy škodlivých látek v půdě. V příloze této vyhlášky je pak uveden obsah plánu rekultivací.

V horním zákoně č. 439/92 Sb. a doplňku č. 163/93 Sb. a v zákoně č. 44/88 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství se stanovuje povinnost sanace dotčeného území včetně rekultivace a vymezuje obsah plánu rekultivací.

Protože skládka i odkaliště jsou stavbou, platí zákon stavební č. 50/1976 Sb. doplněný zákony č. 103/1990 Sb., č. 425/1990 Sb., č. 262/1992 Sb., č. 43/1994 Sb., č. 19/1997 Sb. a č. 83/1998 Sb. o územním plánování a stavebním řádu, ve kterém se vyžaduje rekultivace územně naplánovat a podrobit rekultivaci i její realizaci stavebnímu řízení.

Zákon č. 138/1973 Sb. o vodách se dotýká odkališť jakožto vodohospodářského díla.

Zákon č. 125/1997 Sb. o odpadech nahlíží na rekultivaci jako na zařízení sloužící k využívání odpadů, ale pak je zapotřebí souhlas příslušného krajského úřadu k provozování zařízení s jeho provozním řádem. Veškeré nakládání s odpadem od jeho převzetí až po využití při rekultivaci je popsáno a schváleno v provozním řádu zařízení a primárním smyslem rekultivace je využití širšího sortimentu odpadů (Hrdina, 2001).

Zákon č. 244/1992 Sb. ve znění zákona č. 132/2000 Sb. o posuzování vlivu na životní prostředí předepisuje vypracovat oprávněnou osobou dokumentaci o hodnocení vlivu stavby nebo technologie na životní prostředí např. v působnosti Ministerstva životního prostředí jsou zařízení pro nakládání s komunálním odpadem o roční kapacitě nad 100 000 t/rok,

v působnosti orgánu kraje jsou to zařízení pro nakládání s komunálním odpadem o roční kapacitě 10 000 až 100 000 t/rok a odkaliště a kalová pole s kapacitou nad 100 000 m³ a také pole s výškou hráze nad 10 m od základové spáry.

2.1.4. Procesní postup pro provádění rekultivací

V souladu se zákonem č. 50/1976 Sb. je možno stanovit obecný metodický postup pro provádění rekultivací:

- 1) stanovení hlavního způsobu využití území po zamýšlené rekultivaci (nutný soulad s územně plánovací dokumentací);
- 2) posouzení aktuálního stavu životního prostředí na zájmové lokalitě (rozsah přizpůsobit místním podmínkám – hydrogeologický průzkum, znečištění zemin a podzemní vody, biologický průzkum – fauna a flora);
- 3) stanovení ekologických kritérií pro uměle připravené sanačně rekultivační materiály (zejména ve vazbě na Metodický pokyn odboru pro ekologické škody Ministerstva životního prostředí České republiky – kriteria znečištění zemin a podzemní vody stanovit cílové parametry pro sanaci jako maximálně přípustnou míru překročení kriteria C);
- 4) koordinace záměru a doposud provedených kroků s orgány státní správy (zejména projednání s orgány územního plánování a s příslušným referátem životního prostředí);
- 5) vypracování projektové dokumentace rekultivace (projekt zohlední připomínky orgánů státní správy, navrhne konkrétní recepturu pro přípravu sanačně rekultivačních materiálů a navrhne způsob monitoringu a případné následné péče o rekultivovanou lokalitu);
- 6) stavební řízení;
- 7) realizace stavby;
- 8) kolaudace;
- 9) monitoring, následná péče.

2.1.5. Fáze rekultivací

Podle Pokorného, Filipa a Lázničky (2001) bývají rekultivace nejčastěji rozdělovány podle činností, které převažují v procesu rekultivací a podle konečného využití rekultivovaného území.

Přípravná fáze plní funkci prevence a optimalizace. V této fázi se přenášejí rekultivační záměry do územně plánovacích podkladů (územní generel, územní prognóza, územně technické podklady) a též do územně plánovací dokumentace (územní plán VÚC, územní plán obce a regulační plán). Příslušné rozhodnutí, týkající se především posledních dvou plánů územně plánovací dokumentace, vydává ve schvalovacím řízení orgán územního plánu. Především v této fázi je nutné získat veškeré připomínky veřejnosti, různých ochranářských iniciativ a institucí k zamýšlené rekultivaci. V dalších fázích bude totiž prosazení připomínek obzvláště složité, pokud bude vůbec možné. Po územním rozhodnutí následuje zpracování projektu rekultivace, který je dále schvalován ve stavebním řízení.

Provozně-technologická fáze je obdobím vlastního provozu skládek, odkališť, elektráren a dolů. Tato fáze výrazně ovlivňuje obsah a intenzitu devastace území a výslednou efektivnost plánované rekultivace.

Biotechnická fáze je tvořena již vlastním rekultivačním procesem, který se rozděluje na další dvě fáze – technickou a biologickou. Technická rekultivace zajišťuje vhodné a nutné terénní úpravy, navážku zemin, hydrotechnické opatření, stabilizaci svahů a nakonec i výstavbu komunikační sítě. Biologická rekultivace pak na takto připraveném území ukončuje rekultivační práce výsadbou biologického materiálu.

Postrekultivační fáze začíná předáním zrekultivovaných pozemků do následného užívání, ale ve většině případů pokračuje sledování vlivu na životní prostředí – tzv. monitoring.

Úspěch rekultivací záleží na spojení poznatků biologických, geografických, technických, hospodářských, politických, ekonomických a sociálních. Cílem rekultivace je obvykle vytvořit novou půdu, urychleně a kvalitně přeměnit devastované plochy tak, aby byly funkční zemědělsky, lesnicky, vodohospodářsky, rekreačně a ekologicky, a začlenit skládky a odkaliště zpět do krajiny.

2.2. Rekultivace technická a biologická

2.2.1. Proces technické rekultivace

Podle Mauera (1985) je úkolem technické části rekultivace zlepšování ekologických vlastností území určených k rekultivaci.

Štýs (1990) popisuje podstatu tohoto pojmu jako rozsáhlé úpravy terénu nejčastěji na plochách rozlehlých výsypek při těžbě uhlí povrchoým způsobem. Hrubý reliéf terénu je již dán báňskou činností, kdy rypadla a zakladače přemísťují miliony kubíků zeminy a tvarují terén do charakteristických výsypkových stupňů. Dobře nasypané výsypkové etáže báňskou technologií mohou značně urychlit a zlevnit následně prováděné technické rekultivace. Takovým příkladem může být např. sypání posledního výsypkového stupně. Je-li tento stupeň sypán dovrčně, zůstává plošina etáže značně nerovná s charakteristickými prsty od zakladače. Naopak v případě, že zakladač sype úpadně, je plošina již zpravidla rovná a dobře upravená.

Cílem technické rekultivace je jednak detailně upravit základní konfiguraci terénu danou použitou báňskou technologií a jednak umožnit efektivní následné využití budoucí rekultivované krajiny. Hrubé terénní úpravy (HTÚ) tak na jedné straně urovnávají nerovnosti vzniklé činností báňských velkostrojů, na druhé straně mohou pomoci rozčlenit často fádňi, příliš umělé tvarování krajiny dané právě využitím velkostrojů. Podstatným efektem navrhovaných HTÚ musí být i zajištění plynulého odtoku srážkových vod z rekultivovaných území při zamezení vzniku bezodtokých depresí na jedné straně a příliš rychlého odtoku vod z území na straně druhé.

Do jejich obsahu tedy náleží zemní práce, tj. zavezení, urovnání a povrchová úprava rekultivovaných výsypek a odvalů, dále odvoz odklizových hmot a jejich uložení v určených polohách a konečně pokrytí výsypek a odvalů kulturními zeminami. Území se podle potřeby též odvodní včetně úprav vodních toků a stojatých vod, poněvadž se v místních prohlubních, propadlinách a lomech hromadí dešťová a podzemní voda, přetvářející půdu v močál.

K závázkám propadlin a jam se používají především zeminy z výsypek a odvalů, které se přitom rozvezou. Při nedostatku těchto zemin, a je-li rekultivované území v blízkosti větších

sídlíšť, doporučují se také různé odpadní hmoty, jako jemný prosev městského smetí, sedimentační kaly z čistíren odpadních vod nebo různé kompostované hmoty. Zřizují-li se navážky, mají se zvyšovat ve slabších vrstvách, nejvýše 30 – 40 cm, aby navezená hmota mohla zvětrat a rozložit se v době asi jednoho roku. Nelze-li hluboké lomy, při hnědouhelné těžbě o hloubce 20 – 50 m, zasypat, vytvoří se z nich vodní nádrže, které se po vyčištění a zlepšení vody osadí rybami. Hladina vody se stabilizuje přepadem a břehy se osázejí stromy. Propadliny vzniklé vytěžením podzemních slojí se obvykle samy zatopí vodou.

V konečné úpravě musí být povrch rekultivovaného území urovnaný, bez terénních depresí a bezodtokových ploch, s upravenými svahy výsypek a odvalů ve sklonu asi 1 : 4 a s krycí zemínou umožňující následnou rekultivaci biologickou. Poněvadž tyto práce vyžadují výkonné zemní stroje i další mechanizační prostředky a jsou velmi nákladné, je třeba usilovat, aby byly v největší míře součástí technologie těžby surovin.

2.2.2. Proces biologické rekultivace

Na technické rekultivace navazují biologické rekultivační úpravy, jejichž úkolem je vytvořit na technicky zrekultivovaných plochách pokud možno v co nejkratší době produkční půdu, která by umožnila růst rostlin a život fauny. Proto již během skládkování nebo naplavování kalu či navážení popelového materiálu je nutné vytvářet podmínky pro navržený způsob rekultivace, začlenění do krajiny a pozdější využití plochy v souladu s územně plánovací dokumentací pro výrobní, ekologické (při návrhu ÚSES) nebo rekreační účely. To je usnadněno tím, že již během technické rekultivace se vyřešil vodní režim lokality, komunikační přístupnost a provoz monitorovacího pozorování. Je žádoucí řešit využití rekultivované plochy v alternativách, které se ekonomicky zhodnotí.

Mají-li být staré ekologické zátěže po technické rekultivaci plně integrovány do krajiny, je nezbytné, aby po technické rekultivaci bezprostředně následovala rekultivace biologická spočívající minimálně v zatravnění povrchu, lépe však ve vysázení vhodných dřevin. Ideálním případem by bylo použití nekontaminovaných zemín (ornice), avšak s takovou možností nelze obecně kalkulovat s ohledem na nedostatečné disponibilní objemy a rovněž vysoké pořizovací náklady. Společnost REKKA s. r. o. řeší tento problém dodávkou biologicky aktivního materiálu vyrobeného vesměs z odpadních surovin. Pod obchodním názvem Rekosol je vyráběn průmyslový kompost, pro nějž základními výchozími materiály jsou odpadní zeminy

(i kontaminované ropnými látkami), stabilizované kaly z čistíren odpadních vod, popílkový stabilizát, produkty z odsiřování spalin a různá aditiva (živné soli). Principem výroby je aplikace autobiodegradačního procesu, který probíhá v namíchané směsi kontaminované zeminy se stabilizovaným kalem z ČOV (zdroj bakterií a živin) za řízeného přidavku dalších látek (odpadů). Zrání kompostu probíhá na oddělených zakládkách o hmotnosti 3000 – 4000 t po dobu 3 – 6 měsíců. Vyrobený průmyslový kompost vyhovuje, podle lokality použití, limitním koncentracím těžkých kovů dle „Metodického pokynu odboru pro ekologické škody MŽP ČR – kritéria znečištění zemin a podzemní vody“, příloha 1, kategorie C – všestranné využití území nebo limitům dle ČSN 465735 „Průmyslové komposty“, třída II, určeným hodnotám mikrobiologického rozboru (koliformní bakterie aj.) a stanoveným mezním hodnotám NEL, PAU, PCB. Rekosol je při rekultivačních činnostech využíván ke konstrukci svrchní biologické vrstvy. Oproti běžné zemědělské půdě má sice tento náhradní materiál jisté odlišnosti (nižší obsah jílovité frakce, náchylnost k prísuškům, nižší obsah stabilního humusu a jílovito-humusového komplexu), nicméně z hlediska mikrobiologického a chemického je tento materiál schopen plně nahradit půdu pro rostliny.

Z pohledu hygienického je nutné zrekultivovaná území začlenit do ostatních ploch, aby bylo vyloučeno přímé hospodářské využití a tím minimalizováno nebezpečí znečištění potravního řetězce kontaminujícími látkami. Dle aktuálního stavu v krajině je snaha zapojit danou lokalitu po dohodě s vlastníky pozemků a orgány místní samosprávy a státní správy do místního systému ekologické stability a navrátit tak území přírodě.

Okolnosti, které je nutno při biologické rekultivaci respektovat, jsou zejména:

- začlenění skládky v krajině;
- vytvořené podmínky pro způsob biologické rekultivace;
- vodní režim skládky;
- ekonomická hlediska způsobu rekultivace;
- význam rekultivace pro životní prostředí lokality;
- využitelnost, popř. nutnost rekultivace pro cíle rekreace;
- další ekologická hlediska.

Zemědělská rekultivace skládek

Vhodná u skládek, které jsou založeny jako úrovněvé a navazují na zemědělsky využívané plochy a v jejich vegetačním profilu jsou navrstveny zeminy vhodné k zemědělské rekultivaci. Metody rekultivací se řídí obdobnými zásadami jako při rekultivacích hnědouhelných výsypek tj. především využitím melioračních osevních postupů při zúrodnování minerálních zemin (hlinitých sedimentů).

Lesnická rekultivace skládek

Zalesnění se realizuje po skončení technické rekultivace, nejlépe však po několika měsících od jejího skončení. Byla-li dokončena technická rekultivace na podzim, pak se zalesňuje na jaře a naopak. Zalesnění je možné uskutečnit přímou výsadbou prostokořenných sazenic do půdotvorného substrátu bez biologického oživení nebo po předchozím biologickém oživení půdotvorného substrátu a to využitím vhodných jetelotravních směsí.

2.2.3. Rekultivační materiály

Sirotková (2002) uvádí výčet nejčastěji používaných substrátů pro procesy technické rekultivace a následně i podmínky pro jejich použití.

Rekultivační substráty jsou z oblasti odpadů zejména:

- biodegradabilní odpady včetně kalů z ČOV;
- odpady z teplárenství a energetiky;
- některé ze stavebních a demoličních odpadů – především vytěžená zemina.

Dále se jedná o některé upravené odpady, jako jsou:

- recykláty inertních stavebních a demoličních odpadů;
 - stabilizáty a solidifikáty vyrobené z elektrárenských popílků a produktů odsíření;
- a dále některé těžební odpady (hlušina, skrývky, odvaly).

Podmínkou při volbě sanačně rekultivačních materiálů by mělo být, že použité materiály nesmí zhoršit stav životního prostředí v místě využití.

Při hodnocení využití odpadů pro rekultivace musí být splněny následující podmínky:

- rekultivační materiály z odpadů nesmí vykazovat žádnou nebezpečnou vlastnost dle

vyhlášky č. 376/2001 Sb. o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů a musí splňovat podmínky dané vyhláškou č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání o odpady;

- využití nebezpečných odpadů je možné pouze po jejich přepracování za účelem odstranění nebezpečných vlastností (solidifikace, stabilizace atd.) v souladu se zákonem o odpadech;
- složení a základní charakteristiky používaných rekultivačních materiálů by svou kvalitou měly odpovídat i dalšímu plánovanému využití rekultivovaného území;
- rekultivační materiály nesmí ohrozit kvalitu povrchových a podzemních vod dle zák. č. 254/2001 Sb. o vodách;
- materiály musí rovněž splňovat požadované fyzikálně-mechanické vlastnosti, jako např. zrnitost, pevnost, nasákavost apod.

Protože se jedná o velké objemy odpadů, je žádoucí zmírnit handicap, který mají odpady oproti materiálům a surovinám, jako jsou např. jílovinové zeminy, písky, štěrkopísky a drcené kamenivo. K odpadům je třeba přistupovat obecně především jako k druhotným surovinám. Jakost nebo výtěžnost těchto druhotných surovin je často srovnatelná nebo vyšší než je tomu u přírodních surovin. To lze ilustrovat na příkladě feromagnetické separace popelovin ze spaloven tuhých komunálních odpadů, která je často finančně nejefektivnější činností spalovny.

Správní orgány, kterým jsou v případě rekultivačních prací územně příslušné stavební nebo báňské úřady, mají při projednávání projektové dokumentace rekultivací možnost ovlivnit do určité míry volbu rekultivačních materiálů a mohou si vyžádat dokladování skutečného použití jednotlivých rekultivačních materiálů a jejich množství.

Tomášek a Lundáková (1998) upozorňují na to, že použité materiály musí mít definované fyzikální a chemické vlastnosti.

Výplňové materiály

Může se jednat o produkty hornické činnosti nebo i o odpady definovaných fyzikálních vlastností, které se aplikací a ani po delší době nemění. Chemické vlastnosti musí být takové, aby nedošlo ke změně složení odkalištní vody, která by znamenala změnu stávající technologie čištění odkalištních vod.

Pokryvné materiály

Tyto materiály jsou většinou požadovány jako inertní. V realitě to znamená, že použité materiály nesmí zhoršovat kvalitu vod v obvodových záchytných příkopech tak, aby bylo možno vypouštět tyto vody do vod povrchových.

Biologicky oživitelné materiály

Může být použita řada různých zdrojů, nejčastěji se používá rybníční bahno. Z hlediska vlastností platí to, co v předchozím bodě u materiálů pokryvných.

Stínící materiály z hlediska radiační ochrany

V tomto případě se uvažuje celá konstrukce odkaliště – vlastnosti a mocnost výplňových materiálů, izolačního prvku, plošného drenážního prvku, pokryvné vrstvy a biologicky oživitelné vrstvy. Posuzuje se výsledná radonová výdajnost a dávková rychlost záření gama. Zjištěné hodnoty mohou zpětně ovlivnit přípustné fyzikální vlastnosti použitých sanačních materiálů.

2.3. Sanace zemin

2.3.1. Bioremediace

Demain a Davies (1999) poskytují definici pojmu bioremediace. Jedná se o technologii odstraňování polutantů, která využívá biologického systému k úplnému rozkladu nebo transformaci různých nežádoucích chemických sloučenin na látky méně nebezpečné, v ideálním případě na CO₂ a vodu. Bioremediace lze využít pro čištění odpadních a podzemních vod, půdy, plynů a kalů.

Obecné přístupy k procesu bioremediace jsou následující:

- monitorování přirozeného biodegradačního procesu;
- provádění modifikace prostředí, ve kterém k biologickému procesu dochází (přídavek nutrientů, aerace apod.);
- přídavek mikroorganismů (tzv. bioaugmentace).

Konečnými produkty efektivní bioremediace jsou látky netoxické, které již nejsou nebezpečím pro životní prostředí ani živé organismy. Bioremediace však není řešením pro

všechny problémy našeho prostředí. Jako jiné technologie i bioremediace je limitována typem polutantů, které může odstraňovat, fyzikálně-chemickými podmínkami a časovými nároky. Pokud je však bioremediační zásah vyhodnocen jako vhodný, pak se jedná ve srovnání s fyzikálně-chemickými přístupy o metodu s nízkými náklady.

2.3.2. Sanace zemin – metoda in-situ

Demnerová, Pazlarová a Pazlar (2000) charakterizují sanaci zemin metodou in-situ a člení ji na:

- **biodegradaci in situ** - provzdušňování, obohacení půdy o nedostatkové nutrienty (N, P) nebo jiný způsob dotace elektronů;
- **bioventing** - princip metody je založen na stimulaci degradačního potenciálu mikroorganismů a to dodáváním atmosférického kyslíku do nesaturované zóny. Kyslík je dodáván buď vtlačováním atmosférického vzduchu nebo odsáváním půdního vzduchu anebo jejich kombinací.

2.3.3. Sanace zemin – metoda ex-situ

Demnerová, Pazlarová a Pazlar (2000) poskytují opět popis sanací zemin i metodou ex-situ a to následovně:

- **biodegradace ex-situ – land farming** - dekontaminační zásah je vždy realizován na zabezpečeném prostoru, který má oficiální statut „biopole“. Po úpravě zeminy (homogenizace, vylehčení, obohacení o nutrienty, úprava vlhkosti) je případně provedena inokulace rozstříkem bakteriální suspenze z bioreaktoru. Dodávka kyslíku je zajištěna obracením, orbou apod.;
- **biolože** – biolože nebo-li „bed reactor“ je umístěn vždy v hale opatřené filtry pro zachycení vznikajících těkavých produktů metabolické aktivity mikroorganismů. Kontaminovaná půda nebo kal je umístěn do uzavřené vany s drenáží, která odvádí nebezpečný výluh k dalšímu zpracování v bioreaktorech. Kontaminovaná půda je aerována, zavlažována, obohacována o chybějící nutrienty či mikroorganismy. Obě výše uvedené technologie mohou být použity i pro sanaci kontaminovaných vod. Ty mohou být nastříkovány na půdu, kde probíhá vlastní biologický rozklad;
- **kompostování** – je technologie, kde se kontaminovaný materiál míchá s organickým materiálem (sláma, piliny, kůra aj.) a je obohacen o nutrienty. Následně je materiál

uložen do vysokých hromad, které jsou pravidelně vlhčeny a vzdušněny. Kompostování je nejčastěji prováděno při teplotě mezi 50 a 60 °C;

- **kalové reaktory** – tato technologie je využívána pro kontaminované půdy, kaly nebo sedimenty. Kal je míchán a vzdušněn. Většina reaktorů využívá uměle připravených konsorcií mikroorganismů. Výhodou bioreaktoru je velmi dobrá kontrola všech faktorů ovlivňujících biodegradaci (kyslíku, nutrientů, pH apod.). Je možné udržovat stabilní teplotu tak, aby se projevila zvýšenou rychlostí biodegradace polutantu;
- **bioloužení zemin** – metody biologického loužení zemin tvoří přechod mezi metodami biologického a chemického čištění. Jedná se o metodu používanou pro zeminu kontaminovanou těžkými kovy. V pilotním výzkumu mikrobiální procesy vedly k rozpuštění sulfidů kovů, které jsou využívány bakteriemi a tvorbě kyseliny sírové extrahující těžké kovy. Metoda je stále ve stadiu vývoje. Laboratorní experimenty prokázaly úspěšnou vyluhovatelnost Pb, Cu, Zn, As ze zemin, kde byly silně vázány na matici. Rychlost loužení řídí obsah síry a organického uhlíku.

2.4. Kontaminace nové lokality

2.4.1. Kontaminace půdy

Tomášek a Lundáková (1998) popisují kontaminaci půdy jako stav, kdy polutant (znečišťující prvek, sloučenina) vykazuje hodnotu koncentrace v půdě převyšující hodnoty pozadí (zjištěné na podkladě rozborů průzkumů půd, substrátových a geochemických map).

Intoxikací půdy je rozuměn stav, kdy polutant je v takové koncentraci a formě, které umožňují vstup do potravinového řetězce.

Rozsah vlivu je dán postiženým areálem – např. v okolí elektráren a chemických provozů bude plošný, v případě možné kontaminace z drobných provozů bude kontaminace bodová (lokální), podél dopravních sítí půjde spíše o jev liniový.

Kontaminace či intoxikace v půdách může nastat následujícími kategoriemi prvků a chemických sloučenin :

- ovlivnění anorganickými polutanty – kovy (především se jedná o As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, V, Zn - ve výluhu 2M HNO₃, Hg - celkový obsah);

- ovlivnění ostatními anorganickými látkami (B, Br, F, chloridy, kyanidy, S);
- ovlivnění organickými polutanty (aromatickými uhlovodíky, polycyklickými aromatickými uhlovodíky - PAH, chlorovanými uhlovodíky - zejména PCB, pesticidy, nepolárními extrahovatelnými látkami - NEL).

2.4.2. Radiační zátěž

Cole (1993) uvádí, že ionizující záření ve velkých dávkách může být příčinou vzniku rakoviny, vrozených vad, zarudnutí kůže a dalších zdravotních problémů. Podle Tomáška a Lundákové (1998) je při posuzování radiační zátěže obyvatelstva nejprve nutné vytipovat kritickou skupinu obyvatel. Dále je nutno znát přirozené pozadí, zdroje radioaktivity z posuzované aktivity a případně další zdroje ionizujícího záření v regionu a jejich významnost. Různé plochy vykazují různé vlastnosti – je proto nutno sestavit pro radon a gama záření katalog zdrojů, provést rozptylové studie radonu a prověřit všechny cesty úvazku efektivní dávky v současném stavu, při průběhu sanace a v očekávaném stavu. Problematika je značně složitá a je nutné, aby tuto analýzu prováděli specialisté.

Obdobnou problematikou je odstínění ionizujícího záření při sanaci. Zásady radiační ochrany mohou významným způsobem ovlivnit konstrukci izolačního a krycího prvku při sanaci odkališť.

Problematika sanace po hornické činnosti, resp. zahlazování následků hornické činnosti je velmi komplikovaná a navíc zcela specifická případ od případu. Při veřejném projednávání posudku na dokumentaci jsou výhrady především:

- k dopravě, která ve většině případů vede přes obec;
- k hydrologickým změnám;
- ke zdravotním rizikům radioaktivity;
- k synergickým vlivům.

2.4.3. Projevy důlní a úpravenské činnosti

Tomášek a Lundáková (1998) rozdělují projevy důlní a úpravenské činnosti do dvou okruhů a to následovně:

Primární projevy:

- haldy, odvaly, výsypky;
- zbylá vytěžená nezpracovaná ruda;
- odkaliště;
- opuštěné nebo využívané důlní areály;
- vlečky;
- areály úpraven;
- jámy a komíny z důlní nebo průzkumnické činnosti;
- dekontaminační stanice důlních nebo jiných vod s hornickou činností souvisejících;
- areály pomocných provozů;
- poddolovaná území a propadová jáma;
- vrty a štolky z průzkumné činnosti.

Sekundární projevy:

- kontaminace podzemních a povrchových vod;
- prašnost – emise se zvýšeným obsahem radionuklidů;
- kontaminace říčních sedimentů;
- kontaminace půd v okolí areálů;
- kontaminace dopravních tras rudy;
- vliv na potravinový řetězec aj.

2.4.4. Areály úpraven

Jonáš (1986) popisuje proces úpraven, při kterém se ruda získaná povrchovou nebo podpovrchovou těžbou v úpravně rudy rozemele a louží. Úpravna rudy je speciální chemická továrna, která se nachází většinou v blízkosti důlních děl, za účelem získání uranu z rudy. Ve většině případů přichází v úvahu jako loužící roztok kyselina sírová, používá se ale i alkalické loužení. Protože loužící roztok rozpustí z rudy nejen uran, ale i ostatní složky jako molybden, vanad, selen, železo, olovo a arzén, musí být uran ze získaného roztoku oddělen ionexovými výměníky. Konečným produktem úpravy rudy je tzv. žlutý koláč (Yellow Cake - U_3O_8 s nečistotami), který se plní do sudů a odesílá se pro výrobu jaderného paliva.

Během provozu představuje úpravna rudy problém hlavně kvůli kontaminované prašnosti. Při likvidaci úpravny vznikají velká množství radioaktivně zamořeného šrotu, která se musejí bezpečně skládkovat.

Podle Tomáška a Lundákové (1998) se v převážné většině případů jedná o objekty, které sloužily svému účelu po desítky let s různými přestavbami podle vývoje technologie zpracování rud. Kontaminace objektů a půd je poplatná použité technologii a doprovodných procesů. Jedná se obvykle o jednoúčelové objekty, jejichž další využití bez náročné rekonstrukce je obvykle velmi problematické. Součástí úpraven jsou rudná depa, drtírny, mlýnice, zahušťovače a vlastní technologie úpravy. Úpravny pracují v přímé vazbě na odkaliště s repeticí odkalištní vody do technologie. V případě uranových úpraven jsou úpravny i významným zdrojem ionizujícího záření. Vzhledem k tomu, že úpravny mají dostatečné technologické zázemí, lze je v některých případech využívat na náhradní výroby s technologií příbuzného charakteru. Každá úpravna má svoje specifika a způsob zahlazení následků hornické činnosti lze podat jen velmi obecně:

- ponechání stávajícího stavu včetně možného využití náhradní výroby (v případě, že nebyla zjištěna kontaminace ovlivňující významně složky životního prostředí);
- odstranění kontaminace areálu úpravny včetně rekonstrukce inženýrských sítí a další využití areálu např. pro čištění odkalištních anebo důlních vod nebo pro náhradní výroby;
- úplná likvidace za současného odstranění kontaminace s převodem pozemku na průmyslově využitelnou plochu nebo pro zemědělské využití.

2.4.5. Odkaliště

Pokorný, Filip a Láznička (2001) definují pojem odkaliště jako přírodní nebo uměle vytvořený prostor na zemském povrchu, který slouží pro trvalé nebo občasné uskladnění převážně hydraulicky ukládaného kalu. Kal je vodní suspenze jemných částic, a proto má tekutou konzistenci. Je to proto, že se kal dopravuje na úložiště hydraulickým způsobem, tj. naplavováním nebo-li tzv. mokřým způsobem.

Z hlediska umístění se rozlišují:

- odkaliště údolní;

- odkaliště rovinné s hrázemi po celém obvodu;
- odkaliště svahová.

Z hlediska druhu skladovaného materiálu:

- sedimenty z úpraven nerostných surovin;
- sedimenty ze spalování tuhého paliva;
- sedimenty z chemických provozů.

Tomášek a Lundáková (1998) navíc doplňují rozdělení odkališť podle dalších relevantních kritérií:

Z hlediska zrnitosti skladovaného materiálu:

- největší zrnitost mají rmuty (rozemletá rudnina) z úpraven využívajících gravitační pochody (těžké suspenze, gravitační stoly, spirály apod.);
- střední zrnitost mají rmuty z ostatních fyzikálně chemických postupů úpravy, kam lze řadit především flotaci;
- nejmenší zrnitost mají rmuty z chemických (hydrometalurgických) postupů úpravy rudy.

Z hlediska činnosti odkaliště:

- činné;
- nečinné;
- sanované.

Důležitým faktorem je dle Tomáška a Lundákové (1998) kvalita odkalištní vody, resp. průsakové vody odkališť ve vztahu k ochraně povrchových a podzemních vod. V mnoha případech je nutno průsakové vody čistit. V tom případě je nanejvýš nutné odkaliště sanovat, resp. opatřit jej nepropustným povrchem, aby množství průsakových vod bylo co nejmenší. Před položením izolačního prvku je potřeba odkaliště vytvarovat pomocí sanačních materiálů tak, aby byl umožněn povrchový odtok. Izolační prvek je tvořen buď fólií, minerálním těsněním (minerální těsnění se buď používá hutněné ze sprašového materiálu nebo z bentonitových rohoží) nebo jiným materiálem se sníženou propustností. Musí však v každém případě zajišťovat dostatečnou ochranu izolačního prvku a v případě odkališť po úpravě uranu i dostatečnou radiační ochranu.

Sanace odkališť je jedním z nejobtížnějších problémů sanace v hornictví, je časově velmi náročná a navíc je i značně náročná na objemy dopravovaných materiálů. Z toho vyplývá i značná finanční náročnost.

Důležitým faktorem při volbě sanace odkaliště je jeho vlastní konstrukce – zemní hráze propustné, polopropustné, nepropustné, těsnění hrází, těsnění podloží, způsob odvádění odkalištních vod – kolektory, drenážní systém apod., kopcový typ odkaliště, údolní atd.

Nejpodstatnějším úkolem při sanaci odkališť je postupně se zbavit volné vody v odkališti. To lze řešit zvýšením kapacity čištění odkalištních vod nebo začerpáním do vod důlních, když taková možnost je (pokud jsou důlní vody čištěny a pokud nedojde tímto k ohrožení složek životního prostředí).

Doprava materiálů na sanace odkališť se pohybuje v milionech m³. Pokud zároveň dochází k likvidaci důlních areálů, lze pro vytváření odkaliště (pod těsnicí prvek) použít materiálu z demolic, z nezrekultivovaných odvalů apod. Pokud toto zázemí není, je velmi obtížné získat potřebné množství materiálů. Používají se pak různé odpady vhodných vlastností po případné úpravě. Zdroje těchto vhodných materiálů jsou značně omezené a i to může v mnoha případech brzdit tempo sanace.

Pokud průsakové vody odkaliště nejsou kontaminovány tak, aby významně ohrožovaly povrchové a podzemní vody, přistupuje se k jednoduché rekultivaci, která spočívá ve většině případů pouze v jednoduchých terénních pracích a provedení biologické rekultivace. Často se však zapomíná na konzultaci s příslušným orgánem ochrany přírody a to jak z hlediska vhodné volby rostlin a dřevin, tak konečného začlenění do krajiny.

Odkaliště jako taková jsou dle zákona 138/73 Sb. vodohospodářská díla. Technicko-bezpečnostní dozor nad nimi zajišťuje příslušný vodohospodářský orgán. U vodohospodářských děl I. - III. kategorie zajišťuje odborný technicko-bezpečnostní dohled organizace pověřená MŽP: Vodní díla – technicko-bezpečnostní dohled a. s. Praha. U vodohospodářských děl IV. kategorie zajišťuje odborný technicko-bezpečnostní dohled příslušný okresní úřad.

Součástí provozování odkaliště je totiž mimo jiné i sledování stability hrázového systému a dodržování maximální přípustné hladiny vody v odkališti. Po provedené sanaci odkaliště nepřestává být vodohospodářským dílem. I nadále je tedy zajišťován dozor i dohled, i když není vyloučeno zařazení odkaliště do nižší kategorie vodohospodářských děl.

Podle horního zákona 44/88 Sb. ve znění pozdějších změn a doplňků je odkaliště zároveň ložisko. V případě uranových odkališť se podle atomového zákona 18/97 Sb. jedná o velmi významný zdroj ionizujícího záření.

Sanované odkaliště představuje trvalé věčné břemeno s dočasnou nebo trvalou stavební uzávěrou.

Vlastní odkaliště dle Pokorného, Filipa a Lázničky (2001) tvoří:

- hrázový systém – soustava základní hráze a zvyšování hrází;
- pláž odkaliště – plocha naplaveného sedimentu nad hladinou odkaliště;
- odběrná zařízení – objekty sloužící k odebrání a odvedení odsazené a srážkové vody z vnitřního povodí odkaliště;
- odvodňovací a drenážní systém – zachycuje průsak odkaliště a zajišťuje stabilitu hráze i celého tělesa odkaliště;
- zařízení pro naplavování sedimentu – kalovody;
- záchytné příkopy vnější vody;
- opatření proti prašnosti;
- zařízení pro měření a pozorování.

Dle Hrubé (1997) rmut hydraulicky ukládaný plavením z obvodu vytváří v odkališti směrem k místu odběru sedimentované transportní vody tři pásma charakterizovaná odlišnými geomechanickými vlastnostmi.

Obvodové pásmo je pásmo, které bylo v celé době provozu naplavováno přerodem kalu nad úrovní vody v sedimentačním prostoru odkaliště. Jsou zde uloženy hrubší frakce rmutu. Podíl jemných frakcí a neutralizačních kalů je v důsledku unášecí síly proudu transportní vody silně snížen. Dochází zde k hydraulickému přetřídění. Obvod je tedy únosnější, úhel vnitřního tření materiálu je vyšší, materiál z tohoto pásma je propustnější a tedy odvodnitelný do

obvodových drenáží. Tyto vlastnosti ve svém souhrnu vytvářejí předpoklad stability tělesa odkaliště.

Přechodové pásmo navazuje na obvodové pásmo. Jeho šířka je dána kolísáním hladiny v sedimentačním prostoru odkaliště (srážková činnost, technologické důvody). Při nižší hladině vody v sedimentačním prostoru se pláže prodlužují směrem do odkaliště, pod sklonem úhlu naplavování. Při zvýšení vodní hladiny (přiblížení k obvodu) se pláž zkracuje. Důsledkem je vznik plochy, ve které se střídají vrstvy hrubších písčitých podílů usazených nad vodní hladinou a jemných, málo propustných vrstev, usazených pod hladinou sedimentačního prostoru. Sklon vrstevnatosti tohoto pásma je pod úhlem naplavování pláží ke středu odkaliště. Povrch tohoto pásma je jen nepatrně únosný. Materiál ukládaný hrnutím do tohoto prostoru se propadá až do vytvoření rovnováhy mezi zatížením cizím materiálem a vztlakovými silami uloženého kalu. Vrstevnatá struktura ukloněná ke středu odkaliště ztěžuje odvodnění tohoto pásma do vnějšího propustného pláště odkaliště.

Střední pásmo odkaliště obsahuje podíly jemných frakcí rmutu a neutralizační kaly (ve formě vloček). Tyto kaly jsou v procesu hydraulického ukládání na odkaliště unášeny po povrchu pláží a jsou ukládány pod vodou v sedimentačním prostoru odkaliště. Tímto procesem vzniká u odkališť hydrometalurgických úpraven thyxotropní jádro o filtračních koeficientech $k_f=10^{-8}$ - 10^{-11} m/sec. Při filtračním koeficientu $k_f=1.10^{-8}$ m/sec je zdánlivá filtrační rychlost 0,864 mm za den. Kaly uložené ve středním pásmu odkaliště jsou prakticky neodvodnitelné a zůstávají trvale neúnosné.

Cíle rekultivací odkališť jsou dle Novotného (1993) následující:

- vytvořit technické bariéry omezující hmotnostní aktivitu ^{226}Ra na povrchu odkaliště a odclonění záření;
- vyloučit prašnost povrchu odkališť a tím zabránit šíření radioaktivního prachu do okolí;
- zabránit vstupu transportního média kontaminace (srážkové vody) do tělesa odkaliště;
- snížit plošnou radonovou výdajnost povrchu odkaliště;
- omezit vstup výluhových odkalištních vod do podzemních vod;
- zabezpečit dlouhodobou stabilitu tělesa odkaliště včetně jeho začlenění do okolní krajiny.

Postup prací pro dosažení cílů rekultivace:

- přijmout a realizovat variantu postupného chemického čištění nadbilančních vod;
- roční kapacitu čistících stanic stanovit v souladu s postupem sanačních prací na tělesech odkališť;
- zohlednit skutečnost, že po zastavení produkce kalů (uzavření provozu úpravný) se nárůst objemu volné vody v odkališti radikálně zvýší;
- ve středním a v části přechodového pásma odkaliště vytvořit pevnou strukturu ze zrnitých odpadů nízkých objemových hmotností, případně jiných materiálů více směrně armovaných pro zachycení horizontálních tahových sil – materiál do těchto neúnosných ploch odkališť lze dopravovat hnutím z meziskládky, umístěné na únosném obvodu odkaliště (je provozováno na odkališti ve Stráži, patentově chráněným postupem provádí v Mydlovarech firma REKKA). Povrch plochy kalu pod nahrnovaným materiálem je v předstihu zpevňován sypaním vrstvy cca 0,3 – 0,5 m mechanickými prostředky z již únosného obvodu, případně předplavením koncentrovanou hydrosměsí popílků. U odkališť dosud provozovaných úpraven lze hydraulickou dopravou rmutu z potrubí na pontonech zpevnit povrch kalu středu odkaliště (zkoušeno na odkališti Dolní Rožínka). Je také možné postupně prodlužovat plavící potrubí z obvodu do středu odkaliště (použito při zaplňování povrchového uhelného dolu popílkovou suspenzí v Tatabaně – Maďarsko);
- nad celou plochou sedimentačního prostoru vytvořit krycí prvek z výše uvedených materiálů, který bude mít střešovitý tvar, případně V tvar – tyto tvary eliminují důsledky následného sedání a zamezují dodatečnému vzniku vsakovacích vodních ploch a umožňují odvedení srážkových vod mimo těleso odkaliště;
- vyrovnaný povrch krycích a sanačních zemin umožňuje položit těsnicí prvek, drenážní vrstvu pro odvedení srážkových vod a krycí vrstvu biologicky oživitelných zemin – i v případě, že by nebyl vybudován těsnicí prvek povrchu, lze pouze zřízením vhodného rostlinného pokryvu zvýšit evapotranspiraci a podstatně snížit dotaci tělesa odkaliště srážkovou vodou;
- v průběhu zemních prací provádět průběžné sledování kontrolních měřících zařízení odkaliště a trvale provozovat monitoring okolního životního prostředí. Na základě tohoto vyhodnocení údajů monitoringu, pak rozhodnout o ukončení sanačních prací nebo o jejich doplnění a dalším pokračování.

2.4.6. Půdy v okolí důlních a úpravenských areálů

Tomášek a Lundáková (1998) popisuje kontaminaci půdy v okolí jako kontaminaci způsobenou prašností, dočasným uložením rudy mimo vlastní areál, nedokonale provedenou sanací opuštěných objektů v dřívějších letech, použitím nebilanční rubaniny na terénní úpravy včetně komunikací. Dodatečné sanační zásahy jsou značně komplikované i z hlediska vlastnických vztahů.

2.4.7. Dopravní trasy rudy

Podle Tomáška a Lundákové (1998) se jedná o okolí komunikací od šachty na místo zpracování, nebo od šachty na vlečku nebo překladiště a od vlečky na místo zpracování. V úvahu rovněž přichází odtěžba a přeprava materiálu hald, odvalů a výsypek. Zdrojem případné kontaminace je především prašnost a úsypy z volně ložených materiálů na korbě aut. Případná kontaminace je ve většině případů lokalizována do úzkého pruhu podél komunikace a převážně se jedná o povrchovou kontaminaci.

2.5. MAPE a jeho rekultivace

2.5.1. Působnost MAPE

Kysela (2000) popisuje historii oblasti od roku 1962, kdy začala v Mydlovarech v rámci Československého uranového průmyslu pracovat Chemická úpravna uranové rudy MAPE. Na úpravně se zpracovávala vytěžená tuzemská uranová ruda spolu s určitým podílem ze slovenských nalezišť. Svoji činnost ukončil závod v roce 1991. Zhruba za třicet let svojí činnosti zpracovalo MAPE přibližně 17 milionů tun uranové rudy. Vedle uranového produktu vznikalo i poměrně velké množství zvodnělých pevných odpadů, které se postupně ukládaly na odkaliště. Hrubým odhadem bylo na odkaliště uloženo okolo 36 milionů tun zvodnělých kalů. Tyto kaly byly postupně ukládány do devíti kalojemů rozkládajících se na ploše 260 hektarů. V roce 1989 bylo rozhodnu o jejich rekultivaci.

2.5.2. Časová osa historie a průběhu rekultivací

Lusk a Veselý (2002) uveřejnili podrobnou časovou osu historických událostí a průběhu rekultivačních prací zájmové lokality MAPE Mydlovary:

- 1905 – 1917 Živnostenská banka zakládá Jihočeskou důlní společnost pro těžbu lignitu nedaleko křižovatky Zahájí – Mydlovary – Zliv.
- 1921 Vlastníkem dolů se stávají Jihočeské elektrárny. Zásoby odhadnuty na 100 let. Těžba realizována podél silnice Zahájí – Mydlovary.
- 1945 Důl Svatopluk přechází do správy Západočeských uhelných dolů v Plzni.
- 1949 Samostatné Jihočeské lignitové závody, n. p. v Mydlovarech.
- 1959 Výstavba chemické úpravny uranového průmyslu v Mydlovarech.
- 1960 Vzniká samostatná investorská organizace MAPE (MAGnezium PERchlorát).
- 1962 Ukončená výstavba CHÚ a zahájen provoz.
- 1962 – 1984 Plaveno odkaliště KI. Celkový objem kalů 5551 tis. m³. Alkalické i kyselé loužení.
- 1959 – 1962 I. etapa – zpracovatelská kapacita 300 000 t za rok.
- 1962 – 1964 II. etapa – zpracovatelská kapacita 450 000 t za rok.
- 1967 – 1981 Plaveno odkaliště KII. Celkový objem kalů 10 342 tis. m³. Kyselé loužení.
- 1980 – 1985 Plaveno odkaliště KIII. Celkový objem kalů 4 354 tis. m³. Kyselé loužení.
- 1984 – 1991 Plaveno odkaliště KIV/R. Celkový objem kalů 10 342 tis. m³. Alkalické loužení.
- 1985 – 1988 Plaveno odkaliště KIV/C2. Celkový objem kalů 1 708 tis. m³. Kyselé loužení.
- 1984 – 1991 Plaveno odkaliště KIV/D. Celkový objem kalů 661 tis. m³. Kyselé loužení.
- 1984 – 1991 Plaveno odkaliště KIV/C1Z. Celkový objem kalů 403 tis. m³. Kyselé loužení.
- 1989 – 1993 Rekultivace odkaliště KIII – 1. etapa.
- 1989 – 1992 Rekultivace odkaliště KI – 1. etapa.
- 1991 Ukončeno zpracovávání uranových rud.
- 1991 – 1995 Rekultivace odkaliště KIV/E – 1. etapa.
- 1991 – 1995 Rekultivace odkaliště KIV/D – 1. etapa
- 1993 Rekultivace odkaliště KI – 2. etapa.
- 1993 – 1994 Rekultivace odkaliště KI – 3. etapa. Pata svahu
- 1994 Rekultivace koridoru. Rekultivace odkaliště KIII – 2. etapa.
- 1995 Rekultivace odkaliště KIV/E – 2. etapa.
- 1995 – 1996 Rekultivace KI – 3. etapa.
- 1997 Rekultivace odkaliště KI – 4. etapa.
- 1998 – 1999 Rekultivace odkaliště KIII – 3. etapa.
- 1999 Technická opatření k zakrytí odkaliště KIII.

2.5.3. Technická rekultivace na odkališti KIII – Olešník

Hrdina a Prášek (2001) popisují pojem technické rekultivace jako stavební činnosti na odkališti vedoucí k jeho zakrytí, požadovanému uspořádání výškového profilu a případnému odizolování od okolí. Základní myšlenkou jak řešit zakrytí odkaliště bylo vytvořit lehký, avšak dostatečně pevný příkrov zakotvený na obvodu odkaliště a volně „plovoucí“ ve středové oblasti na vodní hladině laguny. Technický materiál vyhovující takovýmto nárokům byl nalezen v tzv. stabilizátech vyrobených z popílku a škváry ze spalování uhlí za přídavku produktů z odsiřování spalin, především při aplikaci tzv. polosuché technologie. Další vhodnou surovinou je aditivovaný popílek z fluidních ohnišť, vznikající při injektáži mletého vápence do fluidizované vrstvy spalovaného uhlí.

V případě výroby stabilizátu jen z popílků, strusky a škváry jde o technologii, kde se spojuje anorganická matrice s anorganickým polutantem za pomoci záměsové vody (pucolánové pojivo). Při přípravě a zrání směsi dochází k fyzikálně-chemické stabilizaci. Výsledný stabilizát po vyzrání za 1 – 2 měsíce sice příliš netuhne, ale obsahy kontaminantů ve vodném výluhu z něho jsou nesrovnatelně nižší než v původních suchých odpadech.

Důležitou vlastností popílkových stabilizátů je jejich nízká objemová hmotnost (v suchém stavu pod $1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$), která je předurčuje k využití tam, kde povrch skládky je zvodnělý, bahnitý, obecně nedostatečně únosný a kde použití těžkých zemitých materiálů selhává. Výhodou při výrobě stabilizátů je možnost použít jako záměsové vody i různé odpadní vody obsahující rozpuštěné soli (např. sírany), přičemž dochází k nevratné sorpci solí do stabilizátu.

Podle potřeby lze stabilizáty (solidifikáty) využít při technické rekultivaci jako výplňový materiál nebo těsnicí materiál. Při výrobě výplňového materiálu lze vedle popílku využít i hrubší podrcenou škváru, vzájemné poměry obou surovin určuje technolog. Do výplňového materiálu lze s výhodou přimísit též hlušinu, hutní a slévárenskou suť a podobné materiály a tak získat produkty s vhodnými pevnostními a přetvárnými charakteristikami, umožňujícími urychlenou konečnou rekultivaci, aniž by bylo nutno vyčkávat i řadu let na sesednutí vrstvy.

S popílkovými materiály se při sanacích skládek pracuje již řadu let, během kterých bylo provedeno množství nejrůznějších geotechnických analýz a zkoušek. Je zde však nutno upozornit na potřebu častějšího monitoringu, jehož výsledky jsou využívány ke zpětným

výpočetním analýzám. Těmi jsou ověřována vstupní data a výsledky následného výpočetního modelování inženýrskými metodami nebo metodou konečných prvků (MKP) pak umožňují spolehlivou prognózu odezvy skládkové hmoty na zatížení sanačními vrstvami.

Za průkaz vhodnosti použití popílkových stabilizátů k sanaci odkališť vyplněných kašovými až velmi měkkými odpady může sloužit odkaliště KIII – Olešník, kde jsou tyto materiály běžně ukládány mechanizovaným způsobem bez jakýchkoliv potíží.

Při vytváření výplňové vrstvy je nutno sledovat především chování jejího okraje ve směru k dosud nezakryté části skládky. V případě uranového odkaliště je povrch rmutu většinou kryt vrstvou vody a ta negativně ovlivňuje stabilitu svahu vrstvy a její únosnost z hlediska bezpečného přenesení všech zatížení (hmotnost vrstvy, dopravní a stavební mechanismy). Je proto důležité geodeticky monitorovat pohyby jak povrchu podloží, tak i jednotlivých úrovní sanačního pokryvu. Za tím účelem jsou osazovány měřické body nejrůznější konstrukce a pravidelným geodetickým měřením jsou určovány pohyby prostředí ve sledovaných místech. Výsledky měření jsou zohledňovány při upřesňování technologického postupu sanace. V důležitých případech je monitorováno i podloží sanační vrstvy pomocí hloubkových značek sedání (sledování vertikálního pohybu měřického bodu) a inklinometrů (sledování prostorového pohybu prostředí).

Popílkové materiály jsou vhodně používány i k vytváření těsnicí vrstvy a vhodným zastoupením složek směsi lze dosáhnout požadované nepropustnosti vytvářené vrstvy, která se zjišťuje odběrem neporušených vzorků a jejich laboratorní zkouškou propustnosti.

Pro spolehlivou funkci těsnicí vrstvy je důležité omezit na nejnižší míru vertikální pohyby podložních vrstev. To znamená, že těsnicí vrstva je ukládána stavebním způsobem (se zhutněním) až po doznění všech významnějších svislých pohybů jejího podloží. I v tomto případě jsou využívány výsledky geodetického monitoringu a výpočetního modelování (prognóza chování na základě závěrů zpětných výpočetních analýz).

2.5.4. Biologická rekultivace na odkališti KIII – Olešník

K 31.12. 2000 byla na odkališti K III - Olešník provedena komplexní rekultivace včetně ozelenění (zatravnění) na ploše cca 5 ha. Největším problémem při zakládání travních porostů

jako prvotního opatření k omezení vodní i větrné eroze se ukázala negativní vodní bilance v půdě. S ohledem na několikametrové vrstvy výplňového materiálu konstruovaného z popílkových stabilizátů a konfiguraci zrekultivované plochy (bočníkovitá vyvýšenina nad přirozeným terénem) je nedostatečný nebo zcela přerušovaný kapilární zdvih podzemní vody a rostliny jsou odkázány pouze na srážkovou vodu. Jestliže je však roční úhrn srážek v dané lokalitě hluboce pod dlouhodobým průměrem, jako tomu bylo v posledních třech letech, pak provedení závěrečné biologické rekultivace je bez umělého zavlažování nebo dalších technických opatření velmi nejisté. Plochy skládek a odkališť zrekultivované výše uvedeným způsobem jsou z hlediska vegetačního extrémně suchá stanoviště. Proto firma REKKA s. r. o. testuje různé složení travních směsí, kde je hlavní důraz kladen na snášenlivost trav k letním přísuškům.

Dalším problémem je konkurence plevelů, jejichž diaspory jsou vnášeny na plochu při používání Rekosolu. Likvidace plevelů a podpoření konkurence trav a ostatních žádoucích rostlin je však poměrně jednoduše a levně (vzhledem k celkovým nákladům na rekultivaci) řešena použitím vhodného herbicidu.

Z pohledu hygienického je nutné zrekultivovaná území začlenit do kultury ostatních ploch, aby bylo vyloučeno přímé hospodářské využití a tím minimalizováno nebezpečí znečištění potravního řetězce kontaminujícími látkami. Dle aktuálního stavu v krajině je snaha zapojit danou lokalitu po dohodě s vlastníky pozemků a orgány místní samosprávy a státní správy do místního systému ekologické stability a navrátit tak území přírodě.

2.5.5. Prognóza rekultivací na odkališti KIII – Olešník

Původní projekt společnosti REKKA na rekultivaci odkaliště KIII – Olešník vycházel z předpokladu získání po 130 tis. t popílku a škváry ročně v období 1998 – 2003, což by postačovalo k dokončení kompletní technické rekultivace na odkališti v roce 2003.

Avšak již v roce 1998 určité ekonomické signály naznačovaly, že s dodávkou popílku a škváry od producentů v přímé vzdálenosti okruhu do 100 km od místa sanace (jihočeský region) je nutno uvažovat jen s určitým rizikem, neboť produkce a dodávky popílku, jako nenahraditelné suroviny k výrobě stabilizátu, reflektují nové podmínky, které původně nebyly zvažovány. Jedná se o následující faktory:

- ekonomické možnosti investora neumožňují využít celý potenciál produkce vhodných materiálů;
- producenti jsou nuceni část vyprodukovaného popílku (a škváry) rezervovat pro vlastní rekultivační účely (sanace vlastních skládek odpadů, tj. škváry a popílku);
- producentům se jeví ekonomicky výhodnější dodávat popílek výrobcům betonu nebo cihlářského zboží (pokud popílek těmto výrobcům vyhovuje);
- sama absolutní produkce popílku a škváry se snižuje v důsledku přechodu na uhlí s vyšší výhřevností a tedy s nižším obsahem popela, čímž se zvětšuje dopravní vzdálenost pro získání potřebného množství materiálu od potenciálních producentů;
- existuje možnost po dohodě s dodavatelem uhlí, vracet popílek (škváru) zpět do dolů.

Jestliže původně bylo možno teoreticky od producentů (tepláren, výtopen) očekávat dodávku až 294 kt odpadů/rok (a reálná dodávka byla 130 kt/rok), dnes se reálná hodnota pohybuje jen okolo 70 kt odpadů/rok a nelze očekávat, že by v budoucnosti došlo k radikální změně ve prospěch výroby stabilizátů.

Pokud by bylo cílem udržet tempo rekultivačních prací (a to jen na jediném odkališti KIII – Olešník) na původně předpokládaném konečném cíli rekultivace, pak bude nezbytné hledat zdroje popílku nad rámec jihočeského regionu, při čemž nelze neuvážovat i dovoz surovin (popílku, produktu z odsíření spalin) ze zahraničí. V tomto případě bude ovšem nutno zvážit uzavření dlouhodobých smluv o odběru, vystavení záruk, krytí podstatně zvýšených přepravních nákladů, což vše přesahuje možnosti společnosti REKKA s. r. o. jako garanta úspěšné realizace rekultivačních prací na odkališti KIII – Olešník. Bude zde záležet na podpoře řešení rekultivace starých ekologických zátěží ze strany ministerstva životního prostředí a zájmu vyřešit stávající problém v přijatelném časovém období. V neposlední řadě je třeba zdůraznit, že pokud se zde jedná o odkaliště KIII – Olešník, pak se jedná pouze o dílčí problém mydlovarských odkališť, což jen zvyšuje naléhavost komplexního řešení stávajícího regionálního ekologického problému jižních Čech.

Sanační práce na odkališti KIII – Olešník zahájila společnost REKKA v listopadu 1994. Rekultivační práce byly realizovány podle plánu schváleného zadavatelem DIAMO s. p. Vlastní rekultivace vychází z principu vytvoření zakotvené plovoucí desky izolující

thixotropní kal od okolního prostředí. Výsledky docílené v minulém období šesti let jsou povzbudivé a snesou kritické zhodnocení jak ze strany zadavatele, tak z míst kontrolních orgánů státní správy a nezávislých odborných organizací.

3. Metodika

Objekt zkoumání

Objektem zkoumání pro účely této diplomové práce je lokalita MAPE Mydlovary nacházející se v jižních Čechách poblíž obcí Hluboká nad Vltavou a Zliv. V důsledku činnosti chemické úpravní uranových rud zde vznikala v průběhu druhé poloviny minulého století soustava odkališť, kam se plavením ukládal zvodnělý rmut jako odpad z alkalické a kyselá linky chemické úpravní. Od roku 1993 zde probíhá soustavný monitoring prostředí prováděný státním podnikem DIAMO.

Hlavní cíl

Hlavním cílem této diplomové práce je zkoumání a vyhodnocení vývoje zatížení lokality MAPE Mydlovary v důsledku činnosti chemické úpravní uranových rud a následných rekultivací odkališť po jejím odstavení. Dosažení tohoto cíle je podmíněno analýzou monitoringových výstupů za delší časové období, která poskytne přehled o účinnosti realizovaných rekultivací a může být podkladem pro další rozhodovací procesy do budoucna.

Dílčí cíle

Dílčími cíli, pomocí nichž bude dosaženo cíle hlavního, je získání výsledků biomonitoringu dřevin ze zájmové lokality za delší časový úsek. Dále je nutno provést analýzu vývoje obsahu těžkých kovů a zjištění trendu, zajistit a analyzovat výsledky ekvivalentních dřevin z krajinného pozadí a porovnat je s výsledky zatížené lokality. Stanovení těchto dílčích cílů je nezbytné pro splnění cíle hlavního.

Použité metody a postup práce

Východiskem k pochopení problematiky bylo studium odborné literatury zaměřené na dané téma. Z literatury taky byly získány základní i podrobné informace nezbytné k vypracování praktické části této práce.

Dalším krokem bylo získání konkrétních informací o zájmové lokalitě a výsledků monitoringu životního prostředí. Tyto výsledky byly zpracovány do tabulkového procesoru, roztříděny podle potřebných kritérií a byly vyhotoveny grafické výstupy znázorňující vývoj množství těžkých kovů v dřevinách v delším časovém horizontu. Na základě těchto výstupů byla zhodnocena úspěšnost provedených rekultivací na sledované lokalitě.

Zdroje informací

Hlavním zdrojem informací nezbytných k vypracování této práce byla odborná literatura a periodika zaměřené na problematiku odpadů, zatížení krajiny lidskou činností a rekultivace. Skutečnosti a data uvedené v praktické části práce vycházejí z materiálů poskytnutých státním podnikem DIAMO a také internetových stránek firmy. V neposlední řadě byl významným zdrojem informací řízený rozhovor s pracovníky podniku.

4. Praktická část

4.1. Charakteristika lokality MAPE Mydlovary

4.1.1. Popis oblasti

Zájmová oblast se nachází na SZ okraji Budějovické pánve v okolí obcí Mydlovary a Olešník cca 20 km od krajského města České Budějovice. Od počátku 50. let zde probíhala povrchová těžba lignitu ve třech těžebních polích – na SZ a SV dolem Svatopluk a na JV dolem Václav. Hloubka těžebních porostů výjimečně přesahovala 35 m od přírodního povrchu. Likvidace těžby probíhala v období let 1973 – 1977, kdy byla západní část dolu Svatopluk a pole dolu Václav zaplněna důlní hlušinou a zavázkou přírodního původu.

Rozvoj zpracovatelských kapacit uranové rudy odpovídal mimořádnému rozvoji těžby v druhé polovině 50. let. Před vybudováním vlastních zpracovatelských kapacit byl v bývalém Československu vyvážen nezpracovaný uranový koncentrát.

Do této doby v provozu pouze chemická úpravna Nejdek, která byla o malé kapacitě, a proto bylo v druhé polovina 50. let rozhodnuto o výstavbě velké chemické úpravně. Úpravna byla situována na podkladě posouzení několika návrhů cca 20 km severozápadně od Českých Budějovic, západně od obce Mydlovary.

Argumenty pro volbu umístění byly následující:

- možnost využití prostor po těžbě lignitu pro ukládání vyloužené uranové rudy,
- možnost energetické vazby na elektrárnu v Mydlovarech,
- očekávaná těžba v oblasti jižních Čech (Rudolfovsko),
- snaha o zprůmyslnění Jihočeského kraje (vytvoření pracovních příležitostí),
- možnost vypouštění nadbilančních roztoků potrubním řádem do Vltavy zajišťovalo dostatečné ředění škodlivin povolených v té době vodohospodářskými orgány.

Postupně byla kapacita úpravně rozšířena z 300 000 t/rok na 600 000 t/rok. Celkově bylo zpracováno 16 745 835 t uranové rudy s průměrným obsahem uranu 0,184 %. Bylo vyrobeno celkem 28 525 t uranu v koncentrátu, což znamená, že v odkalištích jsou uloženy vyloužené rudy s obsahem 0,0138 % U, tj. 2 320 t. Ročně se při chemické úpravě uranových rud

spotřebovalo 50 000 t kyseliny sírové, 5 000 t sody, 2 000 t čpavku, 25 000 t vápna, 10 000 t manganové rudy a některé další suroviny (kyselina dusičná, modrá skalice a iontoměničové pryskyřice). Uranové rudy se loužily buď kyselinou sírovou nebo sodou, 3,2 x více uranových rud se zpracovalo kyselou technologií. Produkt diuranát amonný s obsahem uranu cca 65 %, podle barvy též nazývaný žlutý koláč (yellow cake), se vyvážel do bývalého Sovětského svazu k dalšímu zpracování.

Výstavba úpravny byla zahájena v roce 1959. Zpracování uranových rud na závodě bylo zahájeno 1. 10. 1962 a ukončeno 1. 11. 1991. Po ukončení uranové činnosti následovaly náhradní a likvidační práce, které pokračují dodnes.

V současné době jsou pozemky a objekty v lokalitě Mydlovary ve vlastnictví státního podniku DIAMO, odštěpného závodu Správy uranových ložisek Příbram. Přímý výkon správy a zajišťovaných činností provádí vnitřní organizační jednotka Provoz rekultivací a likvidačních prací Mydlovary (PRLP Mydlovary).

4.1.2. Geologické poměry

Oblast odkališť Mydlovary se nachází v území situovaném při severním a severovýchodním okraji Budějovické pánve. Jihočeské pánve vznikly za saxonských pohybů jako odezva na intenzivnější tektonické pohyby v alpskokarpatské zóně. V průběhu saxonského vrásnění došlo k opakovaným poklesům a inverzním pohybům budějovické kotliny spojeným s přerušením sedimentace a následnou erozí uloženin. Nejstarší geologickou výplní sledovaného území jsou metamorfované horniny moldanubického krystalinika. Jedná se o sillimaticko-biotickou pararulu, která je do značné hloubky zvětralá. Nejstarší jednotkou pánevní výplně je svrchnokřídové klikovské souvrství, které je tvořeno nepravidelně se střídajícími vrstvami jílovců, prachovců a pískovců s proměnlivou mocností 50 až 90 m v jižní části popisovaného území.

Terciární sedimenty jsou v popisovaném území zastoupeny zlivským a mydlovarským souvrstvím. Starší zlivské souvrství obsahuje jíly, pískovce a slepence. Mydlovarské souvrství má mocnost 30 až 50 m a střídají se zde písčité a jílovité sedimenty a uhelné vrstvy, které jsou v současné době převážně vytěženy.

Kvartérní pokryv je tvořen sprašemi, písky a štěrkopísky a jeho mocnost nepřesahuje 1 m. Nejvýznamnějšími kvartérními sedimenty studovaného území jsou antropogenní uloženiny pokrývající plochu 4 km². Jsou umístěny jednak ve vytěžených důlních prostorech, jednak v povrchově vybudovaných odkalištích. Převážná část antropogenních sedimentů je tvořena kaly z chemické úpravy SUP Mydlovary, výsypkou vzniklou při těžbě lignitu a popelovinami z teplárny Mydlovary. Relativně nepatrný objem zaujímá tuhý průmyslový a komunální odpad.

4.1.3. Hydrogeologické poměry

V horninách krystalinika jsou podmínky pro tvorbu a oběh podzemní vody nepříznivé. Horniny krystalinika se vzhledem k silnému zvětrávání vyznačují puklinovou i průlinovou propustností. Obě podzemní vody zřídka kdy zasahují do hloubek přes 20 m. Klikovské souvrství obsahuje pískovce o mocnosti 0,5 až 4,5 m, které představují nejvýznamnější zvodně v oblasti.

Hlavním kolektorem mydlovarského souvrství byly lignitové sloje, které měly největší propustnost a artézky napjatou hladinu podzemní vody. Antropogenní zásahy do území se významně podílejí, jak ve změně hydrauliky proudění povrchových a podzemních vod, tak i v jejich chemizmu. Směr proudění podzemní vody je v převážné části zájmového území k JZ a v oblasti soudného potoka se stáčí k JV k drenážní oblasti údolí Vltavy. Rychlost proudění vypočtená na základě zjištěných hydraulických veličin se pohybuje cca 13 m za rok. Nejbližšími významnějšími vodními recipienty jsou rybník Velké Nákří a Soudný potok. Významnějším zdrojem podzemní vody jsou kolektory klikovského souvrství, kde je jímána voda v hloubkách 30 až 110 m. Objekty využívající jejich vodu jsou situovány u Zlivi, severozápadně od rybníka Bezdrev. Zdroje jsou vzdáleny od MAPE víc než 4 km.

4.1.4. Klimatické poměry

Území odkališť se nachází v nadmořské výšce 400 až 420 m. n. m. Klimaticky a teplotně patří zájmové území do oblasti mírně teplé, mírně vlhké s mírným průběhem zimního období. Roční průměrná teplota se pohybuje kolem 7,5°C.

Roční srážky se v dlouhodobém průměru pohybují mezi 410 mm až 780 mm. Maximální množství srážek spadne v červenci (kolem 100 mm), nejméně v únoru (22 mm). Dlouhodobější průměrné srážky v zájmové lokalitě činí 591 mm. Počet dní se sněhovou pokrývkou se pohybuje mezi 26 až 28 dny a nejčastěji se vyskytuje do výšky 5 cm.

Průměrný roční výpar se z volné hladiny odkališť činí přibližně 700 mm.

Z odborného výkladu větrné růžice lze odhadnout, že zhoršené rozptylové podmínky, které souvisí s výskytem slabých větrů do $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, můžeme očekávat s četností 284,37 dní za rok. V dané lokalitě převládají větry západního směru s četností 51,06 dní v roce.

4.1.5. Hydrologická charakteristika

Povrchové vody

Zájmové území patří z hydrologického hlediska do povodí Vltavy. Hlavní podíl na odvodnění území má Soudný potok v jižní části území protékající Blaty. Tento potok představuje spolu s Mydlovarským potokem dvě hlavní části drenážní oblasti. Soudný potok odvádí vodu z odvodňovacích stok, z rybníků a také z tzv. obvodové Stoky Svatopluk, vybudované v době těžby lignitu a sloužící k odklonění vody stékající k těžební jámě. Soudný a Mydlovarský potok mají regulované a dlážděné koryto. Přímo dotčenou vodotečí je i Vltava v profilu Hluboká nad Vltavou, kam jsou potrubím uloženým pod úroveň terénu v délce 9,2 km vypouštěny vyčištěné odkalištní (drenážní) vody.

Podzemní vody

Podzemní vody jsou v okolí odkališť využívány hlavně jako užitkové. Okolní obce jsou vybaveny veřejnou vodovodní sítí. Dynamika a chemické složení podzemních vod je centrem zájmu od počátku důlních prací, a proto byla vytvářena síť monitorovacích vrtů. Na základě průzkumu byly definovány základní typy vod v oblasti odkališť:

- Neovlivněné podzemní vody

Vody, které nejsou ovlivněny antropogenní činností, se vyskytují v zájmové lokalitě v jihozápadní části odkaliště K I a poblíž okrajů jihozápadní hráze odkaliště K III.

- Vody silně ovlivněné těžbou lignitu

Při těžební činnosti byly přemístěny velké objemy nadložních skrývek a současně byla odkryta uhelná sloj, uhelné jíly a některé části lignitového sloje. V důsledku toho docházelo k dlouhodobému kontaktu přítomných pyritizovaných hornin se vzduchem a k oxidačním procesům. Rozpouštěním oxidačních produktů se vytvářela kyselá důlní voda se zvýšeným obsahem SO_4^{-2} a Fe. V takto kyselém prostředí byly pak mobilizovány do roztoku i další kontaminanty ze zbytkových slojí lignitu, případně i z popílku a strusek. Kyselá důlní vody se dokonce dostávají až na povrch a tvoří průsaky až vývěry. Nejrozsáhlejší zamokření zde bylo pozorováno po celou dobu existence odkaliště pod jihozápadní hrází u silnice Olešník – Zahájí. Na terénu i v období bez srážek lze trvalo pozorovat hladinu vody, celá okolní plocha je silně zamokřená. V těsné blízkosti vývěru se objevuje terénní vlna. Příčinou tohoto plošného průsaku kyselých důlních vod je vývoz lignitového sloje k povrchu terénu. Voda je odváděna do stoky Svatopluk.

- Vody ovlivněné činností MAPE

Vlivem částečné propustnosti dna a hrází odkališť dochází v zájmovém území k průniku odkalištních vod do vod podzemních. Zejména oblasti se zbytky uhelného sloje jsou silněji postiženy kontaminací a umožňují transport ve směru proudění vod k jihu až k jihozápadu. Vody postižené průnikem z odkališť charakterizuje mimořádná mineralizace a zvýšený obsah SO_4^{-2} a NH_4^+ a výrazné ovlivnění odkalištní vody je indikováno zvýšenými koncentracemi sodíku.

- Vody směsné

V oblastech poznamenaných bývalou důlní činností, kde byly později založeny i odkaliště chemické úpravny rud, dochází k míšení kyselých důlních vod se silně mineralizovanými vodami odkalištními. Typickým příkladem je oblast jihozápadně od odkaliště K III, kde se vody unikající z odkaliště setkávají se zbytky nevytěžené uhelné sloje a dále ve směru proudění ještě s materiálem vnitřních výsypek bývalého dolu Svatopluk. Vznikají tak vody s nejvyššími hodnotami kontaminace v celém sledovaném území. Tyto vody jsou transportovány dále k jihozápadu a jihu směrem k Soudnému potoku.

4.1.6. Pedologická charakteristika

Na povrchu krystalinika se vyvinuly půdy hnědé nebo slabě oglejené. V částech s pomalým povrchovým odtokem jsou zastoupeny půdy oglejené. V oblasti Mydlovarského rybníka na území Blat vznikla půda označovaná jako „oglejená – antropogenní“.

4.1.7. Odkaliště MAPE

V průběhu činnosti chemické úpravny vznikala soustava odkališť, do kterých se hydraulickým způsobem dopravoval zvodnělý rmut uranové rudy z alkalické a kyselé linky chemické úpravny MAPE Mydlovary. Tento člověkem vytvořený prvek zasahuje do krajiny a výrazně ji ovlivňuje negativním způsobem. Proto je zapotřebí tyto nepřirodní prvky stabilizovat a pomocí rekultivací navracet zpět do přírodního prostředí. Mapa odkališť MAPE Mydlovary je uvedena v příloze. Následující tabulka č. 1 srovnává odkaliště MAPE Mydlovary s dalšími problémovými lokalitami v České republice podle rozlohy, množství kalu a objemu vody.

Tabulka 1 Srovnání velikostí odkališť

Odkaliště	Plocha (ha)	Kal (t)	Voda (m ³)
Příbram Bytíz	46	900 000	550 000
Stráž pod Ralskem	187	14 200 000	4 500 000
Dolní Rožínka	105	11 000 000	900 000
Mydlovary	285	17 500 000	1 400 000
Celkem	623	43 600 000	7 350 000

Zdroj: *DIAMO s. p.*

Tabulka č. 2 již konkrétně uvádí aktuální stav rekultivací na jednotlivých odkalištích lokality MAPE Mydlovary k 1. lednu 2007. Z tabulky je patrný procentuální podíl již provedených rekultivačních opatření vzhledem k celkové ploše určené k sanaci (např. odkaliště KIV/D je již stoprocentně zrekontrolováno).

Tabulka 2 Stav rekultivací k 1. 1. 2007

Odkaliště	Plocha (ha) určená k sanaci	Plocha (ha) pokrytá	Podíl (%) pokryté plochy
KI	26,1	16,3	62,4
KIII	32,8	29,2	89,0
KIV/D	31,0	31,0	100,0
KIV/E	37,7	29,5	31,0
KIV/C2	27,9	0,4	1,4
Celkem	155,5	106,4	68,4

Zdroj: DIAMO s. p.

4.2. Monitoring lokality

4.2.1. Monitoring lokality MAPE Mydlovary

Zákon číslo 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a zákon číslo 18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) ukládají, i když nepřímo, povinnost monitorovat vliv na okolí vztahující se na systém odkališť bývalé chemické úpravní a informovat dotčené orgány o výsledcích monitoringu. Zákony už však nestanovují jakým způsobem má monitoring probíhat. Monitoring prováděný státním podnikem DIAMO probíhá již od roku 1993 a je rozdělen do pěti oblastí zkoumání.

První oblastí je monitoring vod. Podzemní voda je monitorována v 54 vrtech a jedné studni, nejvíce znečištěnou oblastí je oblast jižně od odkaliště KIII a na ni navazující oblast jižně a jihozápadně od odkaliště bývalé elektrárny Mydlovary (odkaliště Triangl). Povrchové vody jsou monitorovány v blízkých vodotečích (Soudný potok, stoka Svatopluk, Mydlovarský rybník). Znečištění podzemních vod souvisí s pozůstatky těžby lignitu, odkališti MAPE i odkalištěm Triangl, které využívala mydlovarská elektrárna na uložení popelovin.

Druhou oblast představuje monitoring ovzduší (prašný spad). Prašný spad je zjišťován v síti 25 měřicích míst (stojanů) rozmístěných na okrajích pásem hygienické ochrany a v obcích.

Třetí oblast zahrnuje monitoring radiační zátěže. Monitoring radiační zátěže v blízkém okolí sleduje měření okamžitých hodnot ekvivalentní objemové aktivity radonu v síti 30 měřících bodů, dlouhodobé aktivity alfa polévatého prachu v síti 24 měřících bodů a dávkového příkonu gama záření v síti 25 měřících bodů. V blízkých obcích (Mydlovary, Zahájí, Olešník, Zbudov, Česká Lhota) jsou instalovány přístroje ALGADE a TLD pro zjišťování průměrných měsíčních hodnot výše uvedených veličin radiační zátěže obyvatelstva.

Další oblastí je monitoring pracoviště. Monitorují se práce při sanaci odkališť a pracoviště likvidace odkalištních vod.

Poslední oblastí je monitoring biosféry (biomonitoring). Z vnitřní plochy odkališť a jejich ochranného pásma jsou odebírány vzorky zemědělských plodin, bylin, travních porostů a dřevin (cca 70 vzorků), sleduje i obsah radionuklidů v živočišném materiálu.

Výsledky monitoringu jsou pravidelně vyhodnocovány a roční souhrnná zpráva je předkládána orgánům státní správy, samosprávě v okolních obcích i ekologickým iniciativám.

4.2.2. Monitoring vod

V odkalištích bylo k 31.12. 2006 1,89 mil. m³ vody. Velký nárůst objemu vody byl v roce 2002 (téměř 600 tis. m³) spojen s povodněmi v srpnu (zatímco v letech 1972 až 2000 spadlo na Mydlovarsku v průměru 578 mm srážek, v roce 2002 to bylo 967 mm, což je téměř dvojnásobek průměrné hodnoty.

Odkaliště při povodni obstála, plně se osvědčil akumulací prostor pro odkalištní vody vybudovaný v části KIV/C1/F. Voda v odkalištích obsahuje rozpustné soli (zejména sírany), z kationů pak zejména sodík, amonné ionty a mangan. Obsah radia je nepatrný (v setinách Bq/l), obsah uranu vesměs v setinách mg/l. O složení odkalištních vod podávají přehled tabulky č. 3, č. 4 a č. 5.

V současné době se voda čistí přímo v odkalištích, využívá se k tomu akumulací nádrž drenážních vod, kam se přidává vápno (dolomitické vápenaté hnojivo, běžně užívané k vápnění rybníků) kvůli odstranění manganu. Ostatní složky ve vodě není třeba již zvlášť upravovat. Následně je voda vypouštěna do Vltavy u Hluboké nad Vltavou..

V roce 2006 bylo do Vltavy po vyčištění odčerpáno více než 236 tis. m³ vody. Všechny limity, které pro vypouštění vod stanovil příslušný orgán státní správy, jsou s rezervou dodržovány.

Od roku 1994 bylo do Vltavy již vypuštěno 2,5 mil. m³ vyčištěné vody. V roce 2007 bude vyčištěno cca 270 tis. m³ vody. Později bude objem vyčištěné vody postupně klesat, i když čištění vod bude pokračovat ještě řadu let (a to i po ukončení rekultivací).

Tabulka 3 Analýzy odkalištních vod 1998 – průměry a maxima

Odkaliště	pH		U (mg/l)		Ra (Bq/l)	
	průměr	maximum	průměr	maximum	průměr	maximum
K I	7,64	7,54 – 7,75	4,5	7,5	3,2	6,4
K III	7,05	6,76 – 7,80	0,007	0,017	0,054	0,010
K IV/C1Z	7,08	6,45 – 7,85	0,199	0,269	0,159	0,320
K IV/C1F	6,57	5,02 – 8,20	0,36	3,0	0,028	0,130
K IV/C2	5,06	4,72 – 5,88	1,327	5,59	0,687	1,75
K IV/D	7,34	6,32 – 8,52	0,1216	0,466	0,2	0,56
K IV/E	6,82	6,48 – 7,07	0,056	0,096	0,324	0,78
K IV/R	6,83	6,09 – 9,26	0,035	0,078	0,222	0,52

Zdroj: *DIAMO s. p.*

Tabulka 4 Složení odkalištní vody před čištěním a po čištění alkalizací

Složka	pH	SO ₄	Mn	RL	U	Ra	NO ₃	NH ₄	NO ₂	Ca	Mn
Rožměr	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	Bq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Před zahájením alkalizace 31/3/2003	7,19	4300	29,3	6930	0,015	0,078	< 50	24,8	1,36	356	247
Po ukončení 1. etapy alkalizace 24/4/2003	9018	4800	0,32	7260	0,025	< 0,011	< 50	22,7	2	681	206

Pokračování tabulky č. 4 na straně 45.

Pokračování tabulky č. 4 ze strany 44.

Složka	pH	SO ₄	Mn	RL	U	Ra	NO ₃	NH ₄	NO ₂	Ca	Mn
Rožměř	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	Bq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Po ukončení čerpání vody do Vltavy 11/12/2003	7,90	5200	0,78	7620	< 0,012	0,020	3,32	1,6	1,83	677	122
Max. koncentrace v období od 24/4 do 11/12 2003	10,00	5400	1,20	8000	0,025	0,095	< 50	22,7	14,0	888	247
Min. koncentrace v období od 24/4 do 11/12 2003	7,77	3200	0,15	7160	< 0,012	0,011	< 1,0	0,52	1,83	480	122
Emisní limit pro vypouštění do Vltavy	6 - 9	7730	1,00	12700	0,13	0,20	600	193	16,4	-	-

Zdroj: DIAMO s. p.

Tabulka 5 Průměrné složení odkalištních vod bývalé CHÚ MAPE Mydlovary v roce 2003

	Rožměř	Odkališřě K IV		Odkališřě K I		Emisní limit
		Drenážní voda	Volná voda	Drenážní voda	Volná voda	
Uran	mg/l	0,03	0,05	3,38	Odkališřě je bez volné vody od r. 1998	0,13
Ra	Bq/l	0,06	0,18	0,18		0,2
Mangan	mg/l	41	79	4		1,0
Dusitany	mg/l	0,1	1,0	47		5 *

* v přepočtu na dusík

Zdroj: DIAMO s. p.

Tabulka č. 6 poskytuje informace o vyčištěných odkalištních vodách, které byly v roce 2002 a 2003 vypuštěny do řeky Vltavy.

Tabulka 6 Objem vyčištěné odkalištní vody čerpané do řeky Vltavy

Období	Objem vyčištěné vody z čistírny dren. vod	Provozní hodiny	Objem vyčištěné vody z AN DV (m ³)	Provozní hodiny
2002	105 390	5 570	90 282	2 531
2003	101 925	5 229	157 435	5 620
Celkem	207 315	10 799	247 717	8 151

Zdroj: DIAMO s. p.

4.2.3. Monitoring biosféry

Monitoring biosféry (biomonitoring) je prováděn státním podnikem DIAMO ve spolupráci se zaměstnanci katedry ekologie Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Z vnitřní plochy odkališť a jejich ochranného pásma jsou každý rok odebrány ve stejném množství a na stejných místech vzorky zemědělských plodin, bylin, travních porostů a dřevin. Vzorky jsou odebrány na počátku vegetačního období v množství cca 70 ks. Podle možností je monitoring zaměřen i na obsah radionuklidů v tkáních divokého králíka norujícího na odkališti KI, popř. v rybách volně žijících ve vodotečích poblíž odkališť.

Monitoring probíhá podle stále stejné metodiky a sleduje 10 vybraných mikroelementů – arzen (As), kadmium (Cd), kobalt (Co), chrom (Cr), měď (Cu), mangan (Mn), molybden (Mo), nikl (Ni), olovo (Pb), zinek (Zn) a 2 radionuklidy – uran (U) a radium (Ra) v sušině rostlin rostoucích na odstavených kalojemech a v jejich blízkosti. Současně je sledován obsah těchto prvků v sušině zemědělských plodin pěstovaných na plochách v bezprostřední blízkosti kalojemů a v dřevinách.

Vzhledem k tomu, že jsou sledovány stejné rostliny ze stejných odběrných míst již od roku 1993, získává se tak řada údajů s vysokou vypovídající schopností. Pro zhodnocení dosažených výsledků jsou použity nejvýše přípustné limity cizorodých látek v krmivech, jaké

jsou uváděny ve vyhlášce ministerstva zemědělství o péči o zdraví zvířat uveřejněné ve Sb. zákonů č. 117/1987.

Při porovnávání výsledků biomonitoringu jsou použity dva limity. Nižší limit platí pro rostlinné druhy, které slouží jako krmivo nebo jako komponenty krmných směsí a jsou tedy použitelné pro vzorky ze zemědělské půdy. Vyšší limitní hodnota platí pro náhradní krmiva a je použita pro rostlinné druhy, které rostou na kalojemech nebo v ochranném pásmu kalojemů a jako objemná krmiva ani jako komponenty krmiv nepřichází v úvahu.

Vzorky z drobných savců jsou porovnávány s hygienickým limitem pro svalovinu lovné zvěře a volně žijících živočichů (Ročenka ministerstva zemědělství ČR, Zpráva o výsledcích sledování cizorodých látek v roce 1996).

Vzorky rostlin jsou odebírány z ploch kalojemů, z ploch, které tvoří ochranné pásmo kalojemů, i z přilehlých zemědělsky obhospodařovaných pozemků. Dále jsou odebírány a zpracovávány vzorky ze stoky Svatopluk, Soudného potoka a vodní nádrže pod Kalojemem I. Kontrolní vzorky zemědělských plodin jsou odebírány z pozemků ZD Žabovřesky - farma Břehov. Rostlinný materiál je získáván v měsíci červenci v době maximálního růstu rostlin.

Jak již bylo uvedeno, za celou dobu monitoringu bylo získáno značné množství dat. Proto je tato práce zaměřena výhradně na biomonitoring a v rámci tohoto monitoringu mapuje vývoj obsahu těžkých kovů v dřevinách pro jejich dlouhodobější podstatu. Při podrobném prozkoumání výsledků monitoringu zjišťujeme, že problémový prvek na dané lokalitě je pouze mangan a kadmium. Kadmium však nepřekračuje limitní hodnoty tak často a v takové míře jako mangan, proto v praktické části této práce uvádím u vzorků dřevin jen grafy vývoje manganu, ostatní grafy pro jednotlivé vzorky jsou obsaženy v příloze. Pro názornost dále uvádím grafy vývoje průměrných hodnot manganu, kadmia, uranu a radia.

Maximální limitní hodnoty těžkých kovů a radionuklidů v dřevinách uvádí tabulka č. 7.

Tabulka 7 Maximální přípustné množství těžkých kovů a radionuklidů v dřevinách

	Těžké kovy										Radionuklidy	
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn	U	Ra
Měrná jednotka	mg/kg										mg/kg	Bq/g
Max. přípustné množství	6	1	6	15	100	300	3	15	15	500	0,1	0,3*

Zdroj: DIAMO s. p.

Hodnoty pro radionuklidy uvedené v tabulce č. 7 jsou stanoveny pro biomasu z ochranného pásma odkališť (§ 75, odst. 3, Vyhl. 307/2002 Sb.).

Přehled sledovaných dřevin s označením odběrného místa a kontrolního stanoviště poskytuje tabulka č. 8.

Tabulka 8 Přehled sledovaných dřevin na lokalitě MAPE Mydlovary

Odb. místo	Dřevina	Název vzorku	Kontrolní stanoviště
20	Olše lepkavá	Olše 20	Odkaliště KIII oplocenka
21	Borovice lesní	Borovice 21	Odkaliště KIII oplocenka
22	Modřín opadavý	Modřín 22	Odkaliště KIII oplocenka
23	Dub červený	Dub 23	Odkaliště KIII oplocenka
37a	Olše lepkavá	Olše 37a	Odkaliště KI
40	Vrba jíva	Vrba 40	Odkaliště KIII oplocenka
41	Borovice lesní	Borovice 41	Odkaliště KIII
49	Bříza bradavičnatá	Bříza 49	Odkaliště KI nová výsadba
50	Dub červený	Dub 50	Stoka Svatopluk
51	Olše lepkavá	Olše 51	Stoka Svatopluk
60	Vrba jíva	Vrba 60	Nádrž pod odkalištěm KI
64	Bříza bradavičnatá	Bříza 64	Nádrž pod odkalištěm KI

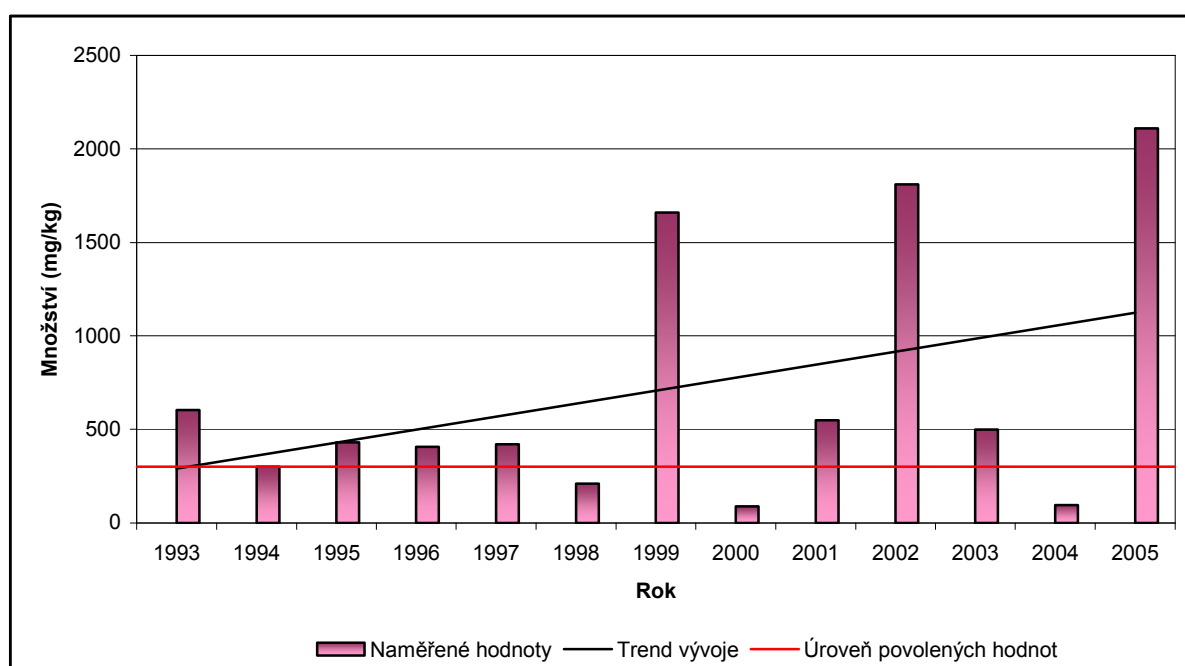
Zdroj: DIAMO s. p.

Na následujících stránkách jsou uvedeny již konkrétní výsledky biomonitoringu s grafickým znázorněním naměřených hodnot v jednotlivých letech a vyjádřeným trendem vývoje na základě těchto zjištěných hodnot.

Tabulka 9 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Olše 20 v letech 1993 – 2005

Rok	Maximální povolená hodnota (mg/kg)	Naměřené hodnoty (mg/kg)
1993	300	605
1994	300	300
1995	300	430,6
1996	300	406
1997	300	420
1998	300	210
1999	300	1660
2000	300	89
2001	300	548
2002	300	1810,00
2003	300	499,00
2004	300	96,10
2005	300	2110,00

Graf 1 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Olše 20 v letech 1993 – 2005

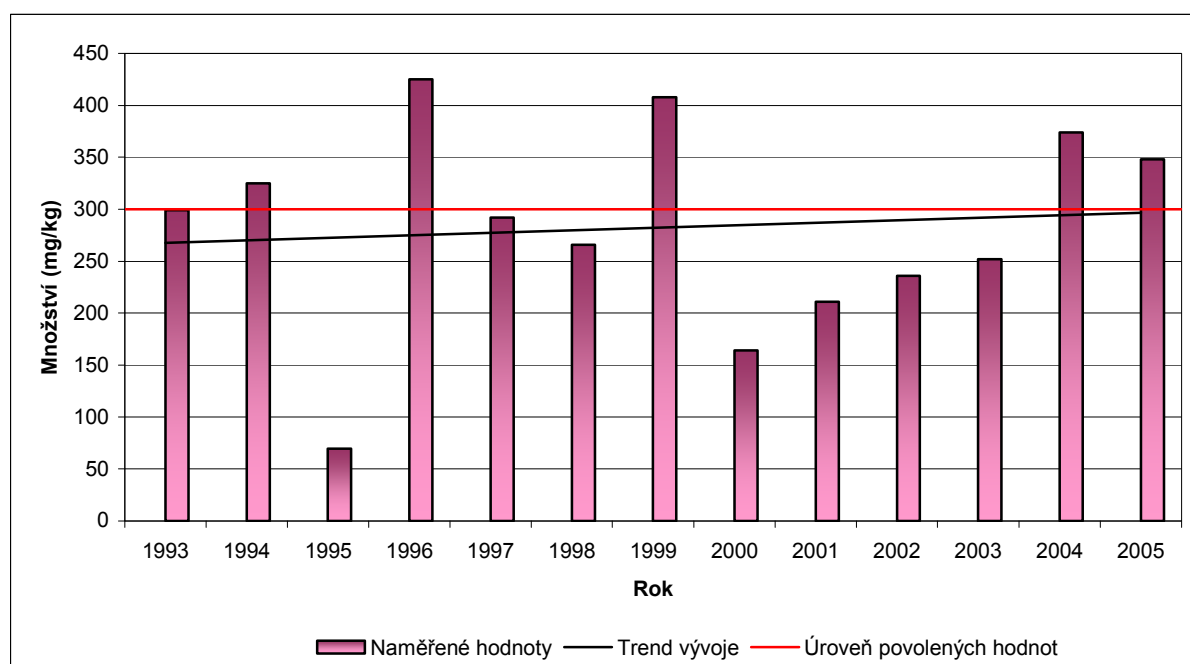


Trend vývoje množství manganu u vzorku Olše 20 naznačuje postupné zvyšování způsobené množstevními výkyvy v letech 1999, 2002 a 2005. Naopak v ostatních letech se hodnoty pohybovaly okolo přípustné hranice a v roce 1998, 2000 a 2004 se množství manganu dostalo pod úroveň povolených hodnot.

Tabulka 10 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Borovice 21 v letech 1993 – 2005

Rok	Maximální povolená hodnota (mg/kg)	Naměřené hodnoty (mg/kg)
1993	300	299
1994	300	325
1995	300	69,4
1996	300	425
1997	300	292
1998	300	266
1999	300	408
2000	300	164
2001	300	211
2002	300	236
2003	300	252
2004	300	374
2005	300	348

Graf 2 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Borovice 21 v letech 1993 – 2005

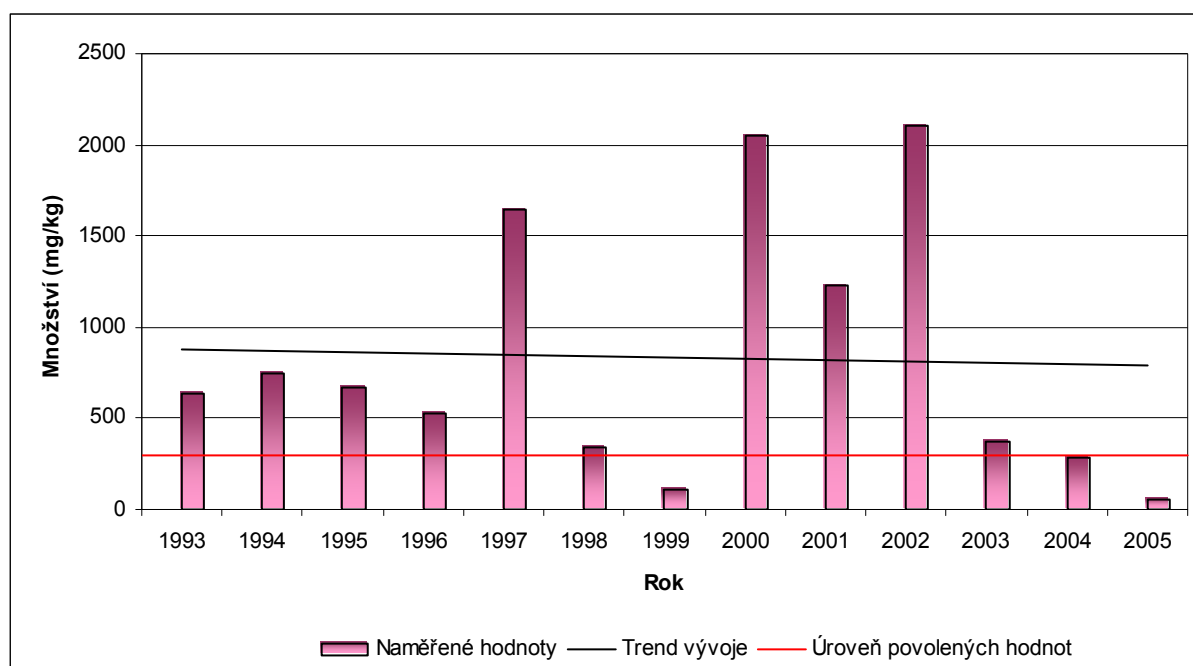


Trend vývoje množství manganu u vzorku Borovice 21 od roku 1993 do 2005 se mírně zvyšuje, přičemž hodnoty v jednotlivých letech kolísají od 69,4 do 425 mg/kg. V průměru se však ve vzorku Borovice 21 nachází 282 mg/kg manganu, což je pod hranicí povolené limitní hodnoty.

Tabulka 11 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Modřín 22 v letech 1993 – 2005

Rok	Maximální povolená hodnota (mg/kg)	Naměřené hodnoty (mg/kg)
1993	300	633
1994	300	750
1995	300	667
1996	300	531
1997	300	1 640
1998	300	343
1999	300	110
2000	300	2 050
2001	300	1 224
2002	300	2 110
2003	300	378
2004	300	288
2005	300	59,4

Graf 3 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Modřín 22 v letech 1993 – 2005

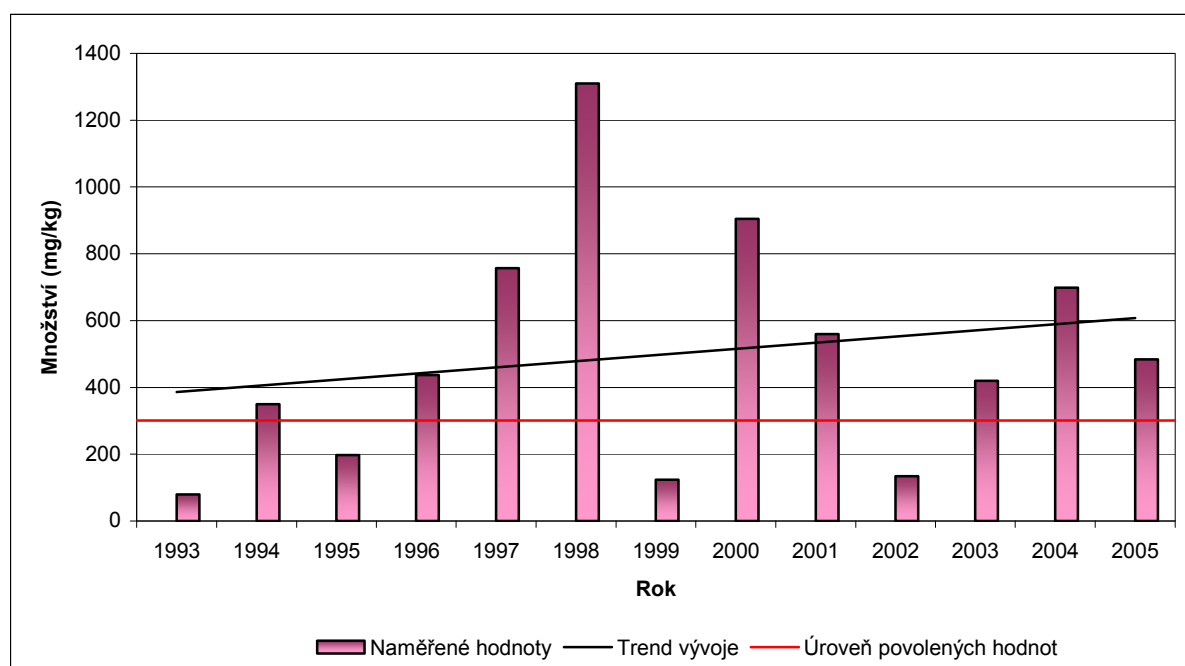


Ve vzorku Modřín 22 množství manganu v průběhu let klesá. Tuto dřevinu můžeme považovat jako jednu z nejcitlivějších právě na mangan, protože v několika měřeních dosahují hodnoty až sedminásobku povolené limitní hodnoty. Zejména pak v letech 1997, 2000, 2002 a 2003. Naopak v letech 1999, 2004 a 2005 zjištěné hodnoty klesly pod limitní úroveň.

Tabulka 12 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Dub 23 v letech 1993 – 2005

Rok	Maximální povolená hodnota (mg/kg)	Naměřené hodnoty (mg/kg)
1993	300	79
1994	300	350
1995	300	197,2
1996	300	437
1997	300	757
1998	300	1310
1999	300	123
2000	300	905
2001	300	559
2002	300	134
2003	300	420
2004	300	698
2005	300	79

Graf 4 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Dub 23 v letech 1993 – 2005

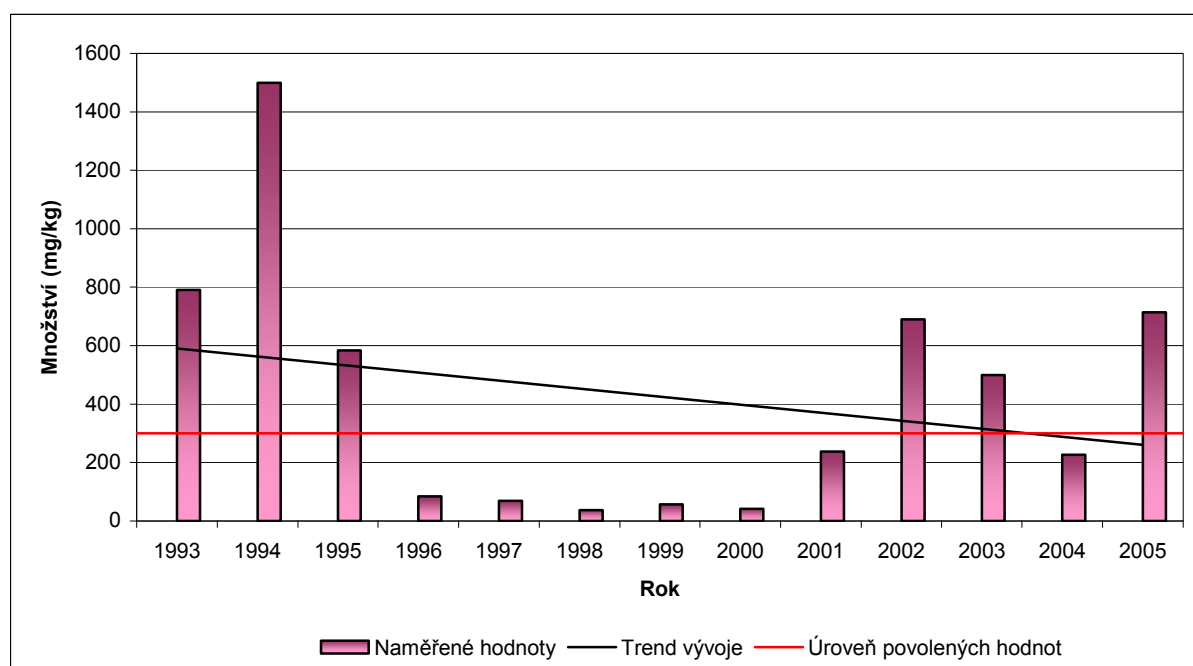


Graf znázorňuje vzrůstající trend množství manganu ve vzorku Dub 23, způsobený velmi vysokými hodnotami v letech 1998 a 2000. Pokud bychom jako počátek měření zvolili tento rok, tak můžeme říci, že od tohoto data se v průměru obsah manganu ve vzorku Dub 23 stále snižuje.

Tabulka 13 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Olše 37a v letech 1993 – 2005

Rok	Maximální povolená hodnota (mg/kg)	Naměřené hodnoty (mg/kg)
1993	300	790
1994	300	1500
1995	300	583,3
1996	300	84
1997	300	69
1998	300	37
1999	300	57
2000	300	41
2001	300	237
2002	300	690
2003	300	500
2004	300	226
2005	300	714

Graf 5 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Olše 37a v letech 1993 – 2005

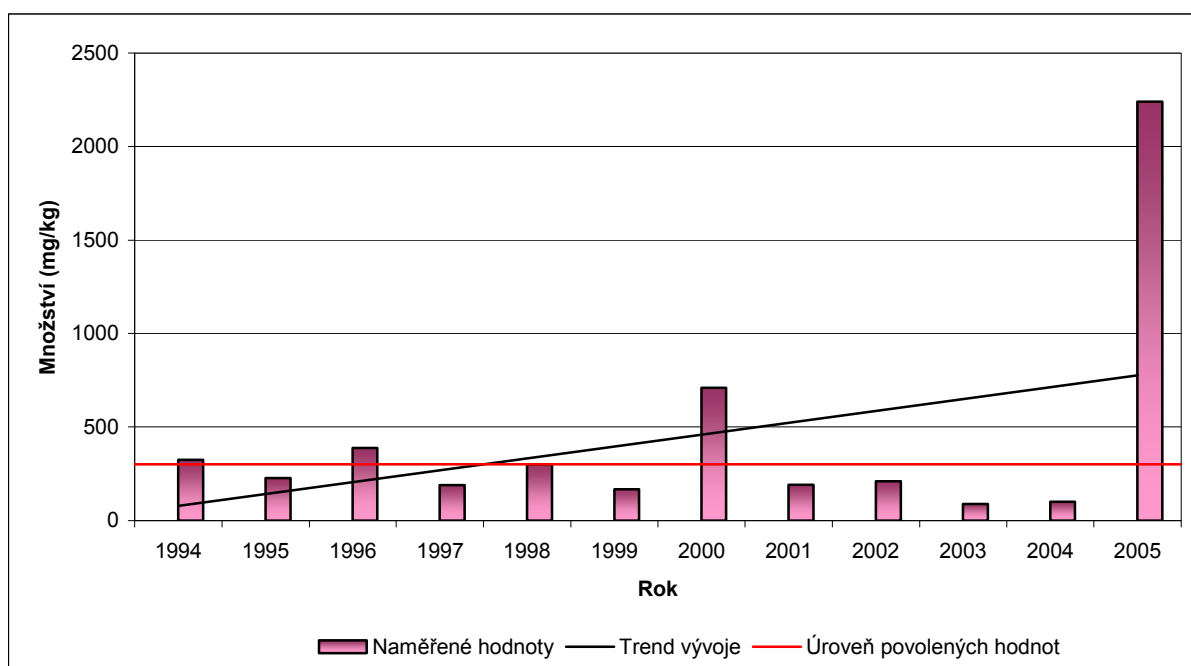


Klesající trend vývoje u vzorku Olše 37a vyjadřuje postupné snižování obsahu manganu. V letech 1996 až 2001 a v roce 2004 se naměřené množství dostalo pod úroveň povolených hodnot. Od roku 2001 byla tato hranice opět překročena, nejvýrazněji pak v roce 2002, 2003 a 2005 a to více než na dvojnásobek povolené hodnoty.

Tabulka 14 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Vrba 40 v letech 1994 – 2005

Rok	Maximální povolená hodnota (mg/kg)	Naměřené hodnoty (mg/kg)
1994	300	325
1995	300	227,8
1996	300	387
1997	300	190
1998	300	301
1999	300	167
2000	300	711
2001	300	192
2002	300	210
2003	300	88,7
2004	300	100
2005	300	2240

Graf 6 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Vrba 40 v letech 1994 – 2005

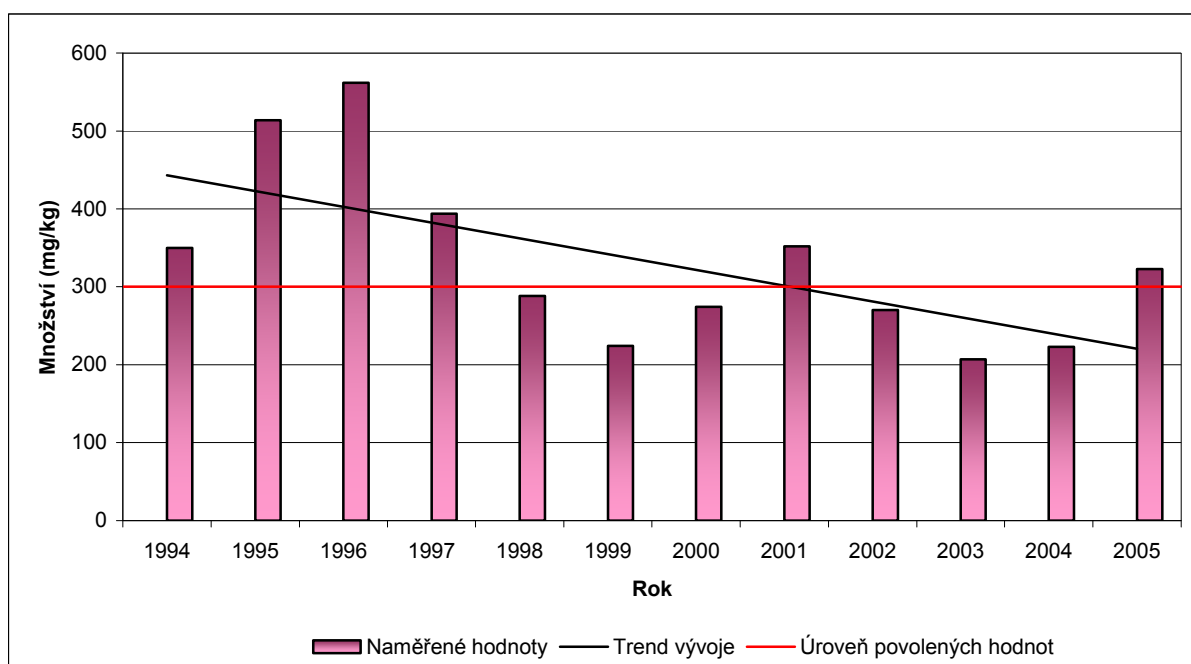


Silně vzrůstající trend obsahu manganu ve vzorku Vrba 40 je způsoben výrazně zvýšenou hodnotou v roce 2005. Pokud nebudeme tento rok uvažovat, můžeme říci, že naměřené hodnoty u toho vzorku jsou vzhledem k ostatním vzorkům poměrně vyrovnané a výrazně nepřekračují povolenou hodnotu.

Tabulka 15 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Borovice 41 v letech 1994 – 2005

Rok	Maximální povolená hodnota (mg/kg)	Naměřené hodnoty (mg/kg)
1994	300	350
1995	300	513,9
1996	300	562
1997	300	394
1998	300	288
1999	300	224
2000	300	274
2001	300	352
2002	300	270
2003	300	207
2004	300	223
2005	300	323

Graf 7 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Borovice 41 v letech 1994 – 2005

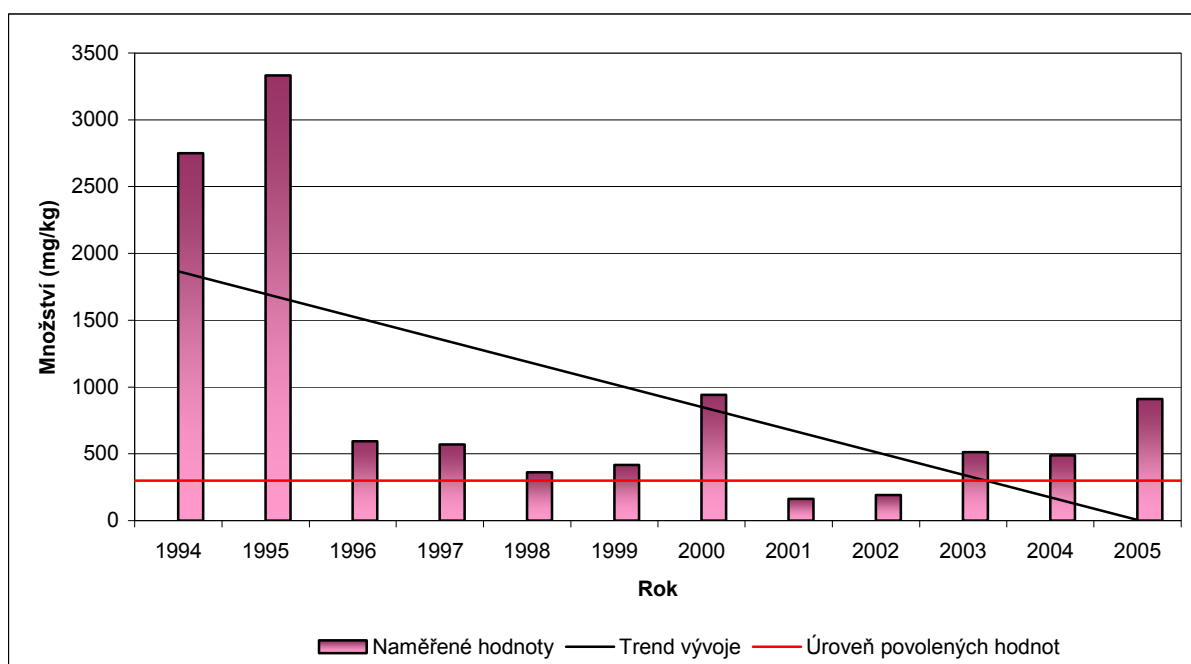


Množství manganu ve vzorku Borovice 41 postupem času klesá dle znázorněného trendu vývoje. Hodnoty naměřené v jednotlivých letech jsou poměrně vyrovnané a nepohybují se, ve srovnání s ostatními vzorky dřevin, nijak výrazně nad povolenou hodnotou pro mangan.

Tabulka 16 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Bříza 49 v letech 1994 – 2005

Rok	Maximální povolená hodnota (mg/kg)	Naměřené hodnoty (mg/kg)
1994	300	2750
1995	300	3333
1996	300	594
1997	300	570
1998	300	361
1999	300	417
2000	300	943
2001	300	163
2002	300	191
2003	300	511
2004	300	487
2005	300	912

Graf 8 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Bříza 49 v letech 1994 – 2005

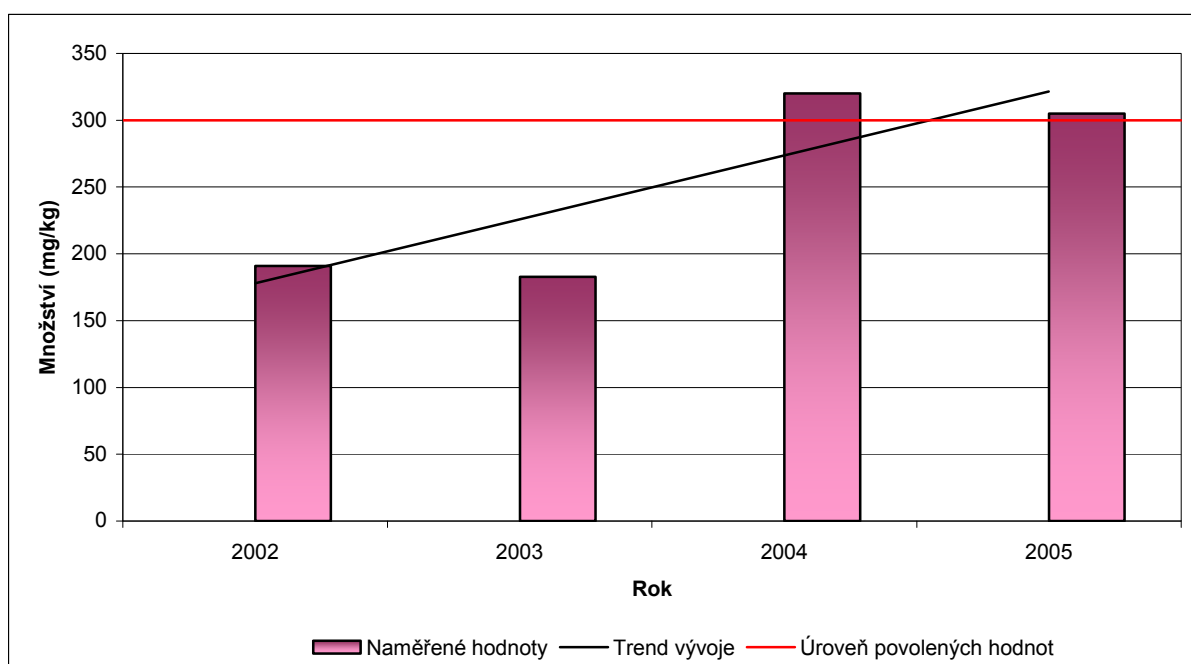


Množství manganu ve vzorku Bříza 49 má výrazně klesající trend. V roce 1994 přesahoval mangan o 2450 mg/kg povolenou hranici, v roce 1995 přesah vzrostl až na 3033 mg/kg. Hodnoty v dalších letech se pak pohybovaly od 163 mg/kg až do 943 mg/kg. Od roku 1995 se však tak extrémně vysoké hodnoty již nevyskytují.

Tabulka 17 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Dub 50 v letech 2002 – 2005

Rok	Maximální povolená hodnota (mg/kg)	Naměřené hodnoty (mg/kg)
2002	300	191
2003	300	183
2004	300	320
2005	300	305

Graf 9 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Dub 50 v letech 2002 – 2005

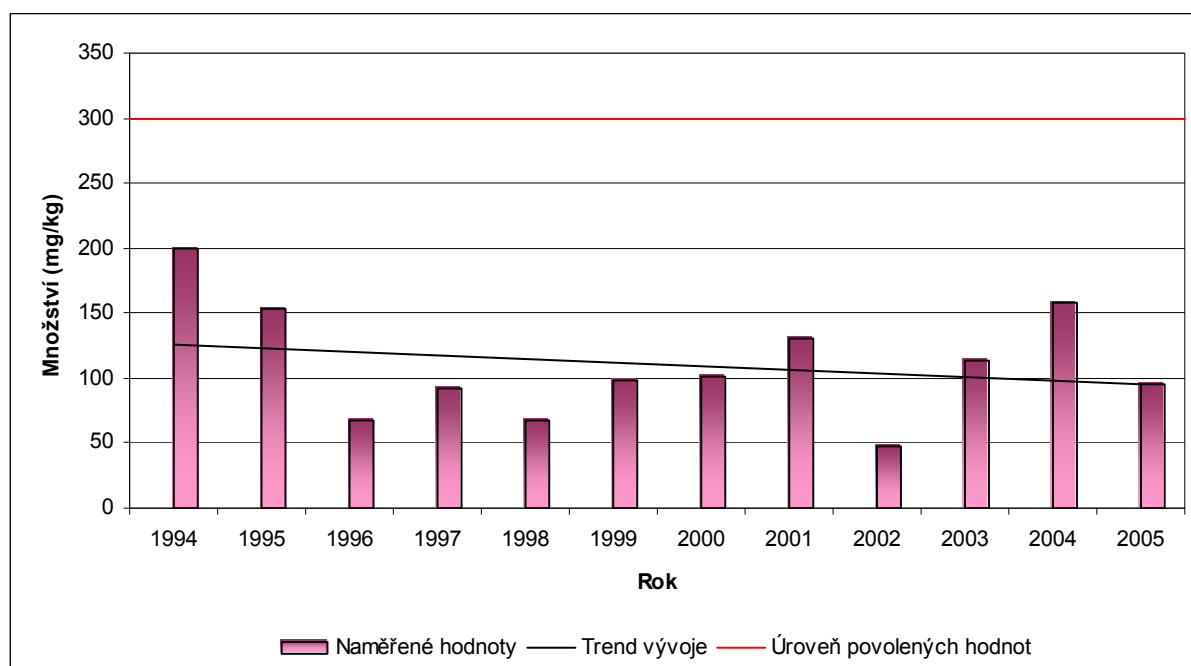


Měření množství manganu ve vzorku Dub 50 se provádí teprve od roku 2002. Pro vyhodnocení vývoje trendu je lepší vycházet z delších časových řad. Nicméně trend pro tento vzorek je vrůstající, avšak v porovnání s ostatními vzorky nejsou tyto hodnoty nijak extrémní. Přestože od roku 2002 do roku 2004 vzrostlo naměřené množství manganu téměř na dvojnásobek, výsledné hodnoty se pohybují okolo limitní hranice.

Tabulka 18 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Olše 51 v letech 1994 – 2005

Rok	Maximální povolená hodnota (mg/kg)	Naměřené hodnoty (mg/kg)
1994	300	200
1995	300	152,8
1996	300	68
1997	300	92
1998	300	68
1999	300	98
2000	300	102
2001	300	130
2002	300	47,9
2003	300	114
2004	300	158
2005	300	94,6

Graf 10 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Olše 51 v letech 1994 – 2005

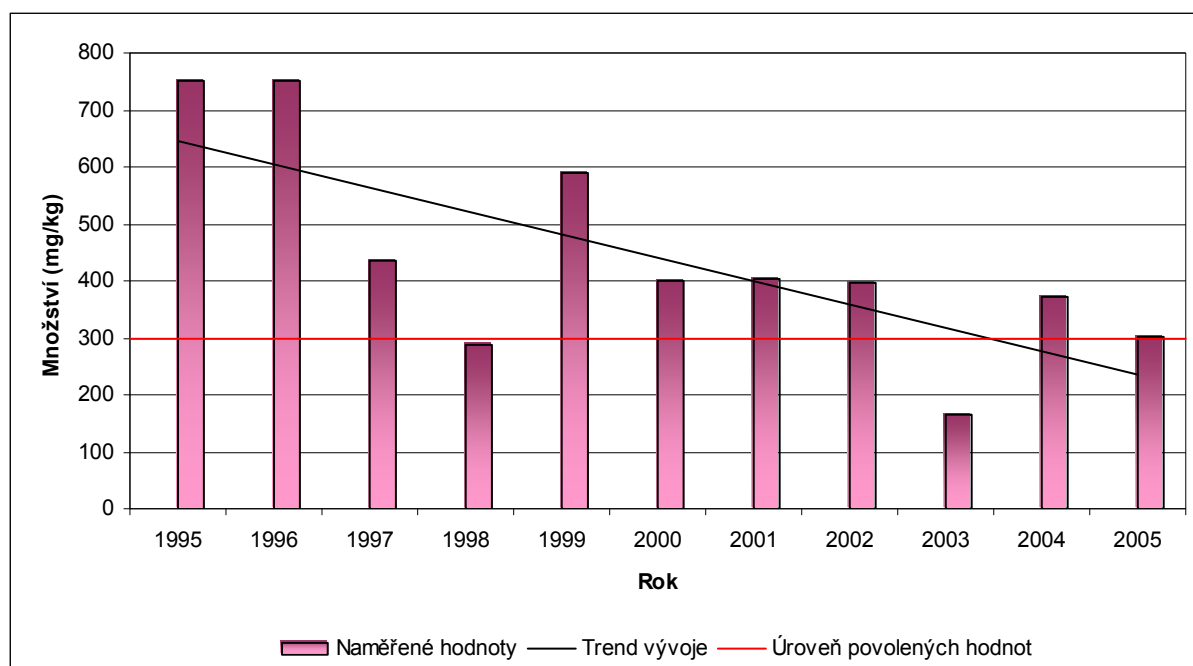


Vzorek Olše má snižující se trend vývoje množství manganu. Při podrobném pohledu zjišťujeme, že naměřené hodnoty se pohybují pod hranicí povolených hodnot. Za 12 let měření se obsah manganu nedostal nad povolenou hranici. Tento vzorek můžeme z hlediska obsahu manganu hodnotit jako bezproblémový.

Tabulka 19 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Vrba 60 v letech 1995 – 2005

Rok	Maximální povolená hodnota (mg/kg)	Naměřené hodnoty (mg/kg)
1995	300	750
1996	300	750
1997	300	435
1998	300	287
1999	300	591
2000	300	399
2001	300	404
2002	300	398
2003	300	166
2004	300	371
2005	300	302

Graf 11 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Vrba 60 v letech 1995 – 2005

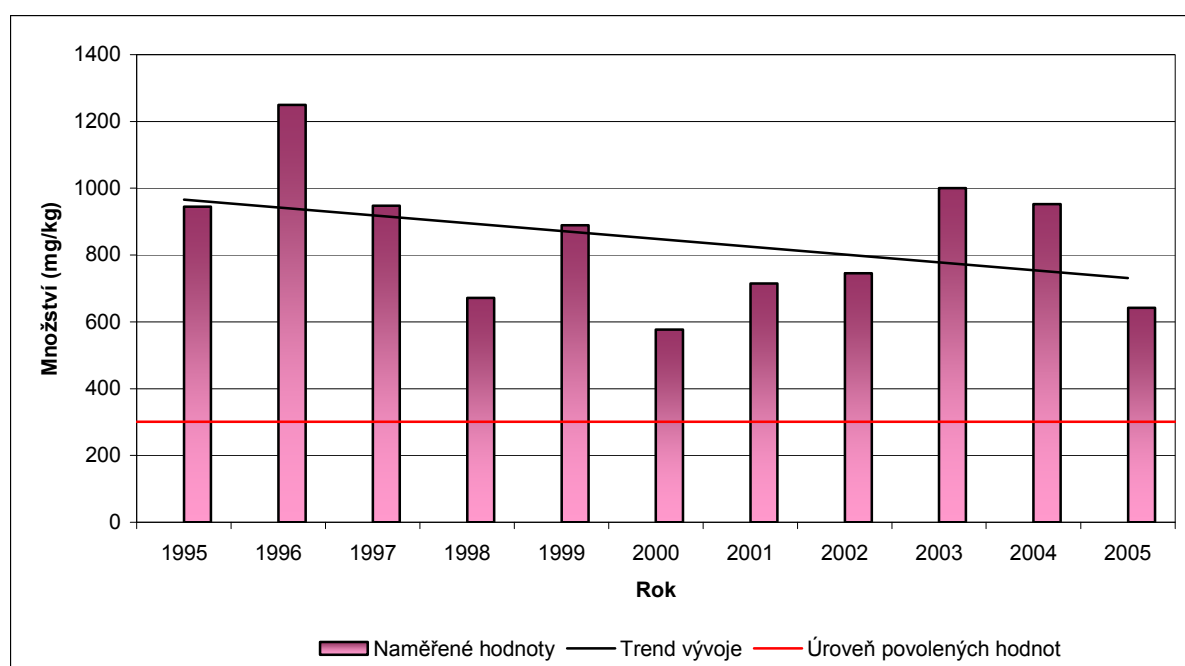


U vzorku Vrba 60 se množství manganu postupem času výrazně snižuje. Za celou dobu obsah manganu ve zkoumaném vzorku klesl pod limitní hodnotu 300 mg/kg pouze dvakrát a to v letech 1998 a 2003. Nejnižší naměřená hodnota byla zjištěna v roce 2003. V posledních letech jsou výsledky poměrně vyrovnané a v průměru dosahují hodnot vyšší než 300 mg/kg.

Tabulka 20 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Bříza 64 v letech 1995 – 2005

Rok	Maximální povolená hodnota (mg/kg)	Naměřené hodnoty (mg/kg)
1995	300	944,4
1996	300	1250
1997	300	948
1998	300	671
1999	300	889
2000	300	577
2001	300	714
2002	300	746
2003	300	1000
2004	300	952
2005	300	642

Graf 12 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Bříza 64 v letech 1995 – 2005

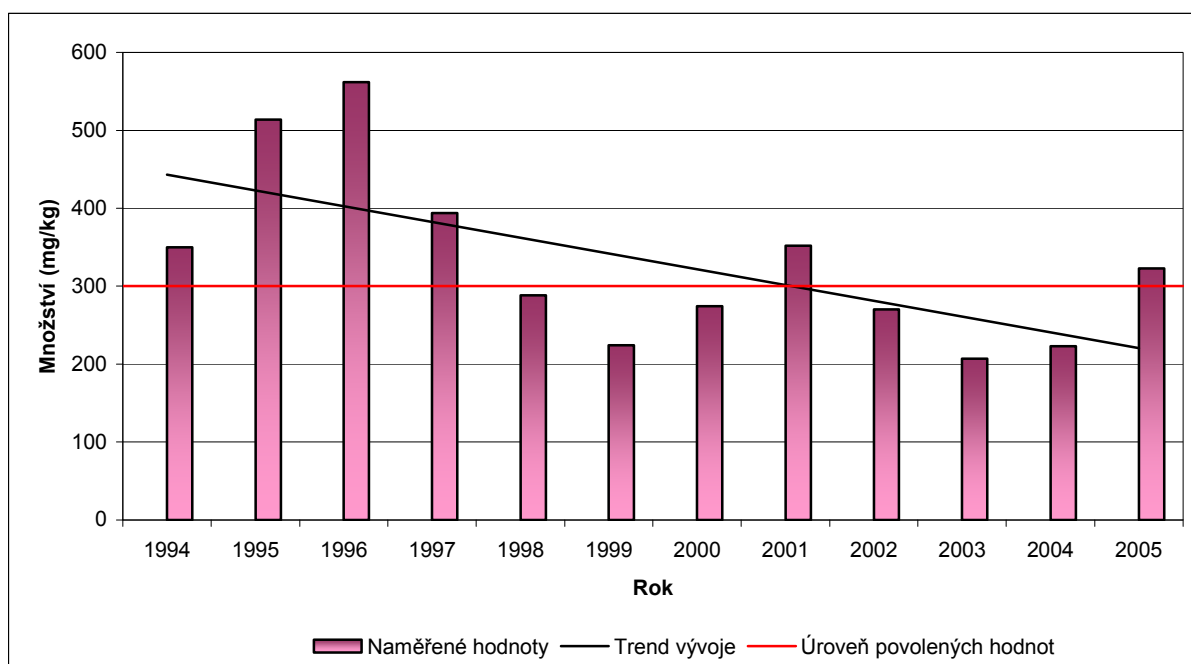


Trend vývoje množství manganu u vzorku Bříza 64 znázorňuje, jak v průběhu let se toto množství snižuje. Nejvyšší hodnota byla zjištěna v roce 1996, kdy bylo naměřeno 1250 mg/kg. Přestože hodnoty dle vývoje trendu mají klesající tendenci, jsou tyto hodnoty stále velmi vysoké a za celou dobu výzkumu se obsah nijak výrazně nepřiblížil hranici povolených hodnot.

Tabulka 21 Průměrné hodnoty manganu (mg/kg) u sledovaných dřevin v letech 1994 – 2005

Rok	Maximální povolená hodnota (mg/kg)	Naměřené hodnoty (mg/kg)
1994	300	350
1995	300	513,9
1996	300	562
1997	300	394
1998	300	288
1999	300	224
2000	300	274
2001	300	352
2002	300	270
2003	300	207
2004	300	223
2005	300	323

Graf 13 Vývoj průměrných hodnot manganu (mg/kg) u sledovaných dřevin v letech 1994 – 2005

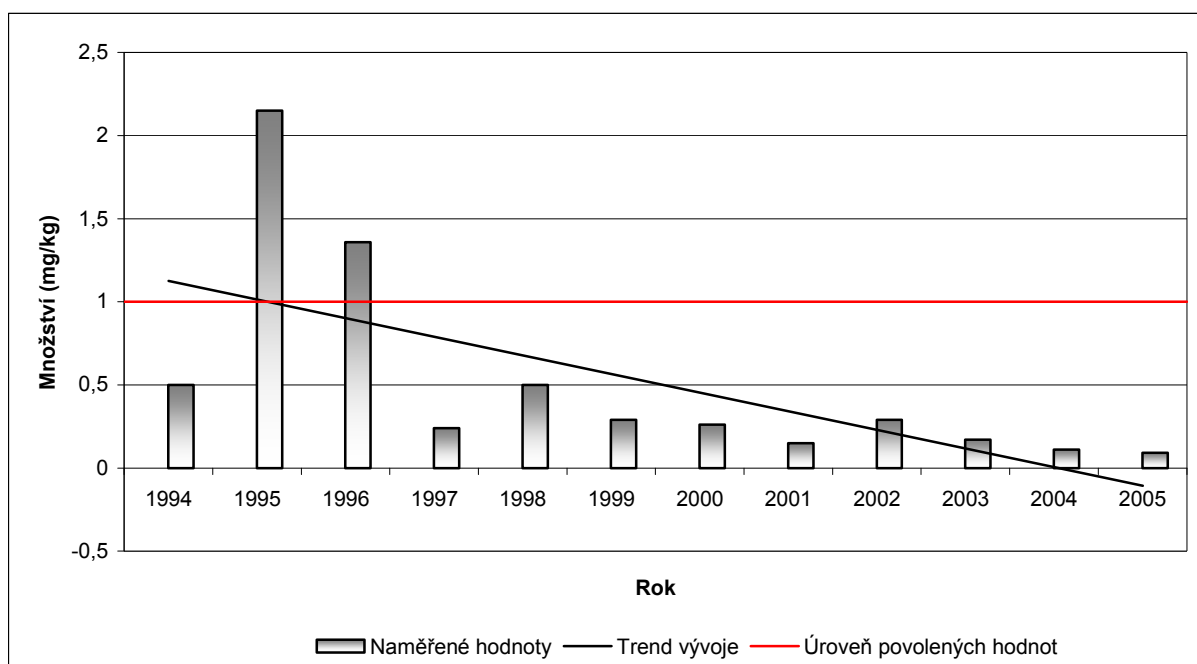


Při sestavení grafu průměrných naměřených hodnot manganu od roku 1994 do 2005 zjistíme, že podle vyjádřeného trendu průměrné hodnoty postupem času velmi výrazně klesají. Od roku 1998 se hodnoty pohybují pod limitní úrovní. K překročení došlo pouze v letech 2001 a 2005, které však nebylo nijak výrazné.

Tabulka 22 Průměrné hodnoty kadmia (mg/kg) u sledovaných dřevin v letech 1994 – 2005

Rok	Maximální povolená hodnota (mg/kg)	Naměřené hodnoty (mg/kg)
1994	1	0,5
1995	1	2,15
1996	1	1,36
1997	1	0,24
1998	1	0,5
1999	1	0,29
2000	1	0,26
2001	1	0,15
2002	1	0,29
2003	1	0,17
2004	1	0,11
2005	1	0,091

Graf 14 Vývoj průměrných hodnot kadmia (mg/kg) u sledovaných dřevin v letech 1994 – 2005

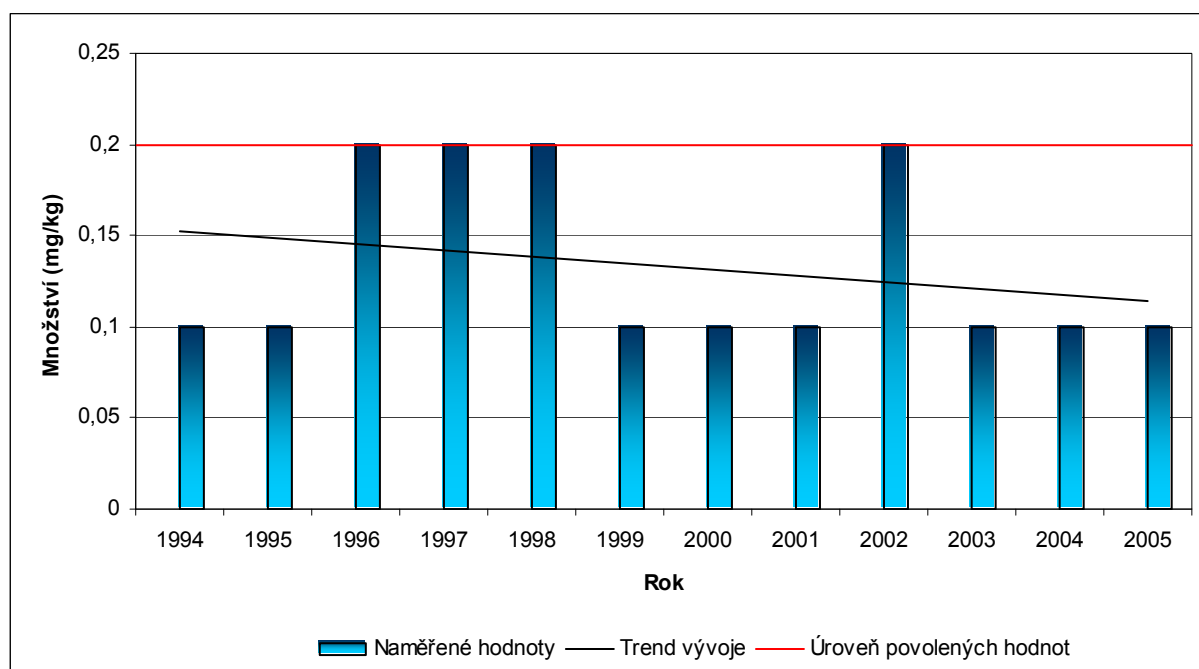


Trend vývoje průměrných hodnot kadmia naznačuje prudký pokles. Naměřené množství překročilo povolenou hranici pouze v letech 1995 a 1996. Od této doby je množství kadmia v rozmezí povolených hodnot.

Tabulka 23 Průměrné hodnoty uranu (mg/kg) u sledovaných dřevin v letech 1994 – 2005

Rok	Maximální povolená hodnota (mg/kg)	Naměřené hodnoty (mg/kg)
1994	0,2	0,1
1995	0,2	0,1
1996	0,2	0,2
1997	0,2	0,2
1998	0,2	0,2
1999	0,2	0,1
2000	0,2	0,1
2001	0,2	0,1
2002	0,2	0,2
2003	0,2	0,1
2004	0,2	0,1
2005	0,2	0,1

Graf 15 Vývoj průměrných hodnot uranu (mg/kg) u sledovaných dřevin v letech 1994 – 2005

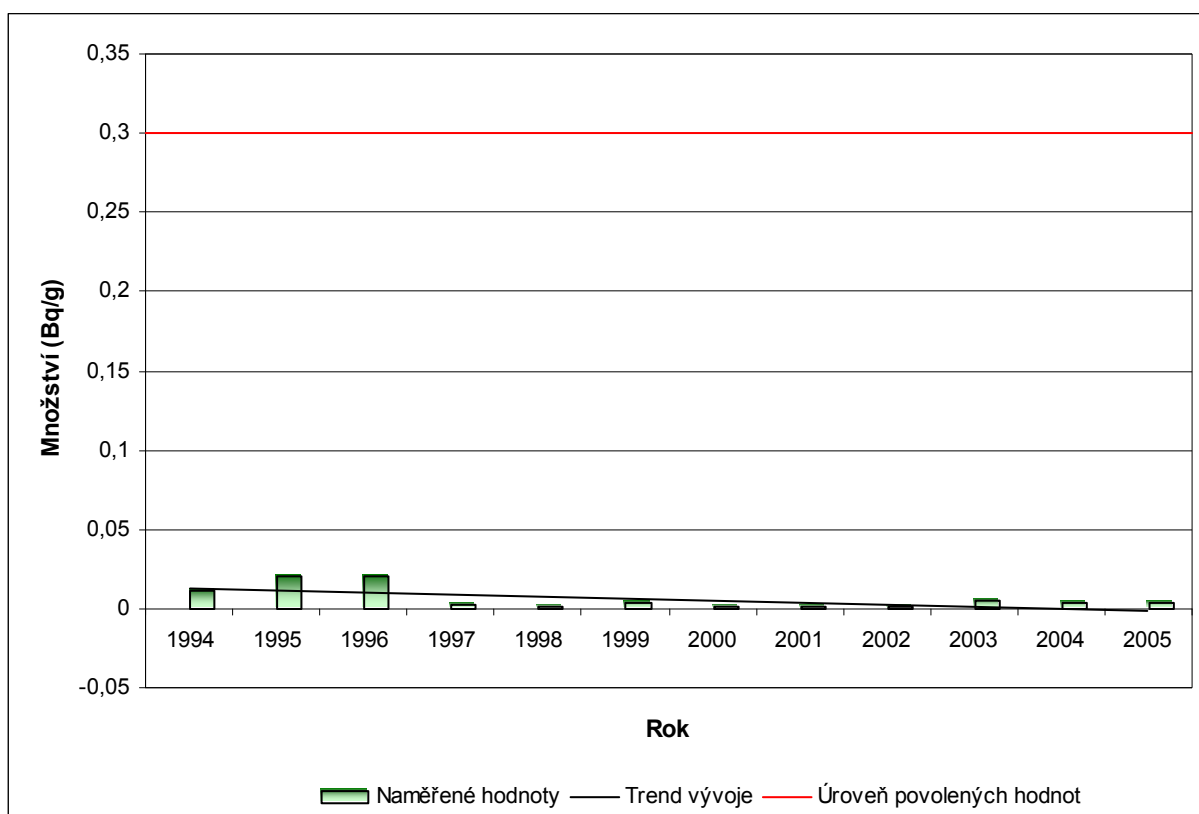


Průměrné hodnoty uranu se za celou dobu monitorování dřevin nedostaly nad povolenou limitní úroveň a trend vývoje znázorňuje další snižování.

Tabulka 24 Průměrné hodnoty radia (Bq/g) u sledovaných dřevin v letech 1994 – 2005

Rok	Maximální povolená hodnota (Bq/g)	Naměřené hodnoty (Bq/g)
1994	0,3	0,0119
1995	0,3	0,0203
1996	0,3	0,02
1997	0,3	0,0024
1998	0,3	0,0006
1999	0,3	0,0032
2000	0,3	0,0007
2001	0,3	0,0012
2002	0,3	0,0009
2003	0,3	0,0045
2004	0,3	0,0034
2005	0,3	0,0037

Graf 16 Vývoj průměrných hodnot radia (Bq/g) u sledovaných dřevin v letech 1994 – 2005



Za celou dobu monitorování se průměrné hodnoty radia pohybují hluboko pod limitní hranicí.

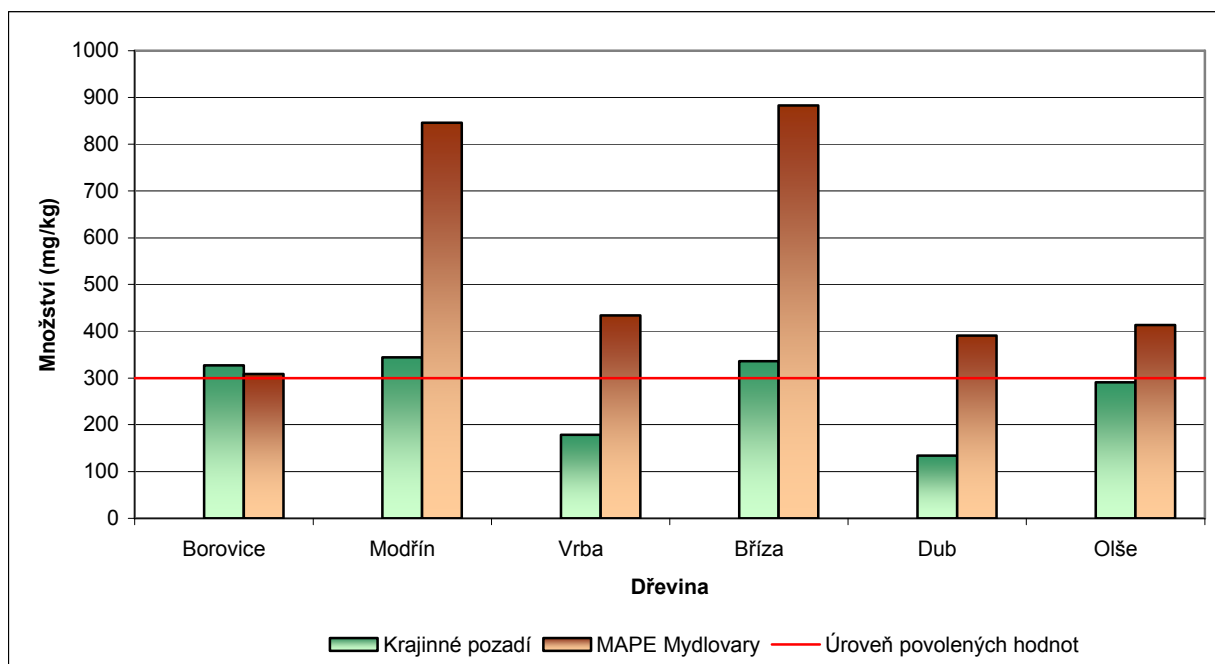
4.2.4. Krajinné pozadí

Pro posouzení skutečného zatížení lokality je nutné výsledky monitoringu porovnávat s ekvivalentními vzorky z pozadí lokality. Proto bylo nezbytné provést sběr několika vzorků takových druhů dřevin z krajinného pozadí, které se nacházejí i na sledované lokalitě. Po provedeném sběru byly vzorky připraveny k analýze, kterou provedla specializovaná laboratoř v Českých Budějovicích. Výsledkem analýzy jsou dílčí hodnoty obsahu těžkých kovů (mg/kg sušiny) pro jednotlivé dřeviny.

Tabulka 25 Průměrné naměřené hodnoty manganu (mg/kg) na lokalitě MAPE Mydlovary a krajinném pozadí v roce 2007

Dřevina	Krajinné pozadí	MAPE Mydlovary
Borovice	327	309
Modřín	344	846
Vrba	178	434
Bříza	336	883
Dub	134	391
Olíše	291	413

Graf 17 Srovnání průměrných hodnot manganu (mg/kg) na MAPE a krajinném pozadí v roce 2007

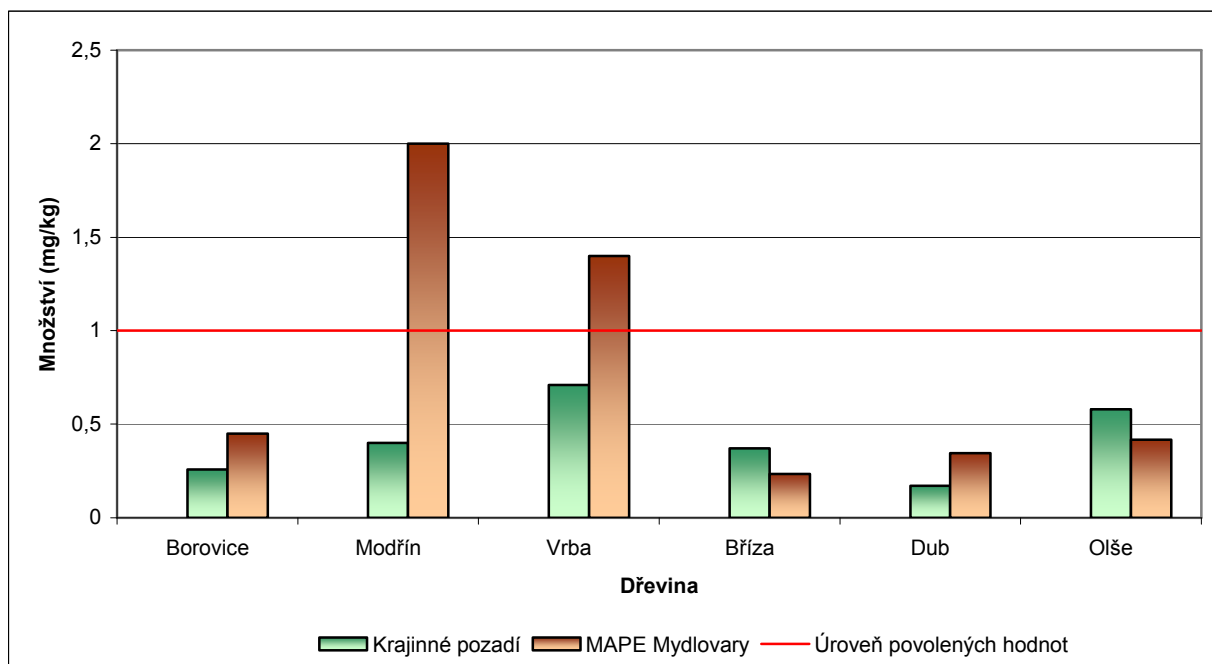


Z grafu vyplývá, že hodnoty vzorků dřevin z krajinného pozadí se pohybují okolo hranice limitních hodnot, avšak nikdy ji nijak výrazně nepřekračují. U vzorku borovice je zjištěné množství manganu v krajinném pozadí vyšší než na lokalitě MAPE Mydlovary. Protože hodnoty z krajinného pozadí u vzorku borovice jsou vyšší než u vzorků na zájmové lokalitě, nemůžeme do budoucna očekávat výraznější zlepšování. Daleko závažnější situace nastává pak u vzorků modřínu a břízy, kdy množství manganu na zájmové lokalitě překračuje hodnoty z krajinného pozadí více než dvojnásobně. Podobný případ se vyskytuje i u vzorků vrby a dubu, avšak naměřené hodnoty nejsou tak extrémní jako u vzorků modřínu a břízy. Jako v pořadí druhý bezproblémový vzorek je olše. U tohoto vzorku se průměrné množství manganu na lokalitě MAPE Mydlovary přibližuje hodnotám v krajinném pozadí.

Tabulka 26 Průměrné naměřené hodnoty kadmia (mg/kg) na lokalitě MAPE Mydlovary a krajinném pozadí v roce 2007

Dřevina	Krajinné pozadí	MAPE Mydlovary
Borovice	0,258	0,4499
Modřín	0,4	2
Vrba	0,71	1,4
Bříza	0,37	0,234
Dub	0,17	0,3441
Olše	0,58	0,4167

Graf 18 Srovnání průměrných hodnot kadmia (mg/kg) na MAPE a krajinném pozadí v roce 2007



Průměrné hodnoty kadmia překračují limitní hodnotu pouze u vzorku modřínu a vrby z lokality MAPE Mydlovary. V ostatních případech se hodnoty pohybují v povoleném rozmezí. Vzhledem ke klesajícímu trendu obsahu kadmia u obou dřevin (grafy uvedeny v příloze) můžeme očekávat další klesání těchto zvýšených hodnot.

5. Závěr

Lokalita MAPE Mydlovary prochází rekultivačními procesy od roku 1989, kdy byla zahájena první etapa. Jednotlivá odkaliště se v současné době nacházejí v různých fázích průběhu rekultivačních prací. Od roku 1993 probíhá na této lokalitě rozsáhlý monitoring složek životního prostředí, který poskytuje podklady k vyhodnocení úspěšnosti provedených rekultivačních zásahů.

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnocení výstupů monitoringu a na základě vyhodnocení posoudit úspěšnost realizovaných rekultivací.

Po podrobném prozkoumání a porovnání výsledků biomonitoringu, výsledků analýzy krajinného pozadí a maximálních přípustných hodnot jednotlivých prvků jsem došel k několika závěrům.

Na lokalitě MAPE Mydlovary se u manganu (Mn) soustavně vyskytuje výrazně zvýšené množství obsahu (mg/kg sušiny) nad stanovenou přípustnou hranicí. Další prvek, u kterého docházelo k překročení povolených hodnot je kadmium (Cd). Tento prvek však překračoval limitní hodnoty pouze v prvních fázích rekultivačních prací a od roku 1997 se pohybuje hluboko pod hranicí povolených hodnot. Ostatní prvky můžeme hodnotit jako bezproblémové, protože u žádného dalšího prvku nedošlo k překročení limitů.

Při porovnání výsledků biomonitoringu z lokality MAPE Mydlovary s výsledky vzorků krajinného pozadí zjistíme, že k překročení limitních hodnot dochází i mimo zatíženou lokalitu. Překročení však není tak výrazné jako u zájmové lokality. Po analýze trendu vývoje zjistíme, že u všech sledovaných prvků dochází k postupnému snižování. V současné době překračuje limitní hranici pouze mangan. Pokud si tento prvek udrží svůj klesající trend můžeme očekávat, že se v nejbližších letech dostane na úroveň krajinného pozadí. Vzhledem k zjištěným skutečnostem můžeme považovat prováděné rekultivace jako úspěšné a navrhuji pokračovat stejným způsobem i nadále.

Člověk svými zásahy do krajiny často mění přirozené prostředí a narušuje jeho rovnováhu. Pro zachování udržitelného stavu do budoucnosti je však nezbytné, aby následky svého necitlivého jednání zmírňoval či úplně eliminoval a umožnil tak život ve zdravém prostředí dalším generacím.

6. Použitá literatura

- [1] COLE, L.: Elements of Risk: the Politics of Radon, AAAS Press, 1993
- [2] DEMAIN, A. L., DAVIES, E.: Manual of Industrial Microbiology and Biotechnology, ASM Press, Washington, D. C. 1999
- [3] DEMNEROVÁ, K., PAZLAROVÁ, J., PAZLAR, M.: Biotechnologie životního prostředí, VŠCHT, Praha 2000
- [4] HRDINA, P., PRÁŠEK, K.: Využití odpadů z teplárenství a energetiky a kalů z ČOV k technické a biologické rekultivaci odkaliště KIII – Olešník, REKKA s. r. o., České Budějovice 2001
- [5] HRDINA, P.: Využití odpadů z teplárenství a energetiky a kalů z ČOV k technické a biologické rekultivaci odkaliště KIII – Olešník, elektronický odkaz na: <http://www.diamo.cz/hpvt/hp2002/historie/2001/sekce/sanace/16/S16.htm>
- [6] HRUBÁ, K.: Rekultivace odkališť po uranové činnosti MAPE Mydlovary, Návrh biologické rekultivace v lokalitě Okrouhlá Radoň, str. 146 -152, Sborník referátů „45 let české rekultivační školy“, Most 1997
- [7] JONÁŠ, F.: Rekultivace devastovaných půd, VŠZ, Praha 1986
- [8] KYSELA, V.: Zkušenosti z realizace stavby – Sanace odkaliště KIV/D 2. etapa, Stráž pod Ralskem 2000
- [9] LUSK, K., VESELÝ, P.: Hydrogeologická problematika sanace odkališť MAPE Mydlovary, Stráž pod Ralskem 2002
- [10] MAUER, O.: Deteriorizace a rekultivace I., skriptum VŠZ, Brno 1985
- [11] MAUER, O.: Deteriorizace a rekultivace II., skriptum VŠZ, Brno 1985
- [12] NOVOTNÝ, J.: Rekultivace odkališť uranového průmyslu, Přírodovědná fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc 1993
- [13] POKORNÝ E., FILIP J., LÁZNIČKA V.: Rekultivace, skriptum VŠZ, Brno 2001
- [14] SIROTKOVÁ, D.: Možnosti využití odpadů pro rekultivační práce, VÚV T. G. M. – CeHO, Praha 2002
- [15] ŠTÝS, S.: Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin, SNTL, Praha 1990
- [16] TOMÁŠEK, J., LUNDÁKOVÁ I.: Zahlazování následků hornické uranové činnosti, Středisko odpadů Mníšek, Mníšek pod Brdy 1998

7. Seznam grafů a tabulek

7.1. Seznam grafů

Graf 1 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Olše 20 v letech 1993 – 2005	49
Graf 2 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Borovice 21 v letech 1993 – 2005	50
Graf 3 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Modřín 22 v letech 1993 – 2005	51
Graf 4 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Dub 23 v letech 1993 – 2005	52
Graf 5 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Olše 37a v letech 1993 – 2005	53
Graf 6 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Vrba 40 v letech 1994 – 2005	54
Graf 7 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Borovice 41 v letech 1994 – 2005	55
Graf 8 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Bříza 49 v letech 1994 – 2005	56
Graf 9 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Dub 50 v letech 2002 – 2005	57
Graf 10 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Olše 51 v letech 1994 – 2005	58
Graf 11 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Vrba 60 v letech 1995 – 2005	59
Graf 12 Vývoj množství manganu (mg/kg) ve vzorku Bříza 64 v letech 1995 – 2005	60
Graf 13 Vývoj průměrných hodnot manganu (mg/kg) u sledovaných dřevin v letech 1994 – 2005	61
Graf 14 Vývoj průměrných hodnot kadmia (mg/kg) u sledovaných dřevin v letech 1994 – 2005	62
Graf 15 Vývoj průměrných hodnot uranu (mg/kg) u sledovaných dřevin v letech 1994 – 2005	63
Graf 16 Vývoj průměrných hodnot radia (Bq/g) u sledovaných dřevin v letech 1994 – 2005	64
Graf 17 Srovnání průměrných hodnot manganu (mg/kg) na MAPE a krajinném pozadí v roce 2007	65
Graf 18 Srovnání průměrných hodnot kadmia (mg/kg) na MAPE a krajinném pozadí v roce 2007	67

7.2. Seznam tabulek

Tabulka 1 Srovnání velikostí odkališť	41
Tabulka 2 Stav rekultivací k 1. 1. 2007	42
Tabulka 3 Analýzy odkalištních vod 1998 – průměry a maxima	44

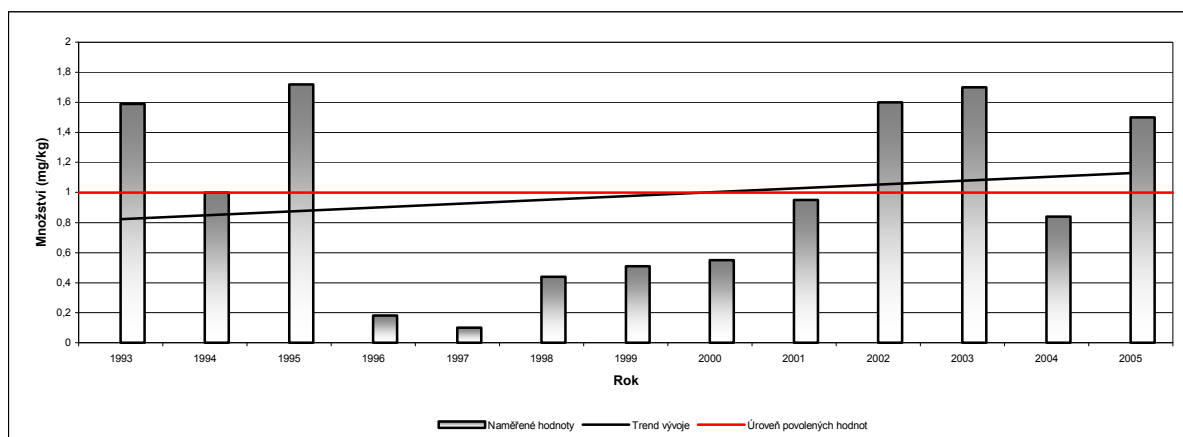
Tabulka 4 Složení odkalištní vody před čištěním a po čištění alkalizací	44
Tabulka 5 Průměrné složení odkalištních vod bývalé CHÚ MAPE Mydlovary v roce 2003 ..	45
Tabulka 6 Objem vyčištěné odkalištní vody čerpané do řeky Vltavy	46
Tabulka 7 Maximální přípustné množství těžkých kovů a radionuklidů v dřevinách.....	48
Tabulka 8 Přehled sledovaných dřevin na lokalitě MAPE Mydlovary	48
Tabulka 9 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Olše 20 v letech 1993 – 2005	49
Tabulka 10 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Borovice 21 v letech 1993 – 2005	50
Tabulka 11 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Modřín 22 v letech 1993 – 2005	51
Tabulka 12 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Dub 23 v letech 1993 – 2005.....	52
Tabulka 13 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Olše 37a v letech 1993 – 2005 ..	53
Tabulka 14 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Vrba 40 v letech 1994 – 2005....	54
Tabulka 15 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Borovice 41 v letech 1994 – 2005	55
Tabulka 16 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Bříza 49 v letech 1994 – 2005 ...	56
Tabulka 17 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Dub 50 v letech 2002 – 2005.....	57
Tabulka 18 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Olše 51 v letech 1994 – 2005	58
Tabulka 19 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Vrba 60 v letech 1995 – 2005....	59
Tabulka 20 Naměřené hodnoty manganu (mg/kg) u vzorku Bříza 64 v letech 1995 – 2005 ...	60
Tabulka 21 Průměrné hodnoty manganu (mg/kg) u sledovaných dřevin v letech 1994 – 2005	61
Tabulka 22 Průměrné hodnoty kadmia (mg/kg) u sledovaných dřevin v letech 1994 – 2005 .	62
Tabulka 23 Průměrné hodnoty uranu (mg/kg) u sledovaných dřevin v letech 1994 – 2005	63
Tabulka 24 Průměrné hodnoty radia (Bq/g) u sledovaných dřevin v letech 1994 – 2005.....	64
Tabulka 25 Průměrné naměřené hodnoty manganu (mg/kg) na lokalitě MAPE Mydlovary a krajinném pozadí v roce 2007.....	65
Tabulka 26 Průměrné naměřené hodnoty kadmia (mg/kg) na lokalitě MAPE Mydlovary a krajinném pozadí v roce 2007.....	66

8. Přílohy

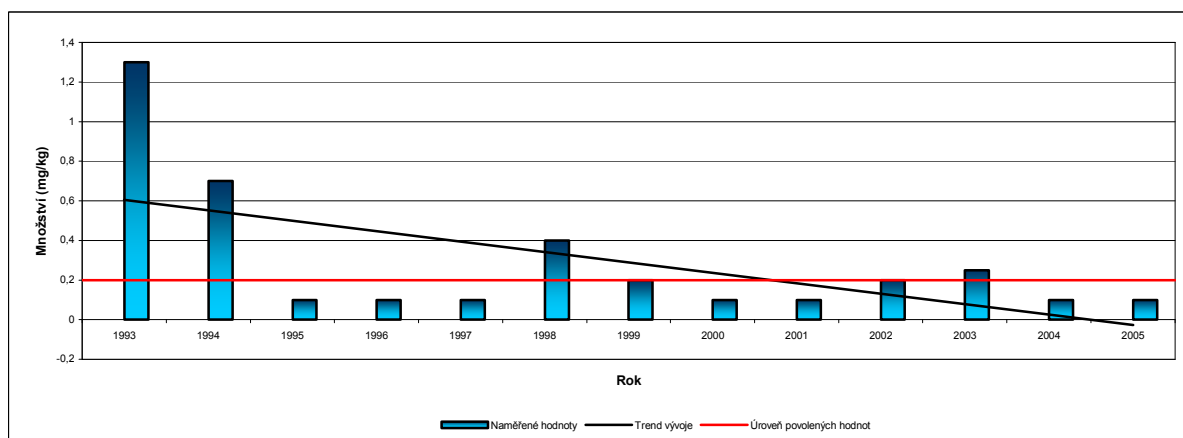
Příloha 1 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Olše 20.....	75
Příloha 2 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Olše 20.....	75
Příloha 3 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Olše 20.....	75
Příloha 4 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Borovice 21.....	76
Příloha 5 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Borovice 21.....	76
Příloha 6 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Borovice 21.....	76
Příloha 7 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Modřín 22.....	77
Příloha 8 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Modřín 22.....	77
Příloha 9 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Modřín 22.....	77
Příloha 10 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Dub 23.....	78
Příloha 11 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Dub 23.....	78
Příloha 12 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Dub 23.....	78
Příloha 13 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Olše 37a.....	79
Příloha 14 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Olše 37a.....	79
Příloha 15 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Olše 37a.....	79
Příloha 16 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Vrba 40.....	80
Příloha 17 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Vrba 40.....	80
Příloha 18 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Vrba 40.....	80
Příloha 19 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Borovice 41.....	81
Příloha 20 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Borovice 41.....	81
Příloha 21 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Borovice 41.....	81
Příloha 22 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Bříza 49.....	82
Příloha 23 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Bříza 49.....	82
Příloha 24 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Bříza 49.....	82
Příloha 25 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Dub 50.....	83
Příloha 26 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Dub 50.....	83
Příloha 27 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Dub 50.....	83
Příloha 28 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Olše 51.....	84
Příloha 29 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Olše 51.....	84
Příloha 30 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Olše 51.....	84
Příloha 31 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Vrba 60.....	85

Příloha 32 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Vrba 60	85
Příloha 33 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Vrba 60	85
Příloha 34 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Bříza 64	86
Příloha 35 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Bříza 64	86
Příloha 36 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Bříza 64	86
Příloha 37 Strukturně geologická mapa oblasti odkališť MAPE Mydlovary	87
Příloha 38 Mapa izolinií úrovně první hladiny podzemní vody okolí odkališť (červenec 2000)	88
Příloha 39 Mapa rozšíření kontaminace podzemních vod okolí odkališť – porovnání let 2000 a 1996	89
Příloha 40 Mapa rozdělení indikačních vrtů podle genetického typu vzorkované podzemní vody na lokalitě MAPE Mydlovary	90
Příloha 41 Mapa vývěřů důlních vod	91
Příloha 42 Matematický model – rozložení vrstev modelové sítě pro oblast odkaliště KIII (podélný řez)	92
Příloha 43 Matematický model – rozložení vrstev modelové sítě pro oblast odkaliště KIII (příčné řezy)	92
Příloha 44 Letecký snímek lokality z roku 1952	93
Příloha 45 Letecký snímek lokality z roku 1996	93
Příloha 46 Letecký snímek lokality z roku 2000	94
Příloha 47 Fotografie odkaliště KIV	95
Příloha 48 Fotografie odkaliště KIV	95
Příloha 49 Fotografie stoky Svatopluk	96
Příloha 50 Fotografie částečně zrekultivované plochy na odkališti KIII	96
Příloha 51 Fotografie vodní plochy na odkališti KIII	97
Příloha 52 Fotografie rekultivačního materiálu na odkališti KIII	97
Příloha 53 Ortofotomapa 1:13 000 – komplex odkališť a akumulčních nádrží s. p. DIAMO v Mydlovarech	98
Příloha 54 Mapa odběrových míst vzorků pro biomonitoring – stav k roku 2004	99

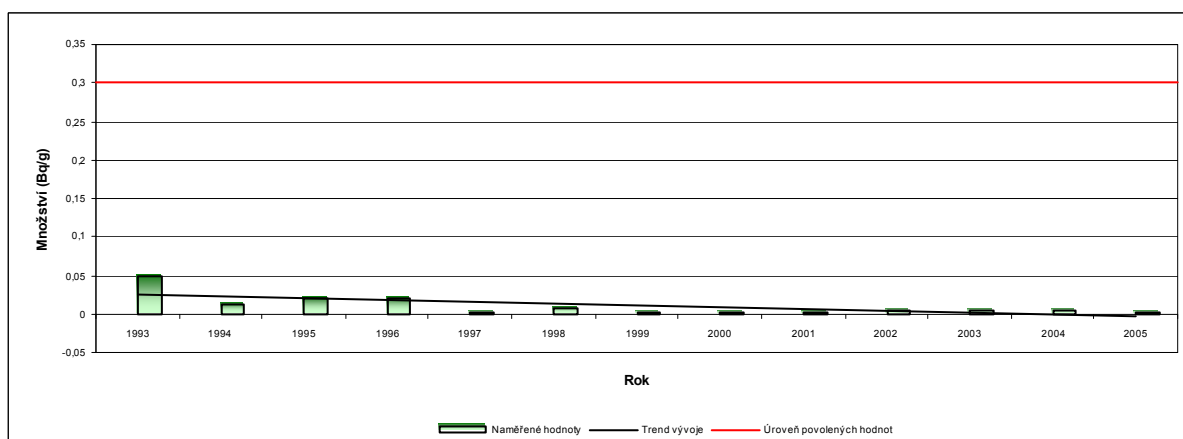
Příloha 1 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Olše 20



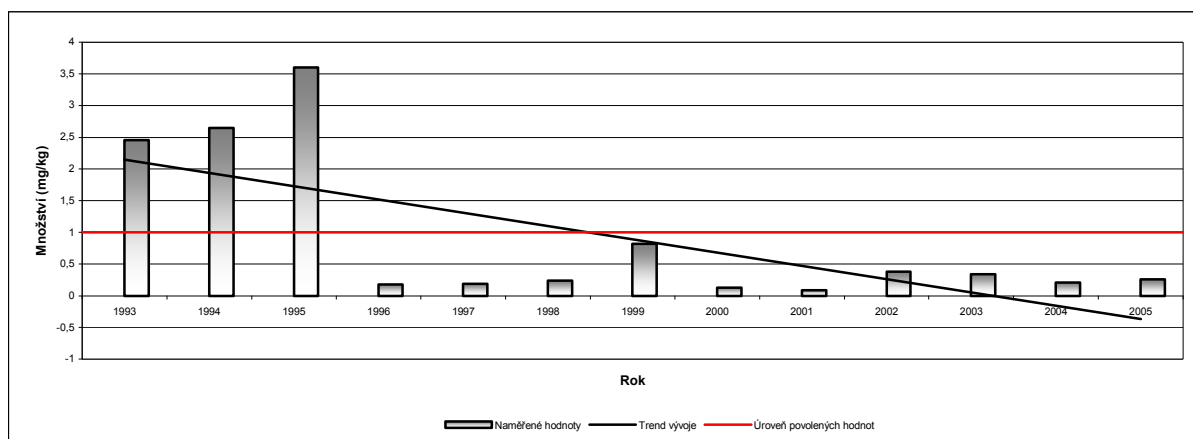
Příloha 2 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Olše 20



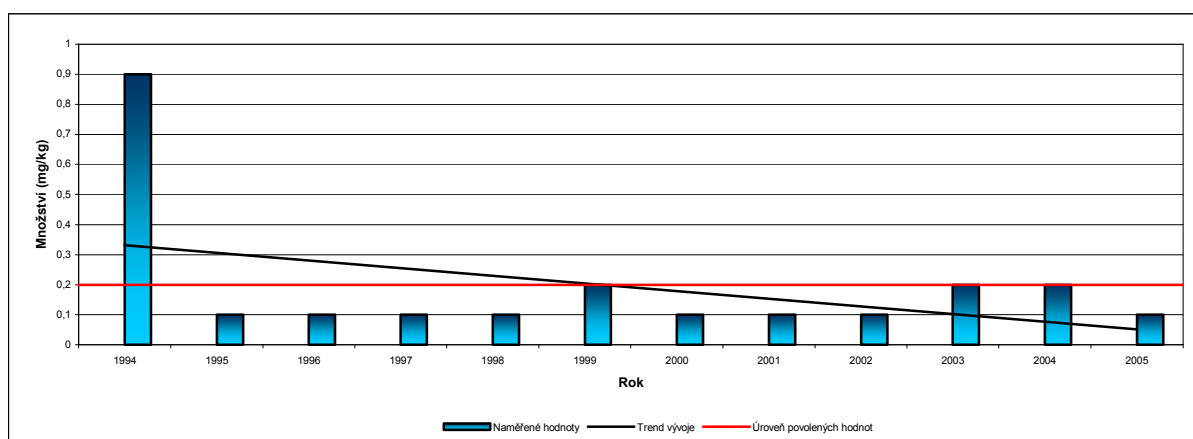
Příloha 3 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Olše 20



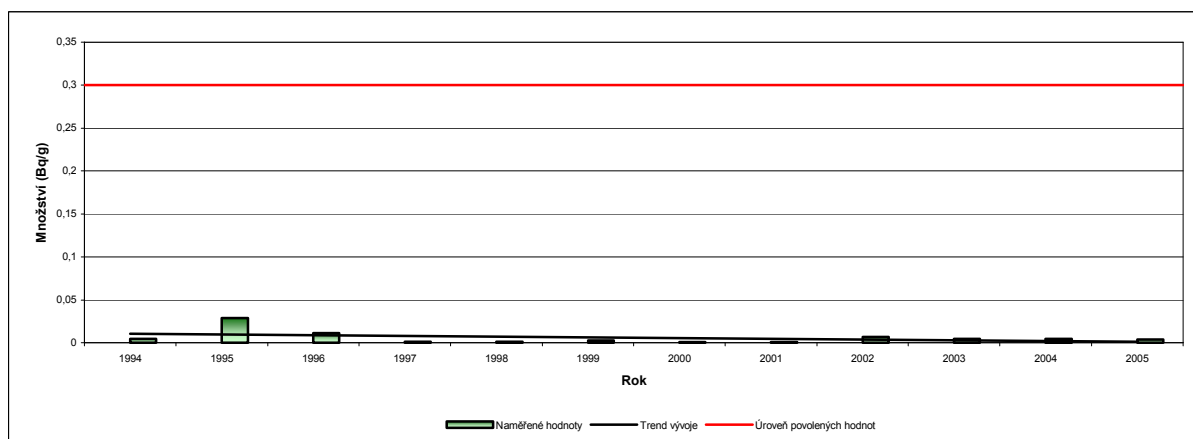
Příloha 4 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Borovice 21



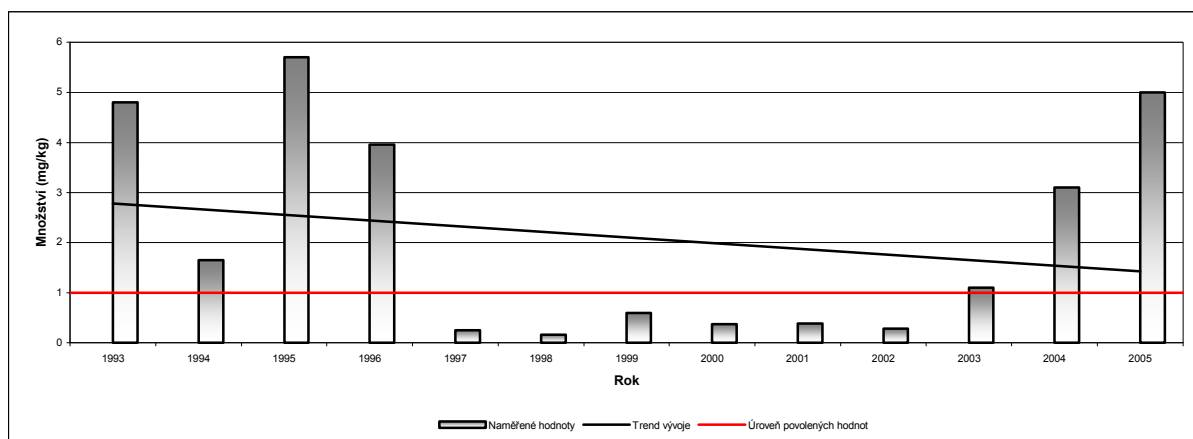
Příloha 5 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Borovice 21



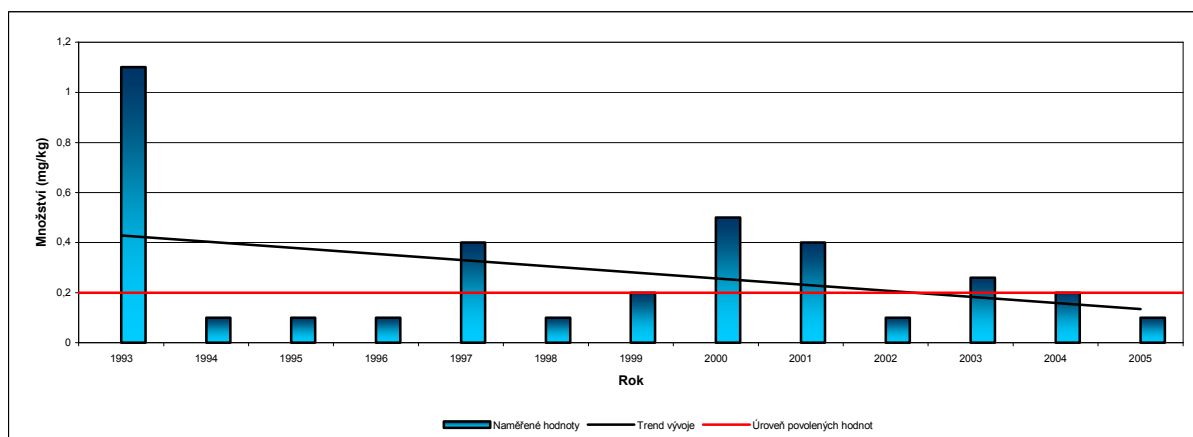
Příloha 6 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Borovice 21



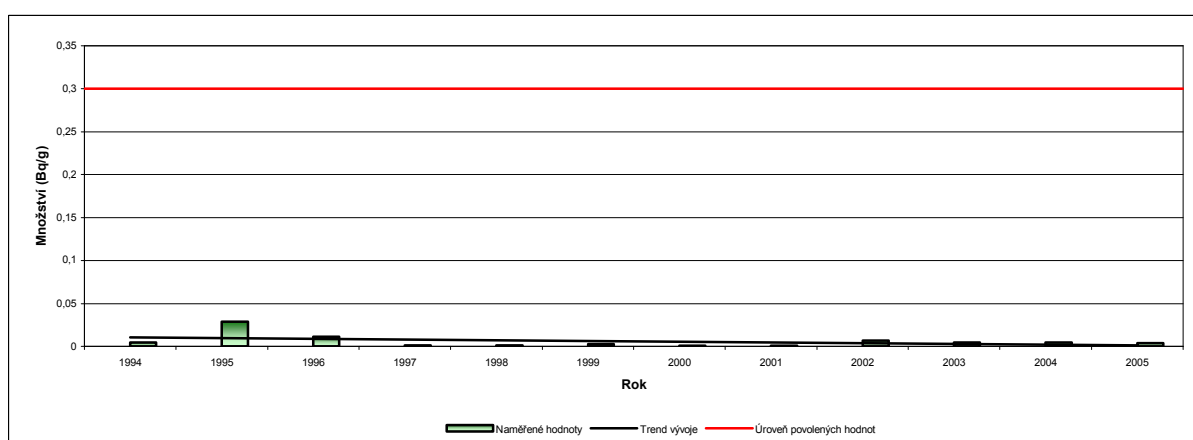
Příloha 7 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Modřín 22



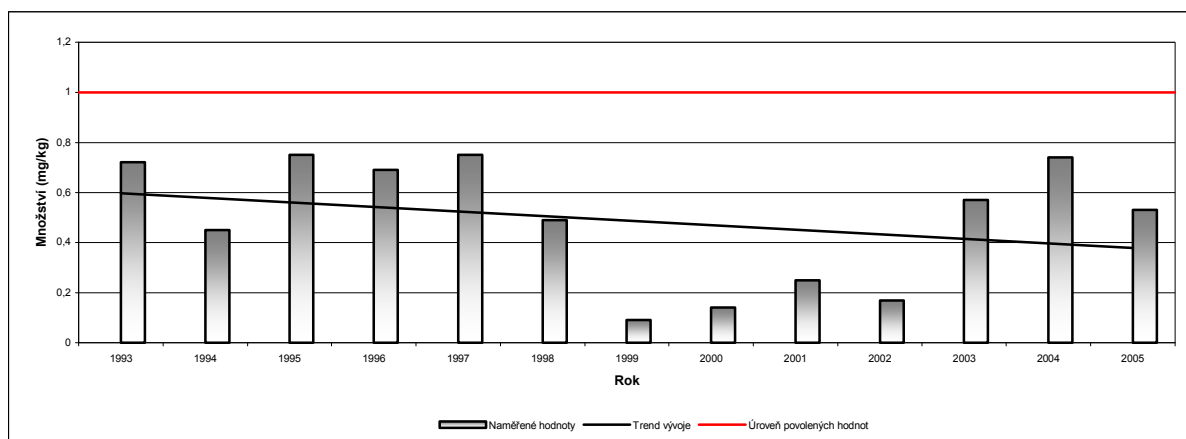
Příloha 8 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Modřín 22



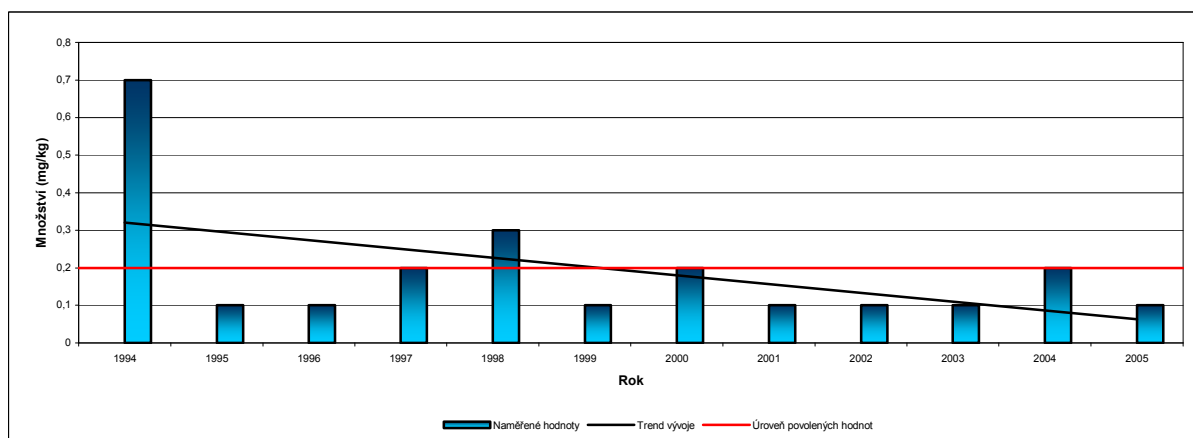
Příloha 9 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Modřín 22



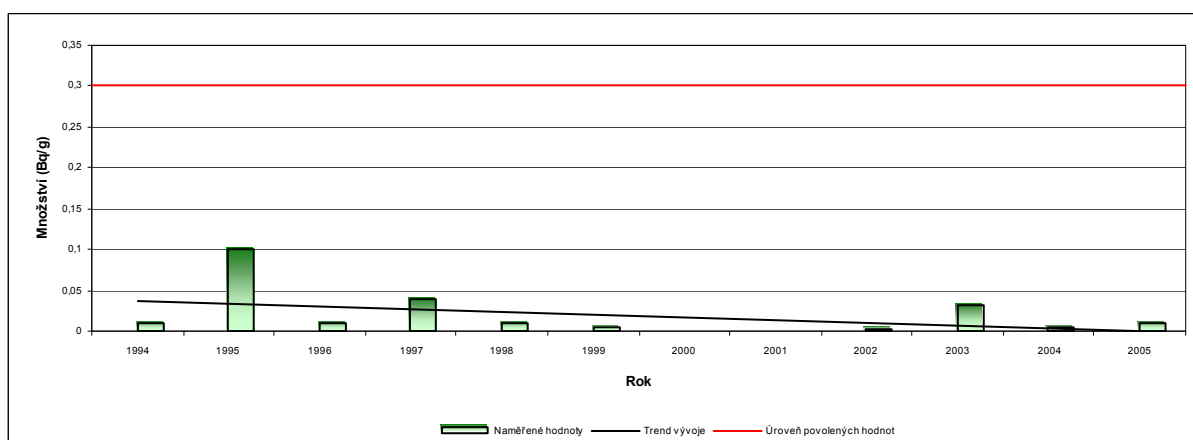
Příloha 10 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Dub 23



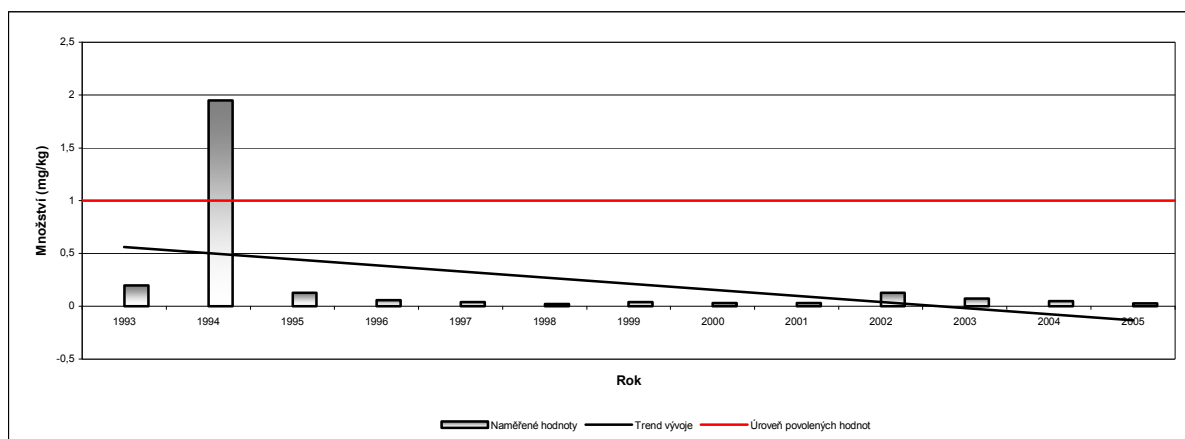
Příloha 11 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Dub 23



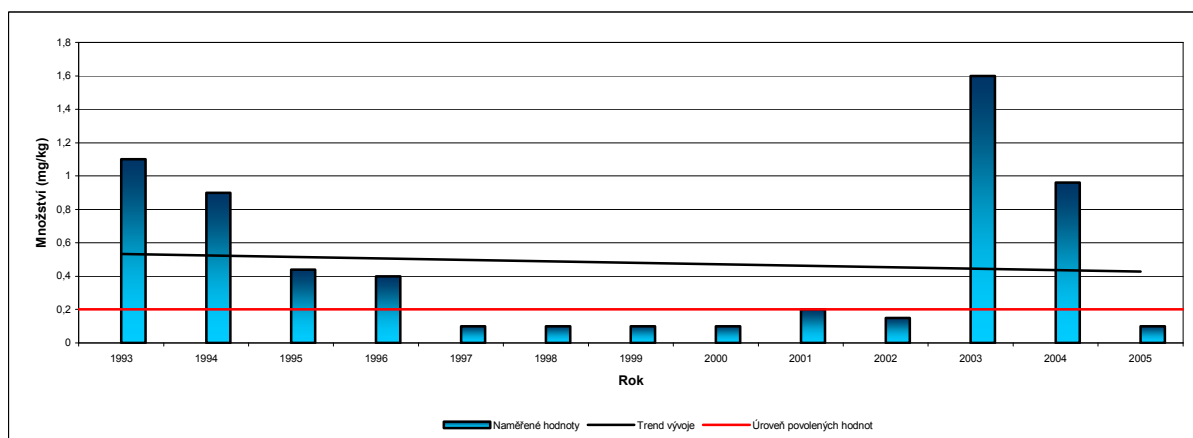
Příloha 12 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Dub 23



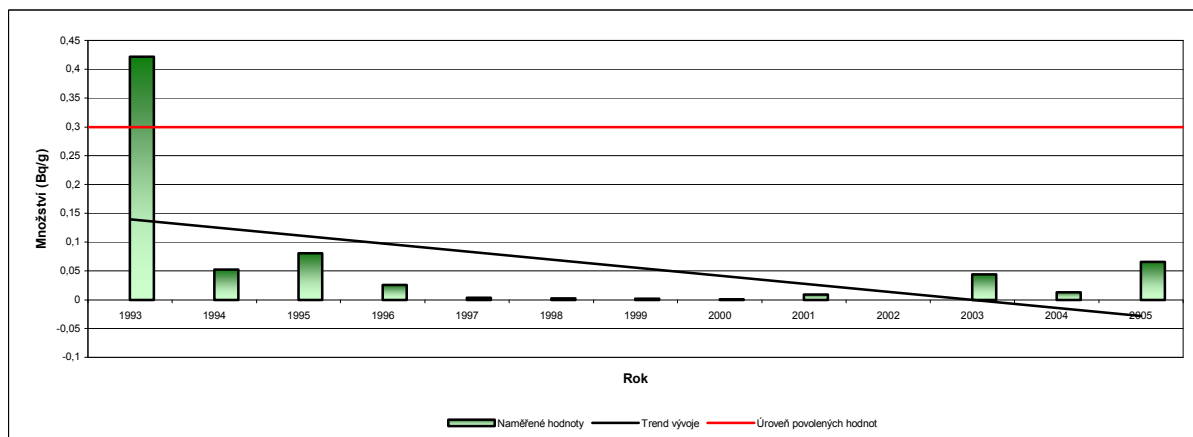
Příloha 13 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Olše 37a



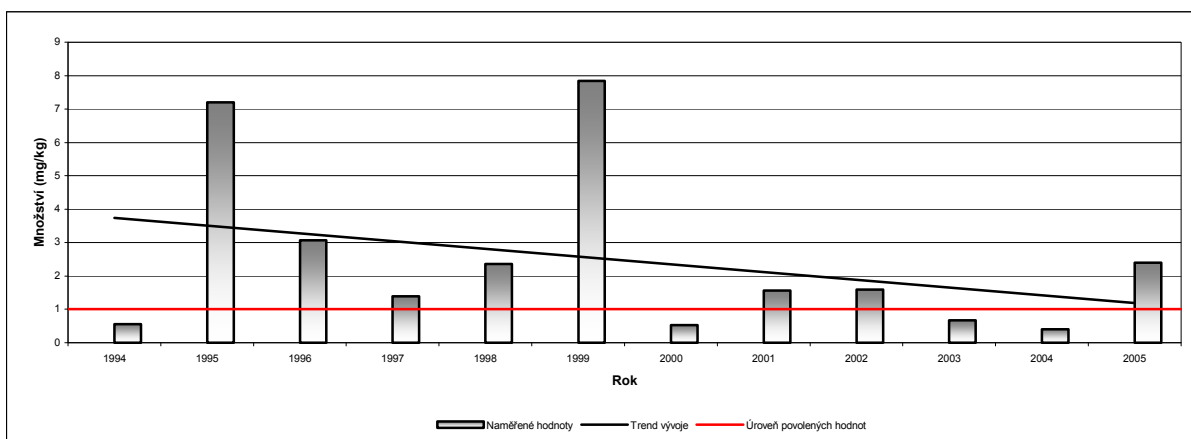
Příloha 14 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Olše 37a



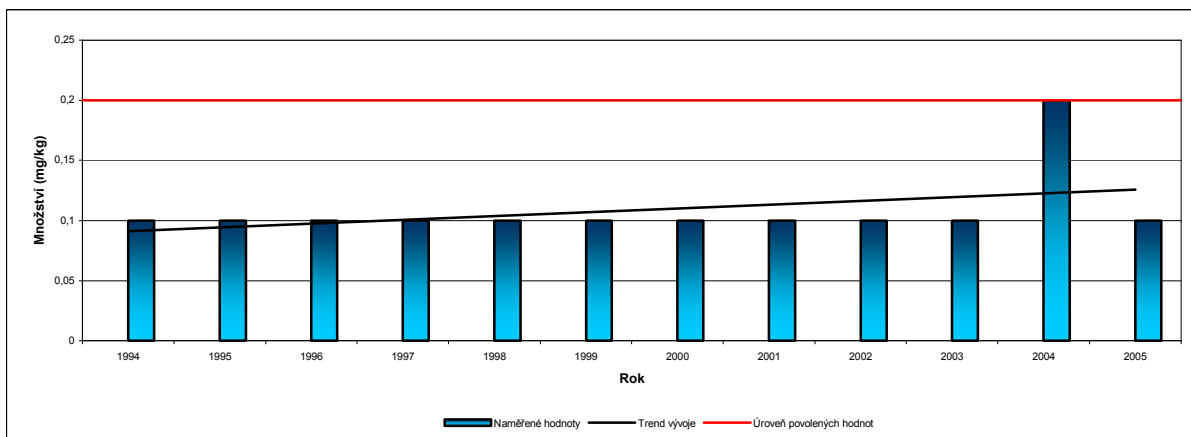
Příloha 15 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Olše 37a



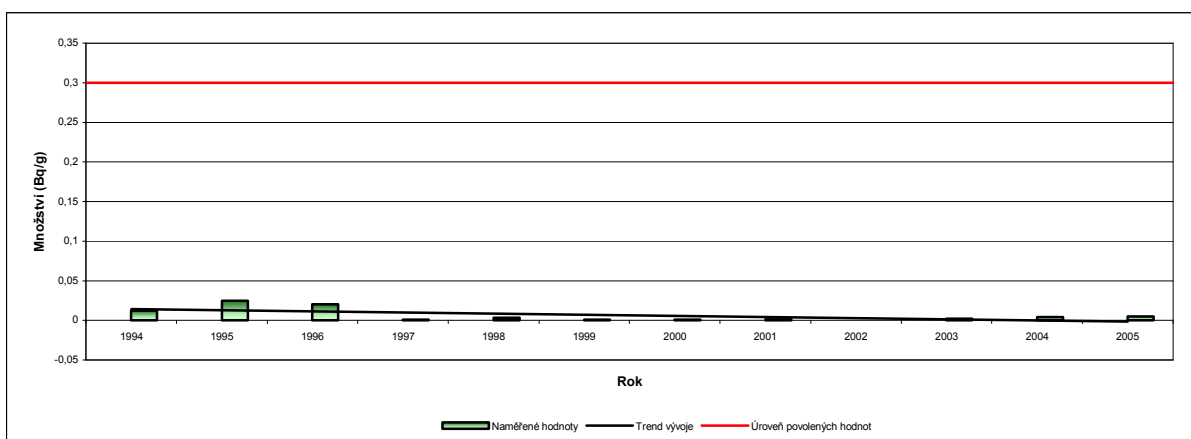
Příloha 16 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Vrba 40



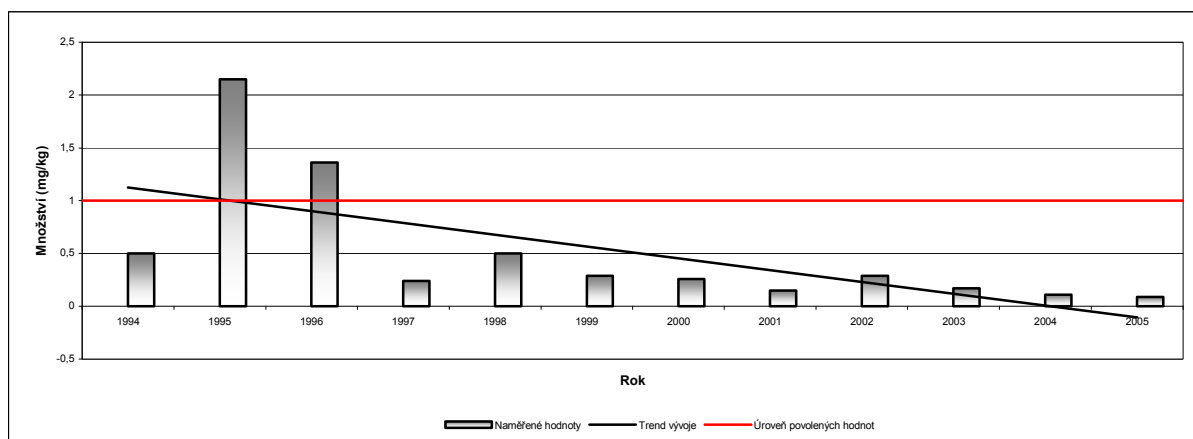
Příloha 17 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Vrba 40



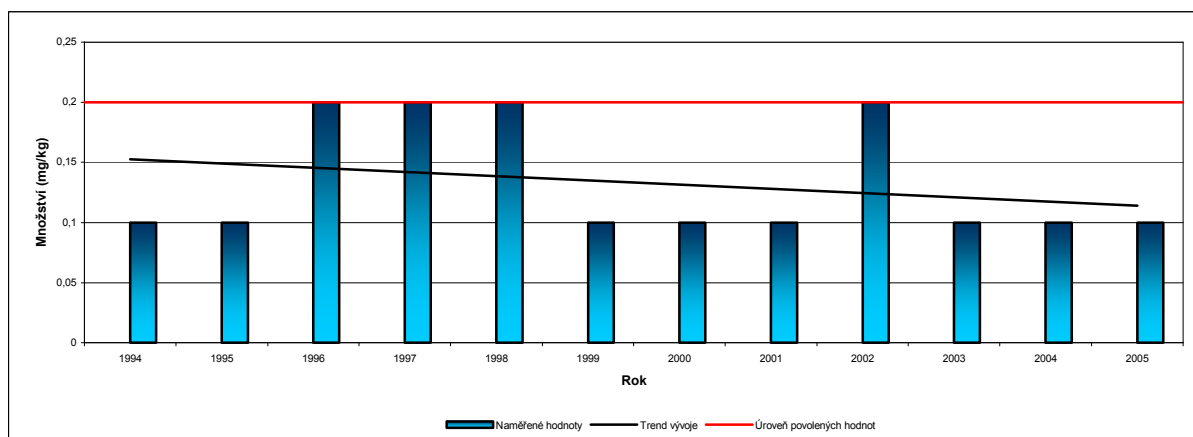
Příloha 18 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Vrba 40



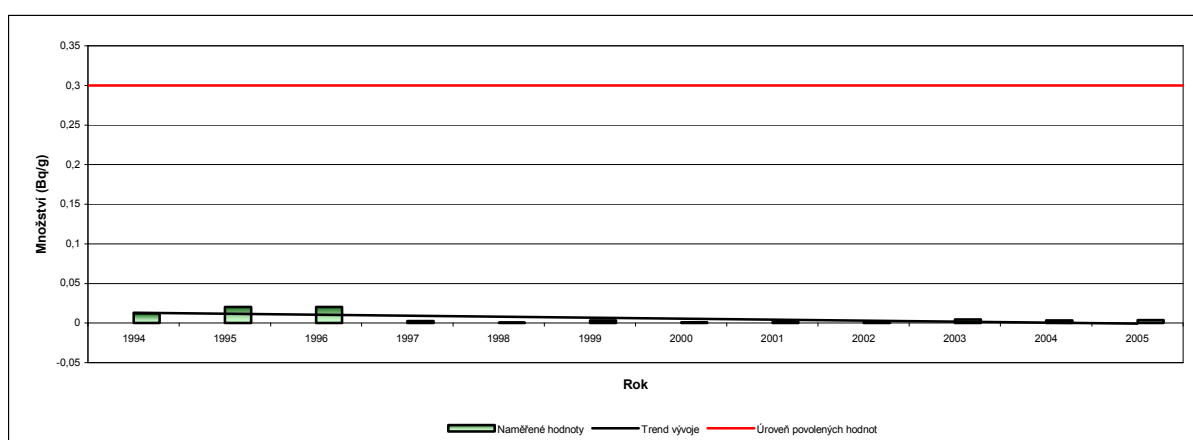
Příloha 19 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Borovice 41



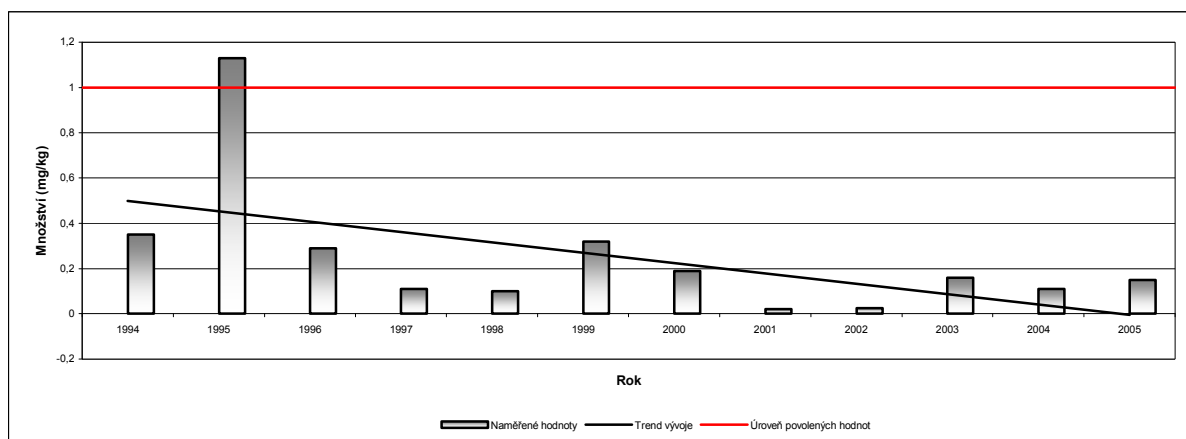
Příloha 20 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Borovice 41



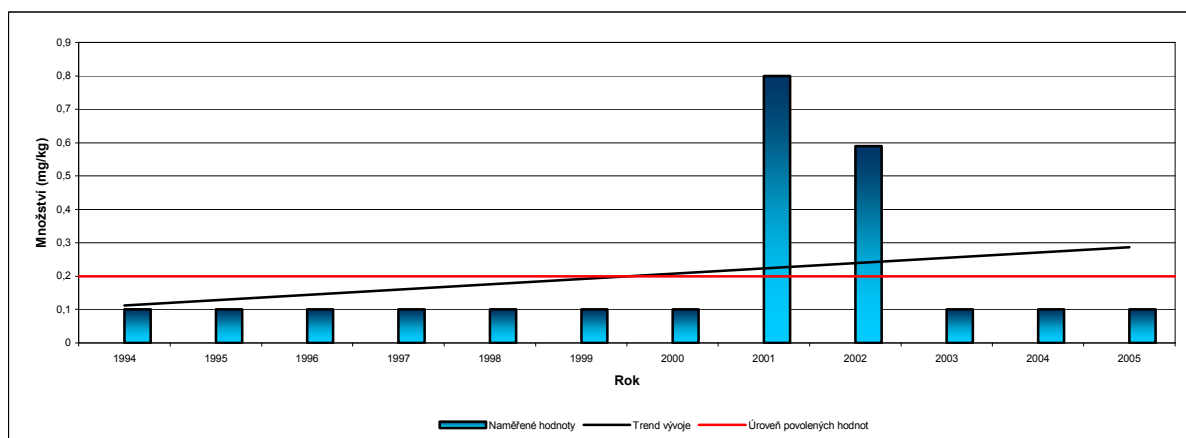
Příloha 21 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Borovice 41



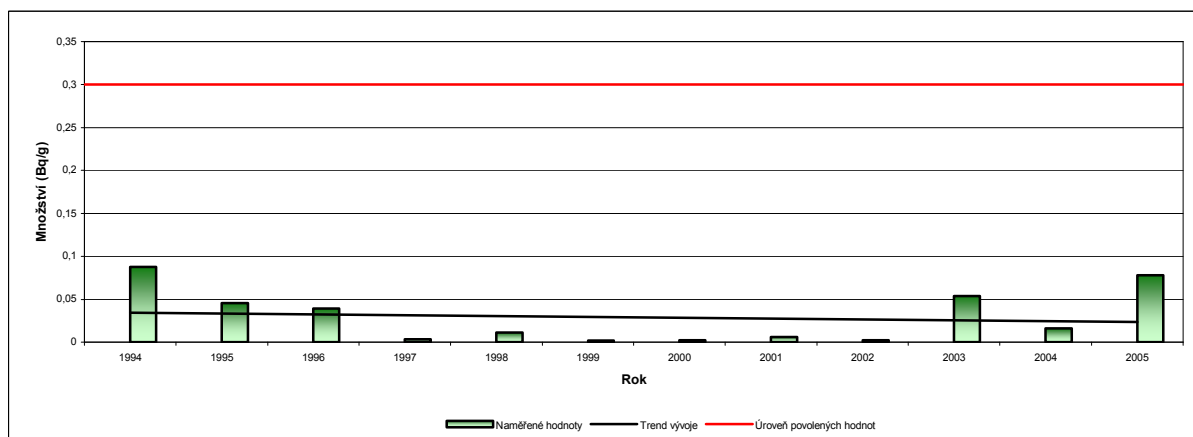
Příloha 22 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Bříza 49



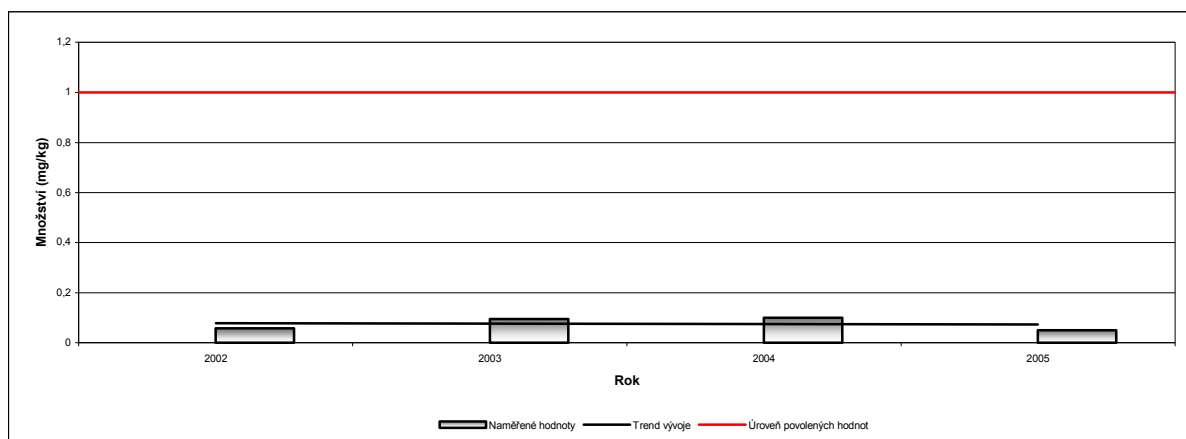
Příloha 23 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Bříza 49



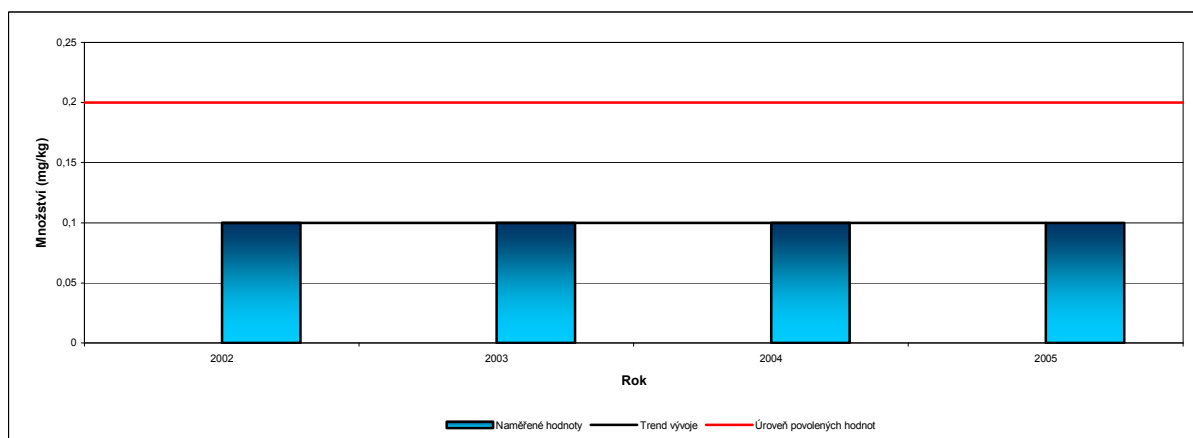
Příloha 24 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Bříza 49



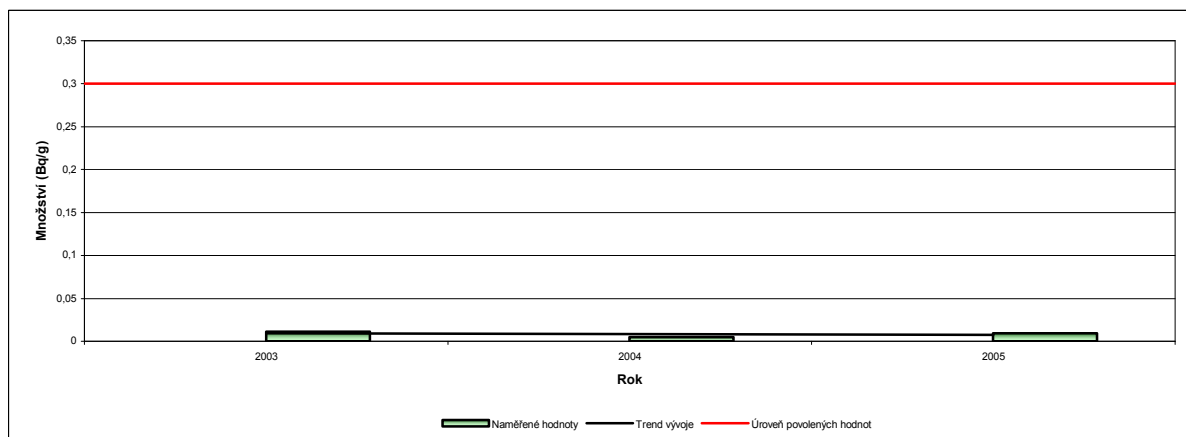
Příloha 25 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Dub 50



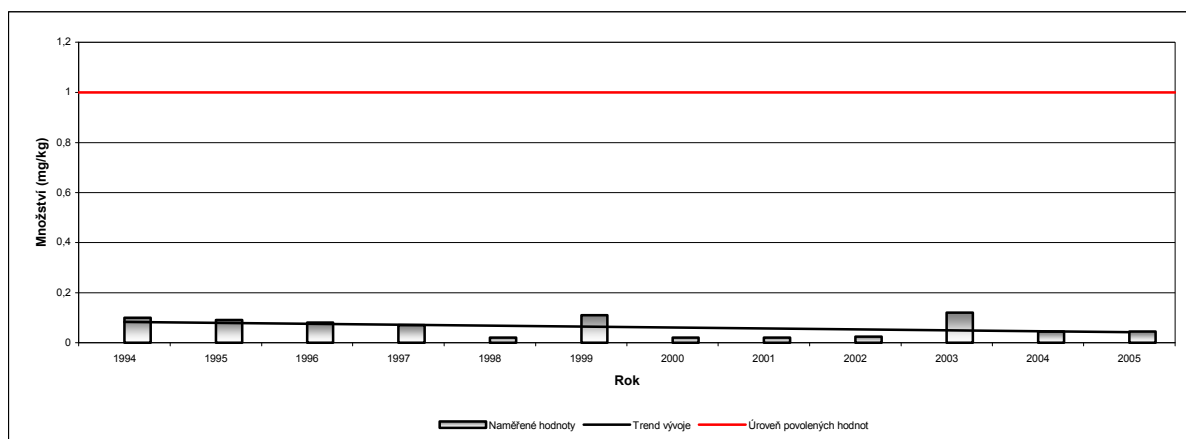
Příloha 26 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Dub 50



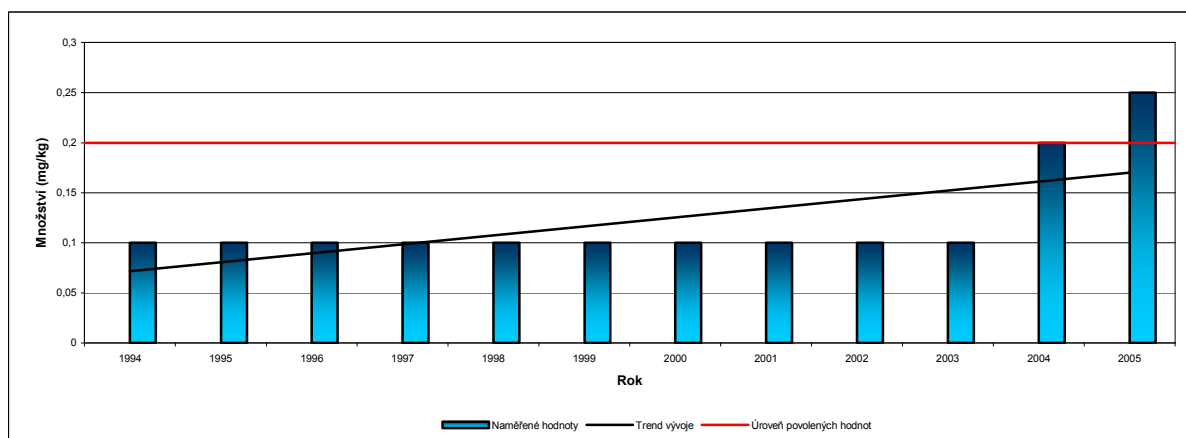
Příloha 27 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Dub 50



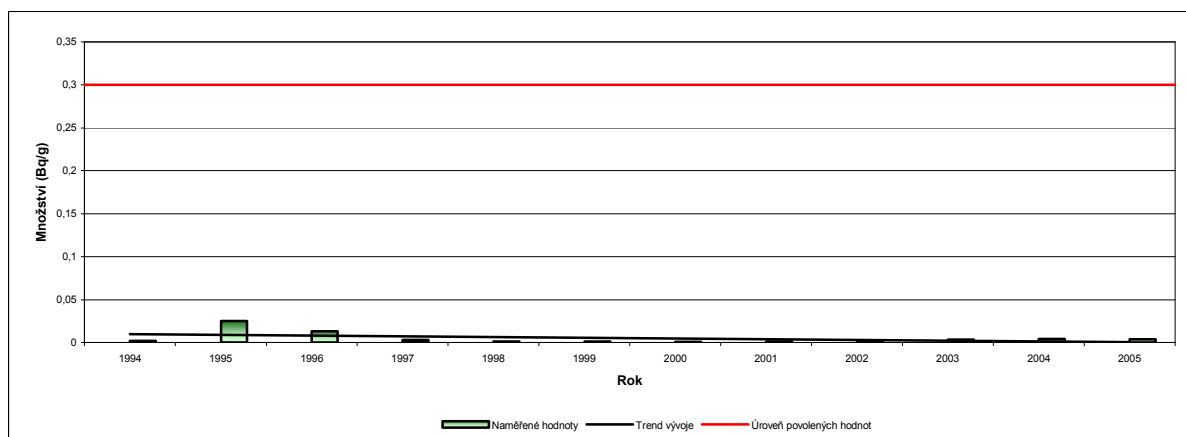
Příloha 28 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Olše 51



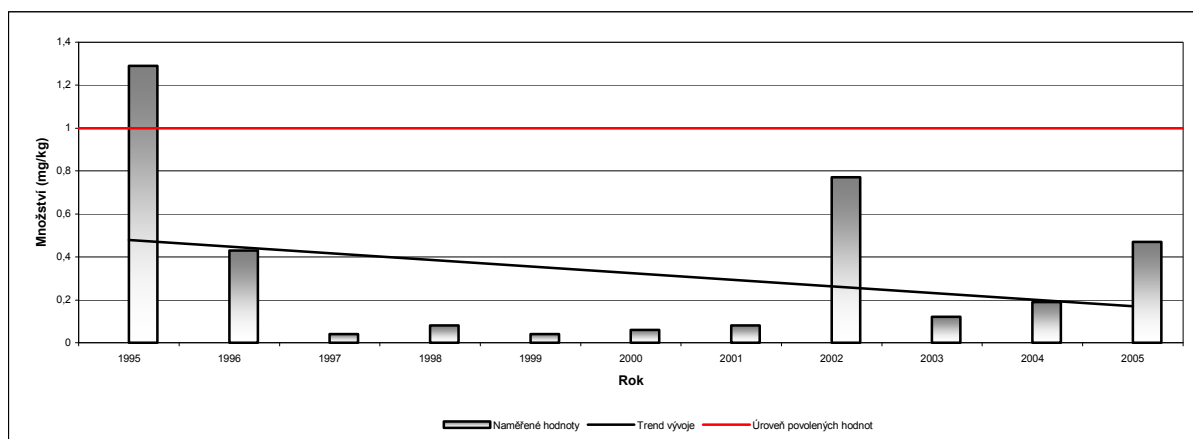
Příloha 29 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Olše 51



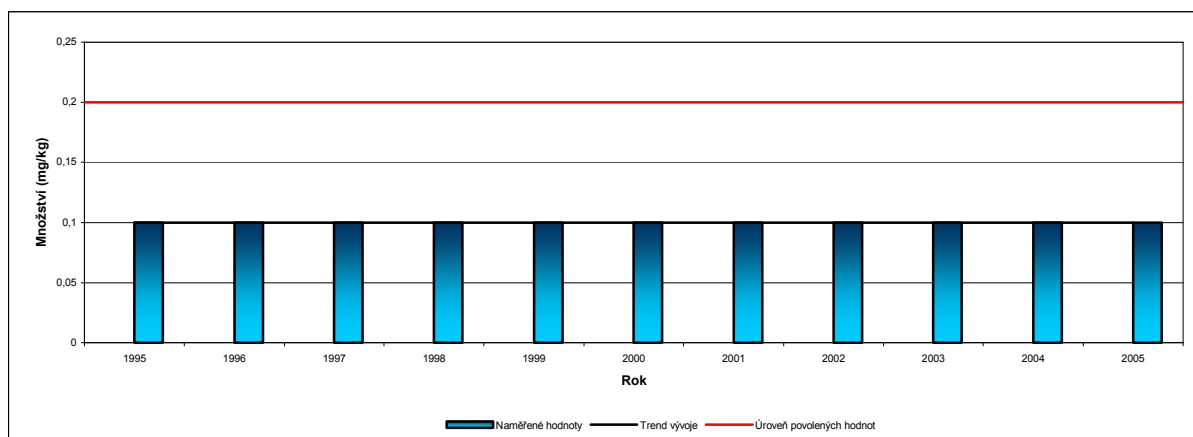
Příloha 30 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Olše 51



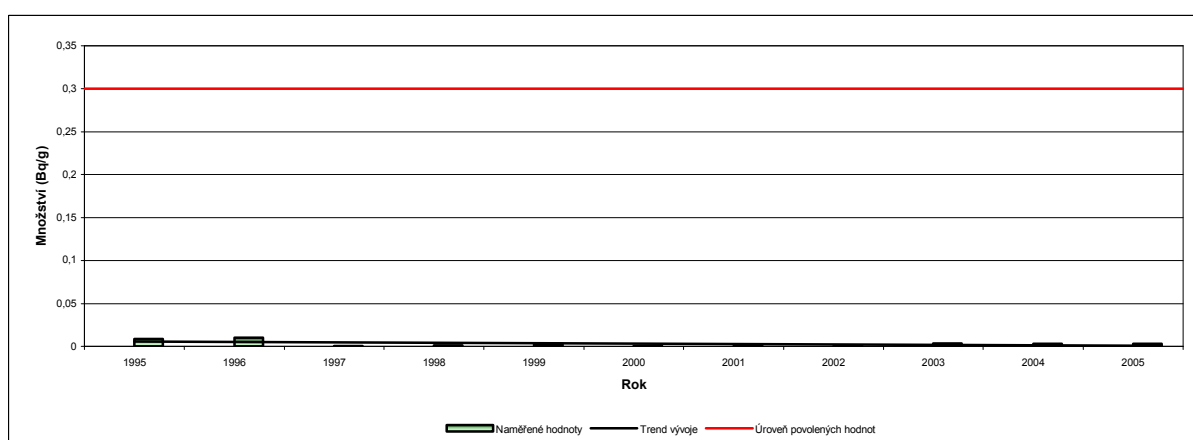
Příloha 31 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Vrba 60



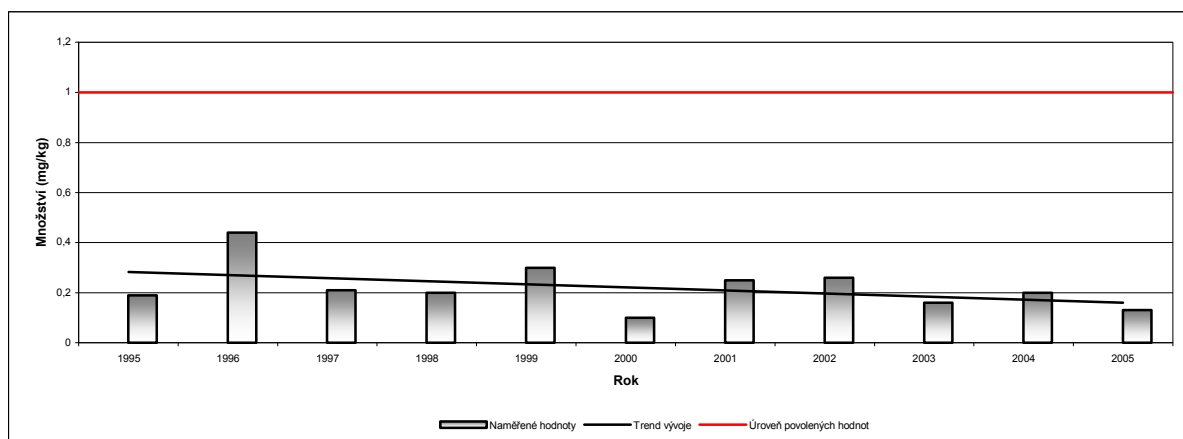
Příloha 32 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Vrba 60



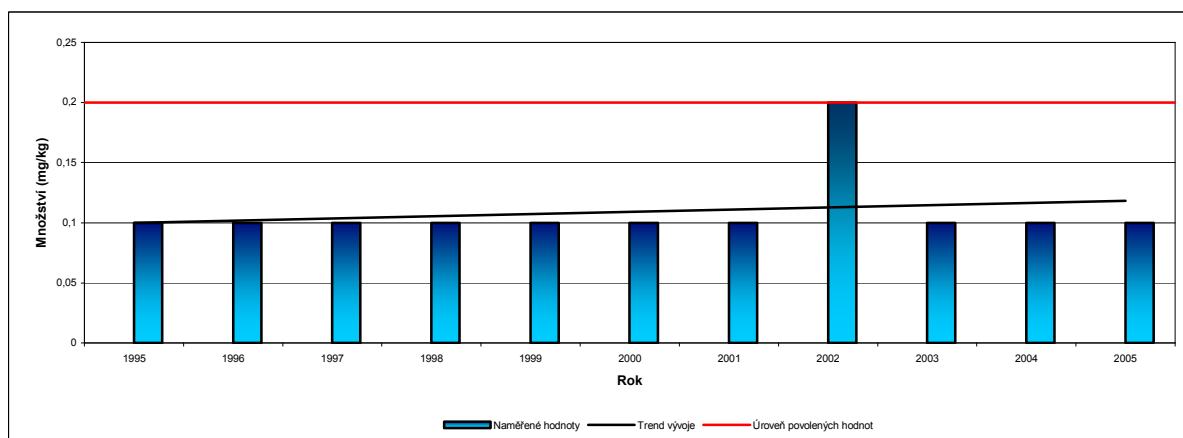
Příloha 33 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Vrba 60



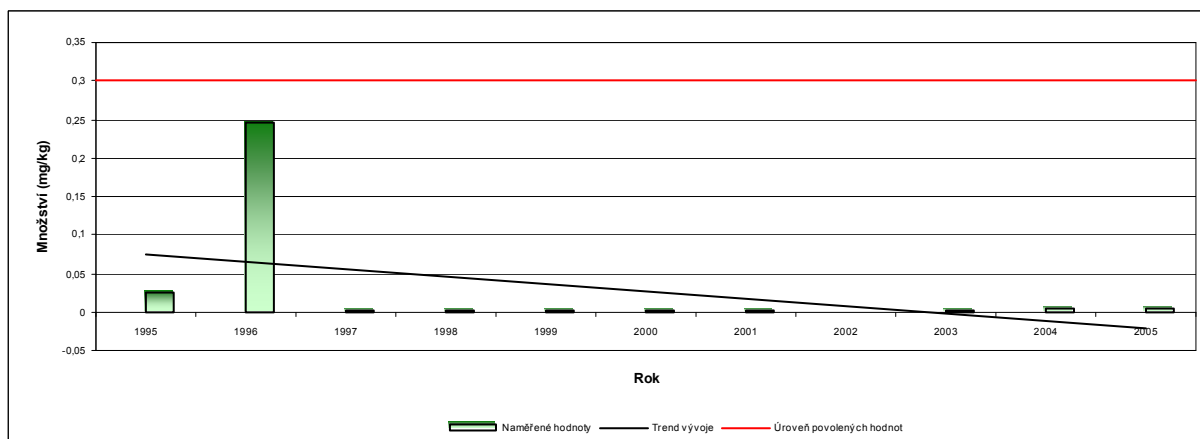
Příloha 34 Vývoj množství kadmia (Cd) u vzorku Bříza 64



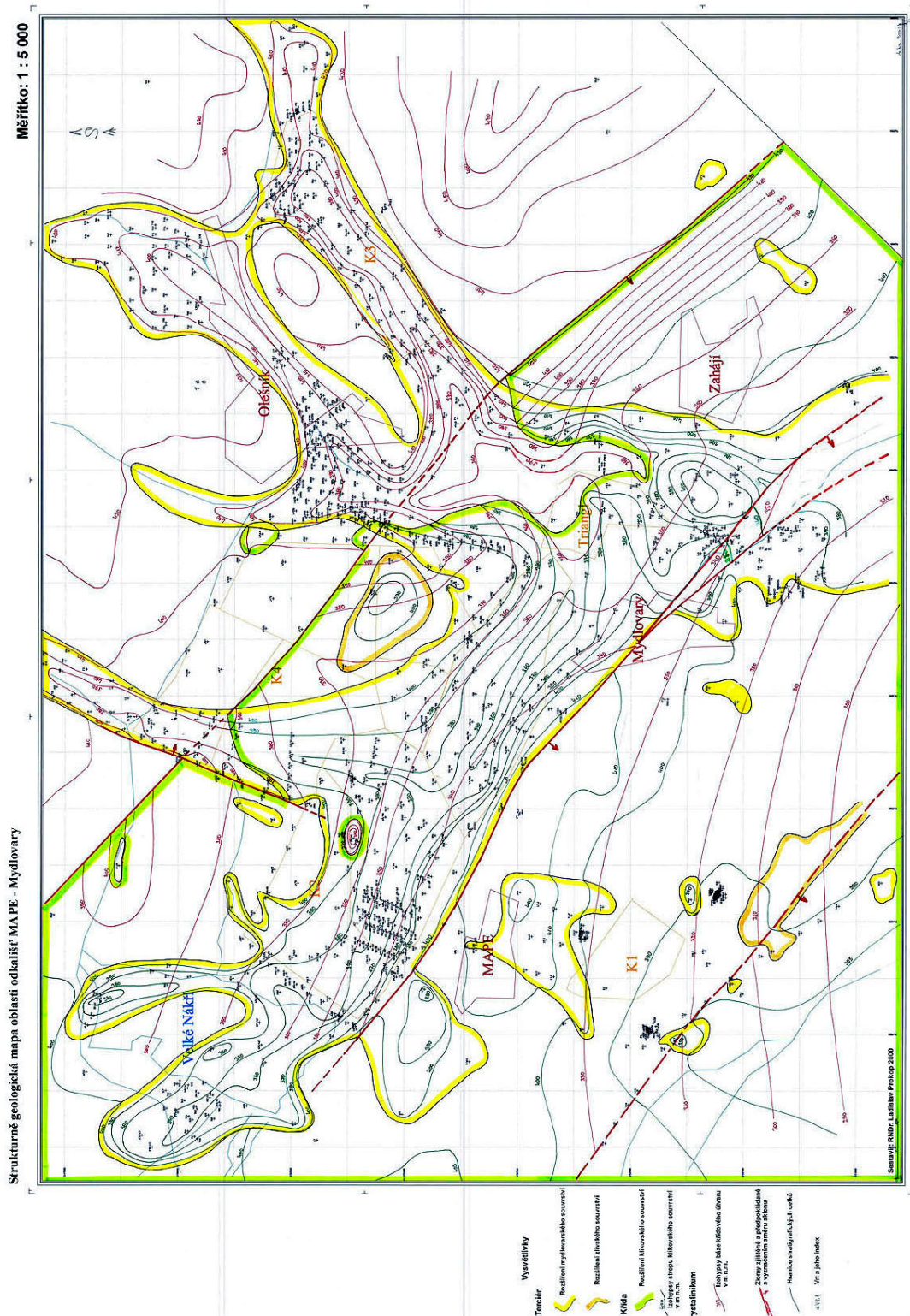
Příloha 35 Vývoj množství uranu (U) u vzorku Bříza 64



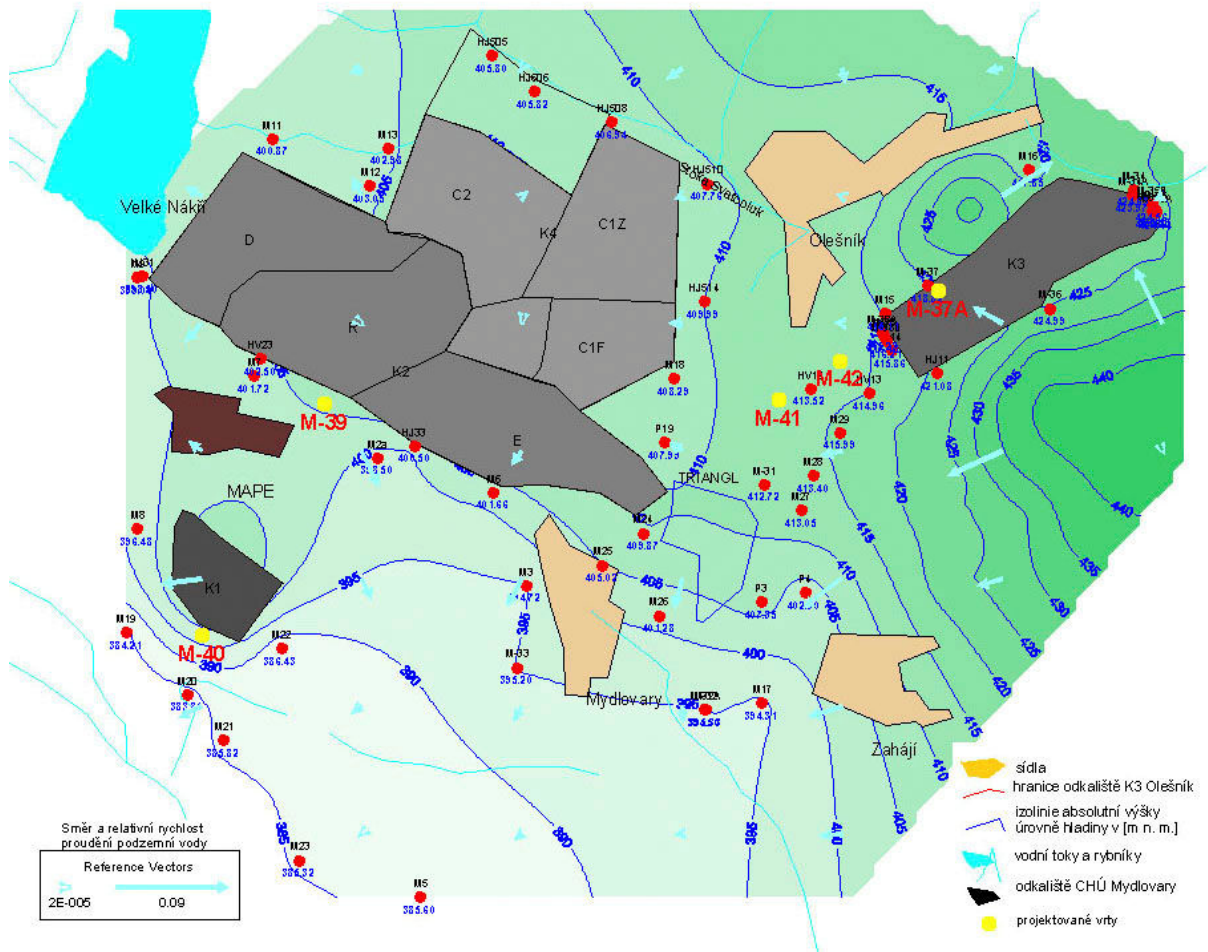
Příloha 36 Vývoj množství radia (Ra) u vzorku Bříza 64



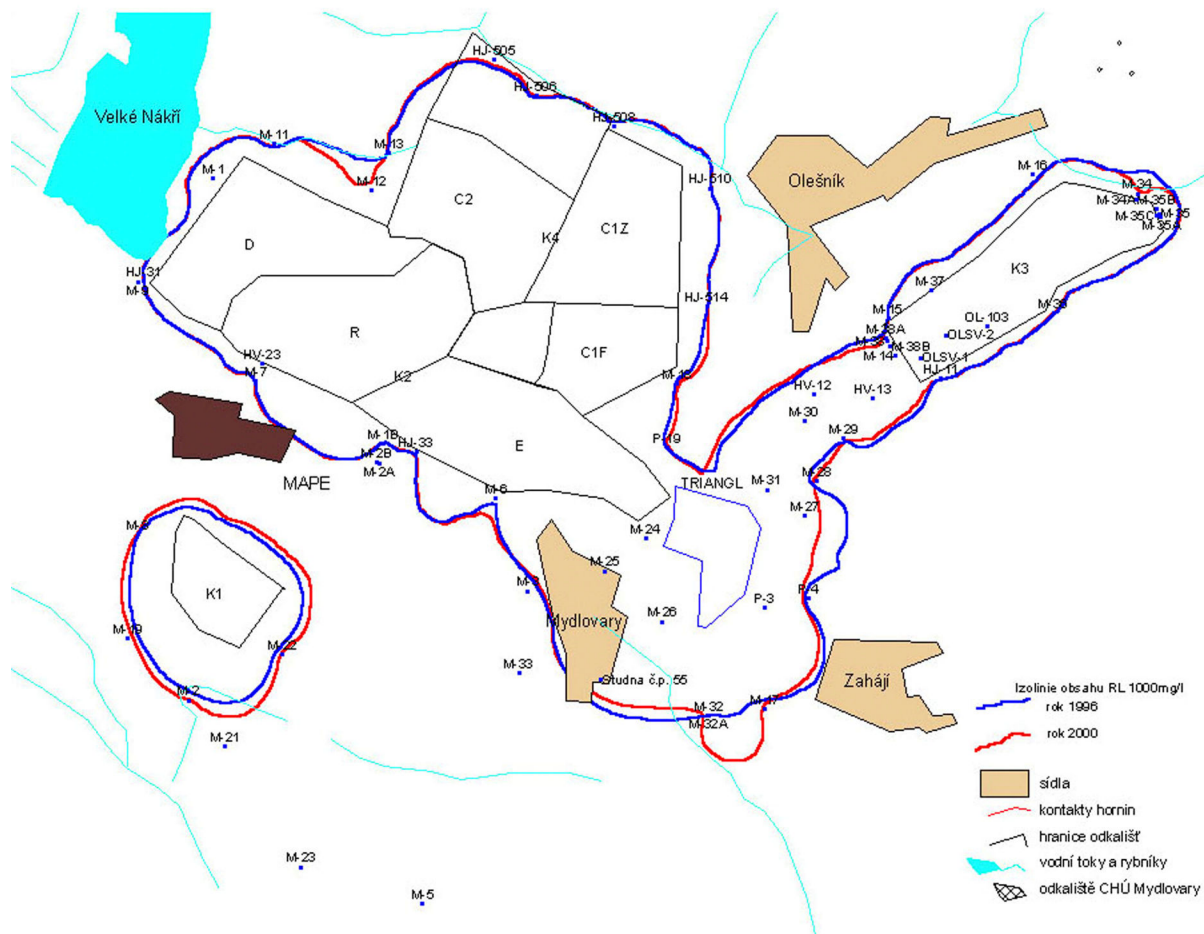
Příloha 37 Strukturně geologická mapa oblasti odkališť MAPE Mydlovary



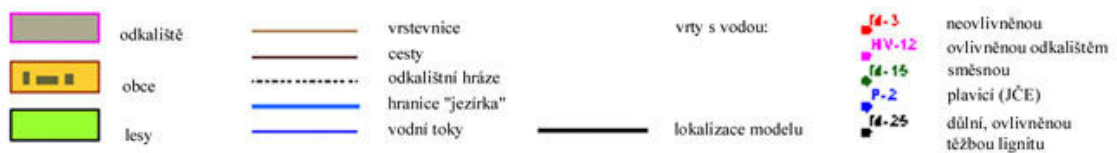
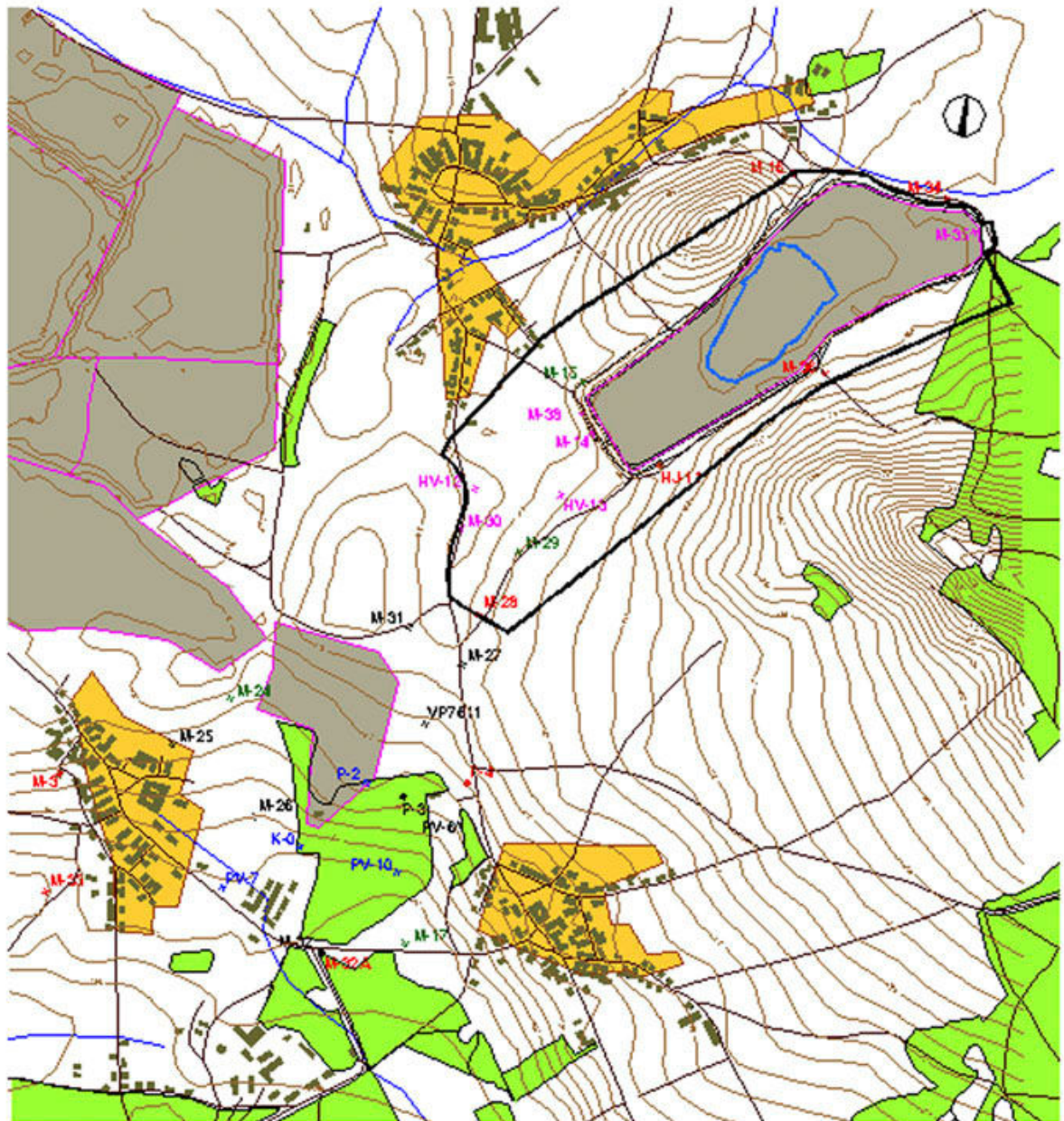
Příloha 38 Mapa izolinií úrovně první hladiny podzemní vody okolí odkališť (červenec 2000)



Příloha 39 Mapa rozšíření kontaminace podzemních vod okolí odkališť – porovnání let 2000 a 1996



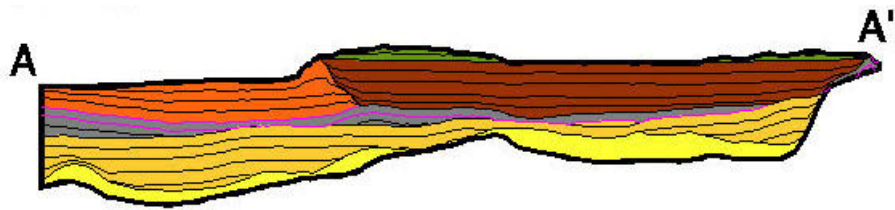
Příloha 40 Mapa rozdělení indikačních vrtů podle genetického typu vzorkované podzemní vody na lokalitě MAPE Mydlovary



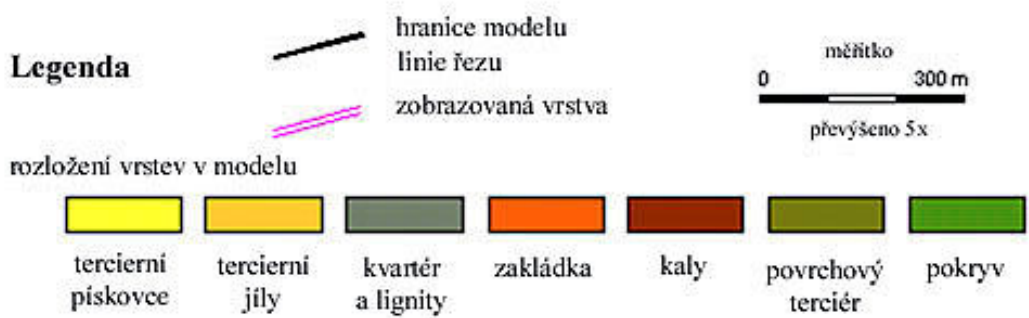
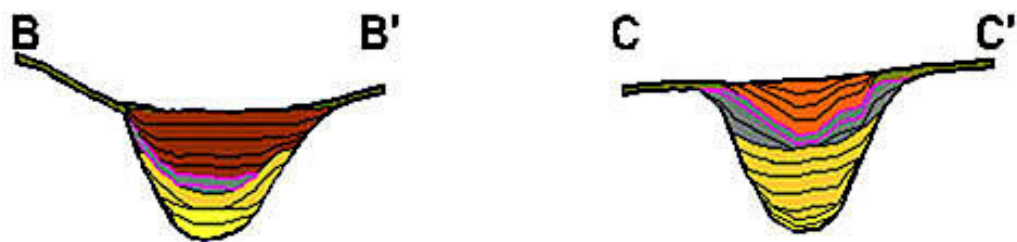
Příloha 41 Mapa vývěrů důlních vod



Příloha 42 Matematický model – rozložení vrstev modelové sítě pro oblast odkaliště KIII (podélný řez)



Příloha 43 Matematický model – rozložení vrstev modelové sítě pro oblast odkaliště KIII (příčné řezy)



Příloha 44 Letecký snímek lokality z roku 1952



Příloha 45 Letecký snímek lokality z roku 1996



Příloha 46 Letecký snímek lokality z roku 2000



Příloha 47 Fotografie odkaliště KIV



Příloha 48 Fotografie odkaliště KIV



Příloha 49 Fotografie stoky Svatopluk



Příloha 50 Fotografie částečně zrekultivované plochy na odkališti KIII



Příloha 51 Fotografie vodní plochy na odkališti KIII



Příloha 52 Fotografie rekultivačního materiálu na odkališti KIII

