

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Katedra pozemkových úprav

Studijní program: Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí



**Návrh a zobecnění následné péče pro plochy  
rekultivovaných odkališť**

Vedoucí diplomové práce

Ing. Pavel Ondr, CSc.

Autorka práce

Michaela Novotná

2007

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Zemědělská fakulta  
Katedra pozemkových úprav  
Akademický rok: 2004/2005

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michaela NOVOTNÁ**  
Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**

Název tématu: **Návrh a zobecnění následné péče pro plochy rekultivovaných odkališť.**

### Zásady pro vypracování:

Cílem práce je vyhodnotit stav rekultivovaných odkališť a navrhnout systém následného využívání a začlenění do krajiny.

1. Výběr lokality s ukončenou, popř. probíhající biologickou rekultivací odkališť v rámci MAPS Mydlovary.
2. Provést vyhodnocení současného stavu se zaměřením na specifika rájové lokality.
3. Vyhodnotit způsoby technické a biologické rekultivace a jejich vliv na následné využívání.
4. Stanovit hlavní rizikové parametry při začlenění odkališť do krajiny.
5. Navrhnout možné extenzivní využití řešených ploch.

Rozsah práce: 50 stran  
Rozsah příloh: Mapové podklady  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná


Seznam odborné literatury:

- Forman, R.-T., Godron, M.: Landscape ecology. J.Wiley and sons, New York, 1996  
Sklenářka, P.: Základy krajinářsko plánovací. Národní Sklenářková, Praha, 2003  
Jáva, K. a kol.: Meliorační kultivace a rekultivace zemědělské půdy, SZP Praha, 1984  
Štys, S. a kol.: Rekultivace území postihnutých těžbou nerostných surovin, SNTL Praha, 1991  
Kryl, V.: Bauxity a rekultivace ploch zasažených hornickou činností, VŠB Ostrava, Ostrava, 1998

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Ondr, CSc.  
Katedra průmyslových úprav

Data obhajoby diplomové práce: 28. února 2006

Téma obhajoby diplomové práce: 30. dubna 2007

  
prof. Ing. Magdalena Hrabáčková, CSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
ústřední úřad  
250 02 České Budějovice

  
doc. Ing. Tomáš Kovář, CSc.  
vedoucí katedry

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „*Návrh a zobecnění následné péče pro plochy rekultivovaných odkališť*“ vypracovala samostatně na základě vlastních zjištění a za použití materiálů, které jsem uvedla v seznamu použité literatury.

---

V Rudolfově 23. dubna 2007

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. P. Ondrovi, CSc. za poskytnuté rady, metodické vedení a pomoc při zpracování této diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. E. Nedvědové za poskytnutí podkladů a Ing. RNDr. P. Hrdinovi za cenné informace a podklady, které mi poskytl k vypracování mé diplomové práce.

# OBSAH

<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>3</b>
<b>2 REKULTIVACE .....</b>	<b>5</b>
2.1 Základní pojmy .....	5
2.2 Průběh rekultivace .....	6
2.2.1 Plánování sanací a rekultivací .....	7
2.2.2 Etapy rekultivačních prací .....	8
2.3 Rekultivační fáze .....	9
2.3.1 Technická rekultivace .....	10
2.3.2 Biologická rekultivace .....	17
2.4 Postrekultivační fáze .....	23
<b>3 REKULTIVACE ODKALIŠŤ .....</b>	<b>24</b>
3.1 Problémy a cíle při rekultivaci odkališť .....	24
3.2 Rozdělení odkališť .....	25
3.3 Sanace odkališť .....	26
3.3.1 Sanační materiály .....	27
3.3.2 Vlivy na ŽP .....	27
3.3.3 Radiační ochrana .....	29
<b>4 ZÁJMOVÁ LOKALITA MAPE MYDLOVARY .....</b>	<b>30</b>
4.1 Přírodní poměry .....	31

4.2 Odkaliště K I .....	35
4.2.1 Technická rekultivace K I .....	36
4.2.1.1 Náhradní sanační materiály .....	38
4.2.2 Biologická rekultivace K I .....	41
4.3 Monitoring .....	42
4.3.1 Základní charakteristika hlavních kontaminantů .....	42
4.3.2 Monitorování sukcesních rostlin .....	44
4.4 Návrh následného využití zrekultivovaných ploch .....	48
4.4.1 Zatravnění .....	48
4.4.2 Začlenění do ÚSES .....	50
4.4.3 Pěstování energetických plodin .....	50
<b>5 ZÁVĚR .....</b>	<b>55</b>
<b>6 SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>57</b>

# 1 ÚVOD

Po druhé světové válce se stal uran ve světě velmi žádanou surovinou. Jáchymovské doly, kde se uran těžil již od konce 19. století, se rychle rozrostly v hospodářský kolos – uranový průmysl. Toto státem protěžované hospodářské odvětví mělo v roce 1955 téměř 47 000 zaměstnanců a bylo doslova „státem ve státě“. Výlučnost uranového průmyslu spočívala především v přísném utajování jeho činností a jeho přímém řízení nejen našimi, ale i sovětskými funkcionáři.

Ochrana životního prostředí, spadající rovněž pod dohled Báňského úřadu, byla téměř nulová. Marně bychom hledali v průzkumných projektech čtyřicátých a padesátých let kapitoly věnované ochraně přírody. To se v jáchymovských organizacích v této době prostě „nenosilo“ a nebylo ani vyžadováno.

Z hlediska negativních dopadů těžby energetických surovin na okolní přírodu je uranový průmysl řazen na třetí místo za velkoplošnou těžbou hnědého uhlí lomovým způsobem a těžbou černého uhlí. Odhaduje se, že na území České republiky existuje přes 200 lokalit, kde byla příroda různě poškozena vlivem průzkumu, těžby a úpravy uranových rud. Jedná se o důlní díla, odvaly, odkaliště úpraven, vyluhovací pole, dopravní trasy, po nichž byla ruda dopravována, areály různých závodů a provozů, vrty atd. Celková plocha ekologických zátěží způsobená činností uranového průmyslu přesahuje 0,5 mil. ha, z toho plocha významněji poškozená reprezentuje přes 0,3 mil. ha.

Těžba a úprava uranových rud narušuje reliéf krajiny, ničí rostlinné i živočišné ekosystémy, způsobuje kontaminaci podzemních i povrchových vod. Neméně závažné je znečišťování ovzduší především radioaktivním prachem a plynem radonem.

Kontaminované lokality odkališť jsou svým chemickým složením, vysokým obsahem těžkých kovů, extrémním pH a kritickým vodním režimem nepříznivé pro výskyt rostlin. Kvůli zmíněným omezením bývá druhové bohatství odkaliště chudší než okolní krajina. Pouze některé druhy sem proniknou a dokáží tolerovat toxicitu a udržet se tady.

Zpracování uranových rud postihlo i jihočeskou krajinu. Snad největším ekologickým vředem jižních Čech se stala bývalá úpravna uranových rud MAPE Mydlovary, kde se uranová ruda nikdy netěžila. Uran sem byl pouze dovážen a zpracováván. Během své činnosti zpracoval podnik MAPE 17 mil. tun uranové rudy



a vyprodukoval kolem 36 mil. tun kalů. Tyto kaly byly hydraulickou dopravou ukládány do odkališť, které v současné době zaujímají 286 ha.

Ve své práci se Vám budu snažit přiblížit způsob technické a biologické rekultivace a dále se zaměřím na možnosti následného využití takto postižených ploch.

Nemůžeme pouze konstatovat, že minulé století bylo temným obdobím pro naši krajinu, ale je třeba porozumět zákonům přírody a neotáčet se zády k problémům minulých let. Tyto chyby by pro nás měly být mementem a ponaučením.

Vždy budou existovat pomyslné misky vah. Na jedné straně bude znečišťování životního prostředí, devastace krajiny, degradace půd a nešetrné nakládání s odpady. Na té druhé pak ale musí být zodpovědný přístup k přírodě a všem prvkům, které ji tvoří. Každý by si měl uvědomit, že svým nezodpovědným chováním poškozujeme vlastní životní prostředí a záleží jen na nás, jestli misky těchto pomyslných vah budou vyrovnány.

## 2 REKULTIVACE

### 2.1 Základní pojmy

Rekultivace je obnova přírodního prostředí a odstranění následků nevhodných lidských činností:

- odstranění následků těžby (výsypky povrchových i hlubinných dolů, rekultivace vytěžených prostor),
- odstranění následků výroby elektrické energie (složistiště energetických odpadů),
- rekultivace skládek odpadů a odkališť,
- rekultivace z ostatních činností (po energetických haváriích, vojenské prostory, zlikvidované továrny apod.)

Proces, jehož cílem je vytvoření životaschopného fungujícího ekosystému je rozdělen do třech částí:

První je obnovení chemické rovnováhy systému, které představuje snížení toxických látek v půdě, nárůst živin a organických látek a zvyšování pH v půdě i vodě.

Druhou částí je obnovení biologické neporušenosti systému. Hlavním středem pozornosti je náprava rostlinného krytu v neproduktivní krajině.

Třetím cílem je zajištění druhové diverzity dané oblasti, které lze dosáhnout osídlením i méně rozšířených rostlinných a živočišných druhů.

(Bradshaw, 1995)

#### **Požadavky na zrekontrovanou půdu:**

- neutrální pH
- dobrá zásoba přístupných forem draslíku a fosforu
- dobrý obsah humusu
- příznivá propustnost pro vodu
- uspokojivé technologické vlastnosti (ve vztahu k obdělávání)
- neměla by obsahovat nadlimitní množství cizorodých látek, zejména těžkých kovů

## **Legislativní povinnost těžaře**

Těžební organizace je povinna zajistit sanaci, která obsahuje i rekultivaci všech pozemků dotčených těžbou. Základním cílem a úkolem rekultivačních a sanačních prací je tvorba nové krajiny, navrácení krajinného systému vytvořením nových hospodářských celků – zemědělských pozemků, lesů, vodních ploch a toků, vč. částí zrekultivovaných ploch určených obyvatelstvu pro účely rekreace a sportu v krajině dříve devastované hornickou činností. Současně takto pojaté zahlazování následků hornické činnosti musí zahrnovat i obnovu nebo vytváření nových biocenter a biokoridorů, či jiných opatření podporující krajinnou biodiverzitu a vytvářející funkční územní systém ekologické stability.

(Kryl a kol., 2002)

Již během období obnovy dané lokality, by měl odborník na rekultivace provádět nezbytná opatření k zamezení následné větrné i vodní eroze, usazování a znečišťování životního prostředí. Všechna přijatá opatření musí být v souladu s platnou legislativou.

(Hastings a kol., 1998)

## **2.2 Průběh rekultivace**

Vedle pouhého výzkumu je nutno stanovit řád i samotnému procesu rekultivace.

Nejdůležitějšími body jsou:

1. zlepšení stanoviště
2. odběr vzorků půdy a analýza pH
3. ozelenění (vápnění a hnojení méně plodných stanovišť vedoucí ke zlepšení růstu a podpoře rozšiřování existující vegetace)
4. zatravnění (vápnění, hnojení a osévání neplodných půd)
5. původní výběr osiva soustřeďující se na druhy, které se ukázaly být vhodné pro rekultivaci v dané oblasti
6. přesazování druhů, které se ukázaly být poměrně tolerantní na méně plodných půdách, a tím vytvoření základu pro rozrůstání rostlin
7. prozkoumání možnosti kompostování různorodým odpadním materiálem

(Smith, 1999)

### 2.2.1 Plánování sanací a rekultivací

Účelem sanací a rekultivací je obnovit a funkčně začlenit dobýváním dotčené pozemky zpět do krajiny a přírody, což znamená provést takovou konečnou úpravu území dotčeného těžbou, která zajistí obnovu přirozených funkcí ekosystému a zároveň umožní plné následné využití pozemků, které byly dotčeny těžbou. Konečná úprava území musí vycházet ze známých záměrů územně plánovací dokumentace a z konkrétních místních podmínek.

#### **Sanace a rekultivace může směřovat k těmto základním úpravám území:**

- uvedení do původního stavu – obnovení původního reliéfu, kdy dojde k obnovení půdních funkcí území, např. k zemědělskému nebo lesnímu hospodářství
- k částečnému obnovení půdního reliéfu, kdy dojde k částečné obnově původních funkcí a ke vzniku nových aktivit
- ke vzniku nového reliéfu krajiny, kdy dojde k novému využití území a ke vzniku nového krajinného prvku.

Vlastní postup při obnově pozemků se skládá z provedení:

- sanace vytěženého prostoru, včetně všech pozemků dotčených těžbou, což představuje komplexní úpravu území
- technické rekultivace – obnovení využitelnosti půdy, terénní úpravy a rozprostření ornice a půdotvorných substrátů
- biologické rekultivace – návrat života do sanovaného a rekultivovaného území

Vzhledem k záměru budoucího využití území a místním podmínkám je nutno volit nejoptimálnější reálnou variantu, přičemž je nutno brát v úvahu druh i rozsah předcházející činnosti.

Zásady pro navrhování rekultivací odkališť s využitím uměle připravených rekultivačně sanačních hmot lze shrnout v následující metodický postup :

1. Stanovení hlavního způsobu využití území po zamýšlené rekultivaci

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. Vypracování rizikové analýzy a stanovení ekologických kritérií pro uměle připravené sanačně rekultivační materiály
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  
(Slivka, Petroš, 2002)

### **2.2.2 Etapy rekultivačních prací**

Historickou etapovitost rekultivačních prací je možno rozčlenit do následujících čtyř etap:

**ETAPA SUKCESIVNÍCH REKULTIVACÍ** - období, ve kterém docházelo bez zásahu rekultivačních prací ke spontánnímu náletu dřevin a travin, či přenosem semen ptactvem či jinými živočichy – devastovaná území se kultivovala sukcesivní vegetací. Takováto sukcese je známa rovněž z lomových stěn či odvalů malých těžebně opuštěných lomů – zastavených hlinišť, jílovišť, malých kamenolomů, hlavně lomů na blokovou těžbu.

**ETAPA SANAČNĚ OZELEŇOVACÍ** probíhala na územích, kde rekultivace byla orientována bez velkých úprav stanovišť, především na územích postižených bývalou hlubinnou činností či malých lomů – zatravnění, dílčí výsadbou okolo poklesových kotlin a propadlin terénů (minijezírka, mokřady) vč. ponechání terénů k neřízené sukcesii.

**ETAPA HOSPODÁŘSKO-PRODUKTIVNÍ** je etapou, která je charakterizována již tvorbou půdního pokryvu na rekultivovaných stanovištích, etapou, ve které se při lesnickém způsobu rekultivace již preferovaly efektivní dřeviny, ale v níž byla přednostně uplatňována neúměrně vysokým podílem zemědělská rekultivace.

**ETAPU EKOLOGIZAČNÍ** je možno posadit do stávajících let. Charakteristická pro ni je preference koncepce krajinně ekologické obnovy velkoplošných území, přesahujících i dobývací prostory jednotlivých těžebních organizací. Cílem těchto rekultivačních činností je dosažení žádoucí úrovně biodiverzity velkých územních celků navazujících na přírodní prostředí území, která nebyla hornickou činností postižena ani dotčena.

(Kryl a kol., 2002)

### 2.3 Rekultivační fáze

Pro rekultivaci je příznačné, že se připravuje zároveň s vlastní činností, která ji potřebuje, a proto má tři fáze, které jsou časově odděleny.

**Přípravná fáze** má funkci preventivní a optimalizační, ve které se uplatňují rekultivační záměry v územně plánovacích podkladech (územní generel, územní prognóza, územně technické podklady) a v územně plánovací dokumentaci (územní plán ve stupni velkého územního celku, územní plán obce a regulační plán). Orgán územního plánu ve schvalovacím řízení, pak vydá závazné územní rozhodnutí. Po územním rozhodnutí následuje vypracování projektu rekultivace, který je schvalován ve stavebním řízení. V této fázi se současně získávají finanční prostředky. Tato etapa se v plné míře realizuje již v období maximálního využití území. Realizuje se především pedologický, geologický a hydrogeologický průzkum.

Druhou fází je **provozně-technologická fáze**. Jedná se o provoz na plochách, které budou později rekultivovány. Tato fáze výrazně ovlivňuje rozsah a intenzitu devastace a výslednou efektivnost rekultivace.

Dále následuje **biotechnická fáze**, která tvoří již vlastní rekultivaci. Z hlediska systematického členění je tato etapa dělena na dvě skupiny podle převažujícího charakteru prací – na technickou fázi, kdy převažují práce technické povahy (terénní úpravy, navážky zúrodnitelných zemín, úprava vodního režimu, budování cestní sítě, případně oplocení apod.) a biologickou fázi, kdy převažují práce biologického

charakteru (agrotechnické, lesopěstební, pratotechnické [luční hospodářství] nebo obecně práce související s oživením geologického či vodního prostředí).

(Filip, 2001)

### 2.3.1 Technická rekultivace

Před návrhem technické rekultivace je důležité si uvědomit uspořádání odkaliště. Oproti zemním nebo balvanitým hrázím vodohospodářských přehrad, kterým se základní hráz odkaliště podobá, nemá odkalištní hráz výpustní zařízení a přepadový objekt. Odvodňovací drenážní vrstva je u odkaliště na návodní straně. Na pláž odkaliště se kal naplavuje kalovody střídavě z hráze a ze stran. Ovšem při hydrotransportu dochází k roztřídování zrn kalu, povrch odkaliště je neúnosný a nerovný, přičemž v nejnižších místech (lagunách) stojí voda. Zásada je, že se naplavuje kal etapově nejdříve podél hráze a potom od levé i od pravé strany tak, aby se zde usazovaly hrubozrnné části materiálu a jemnozrnný materiál co nejdále od hráze. Tím se docílí jistá únosnost u obvodu hráze a přiléhajících stran. Další naplavování se řídí tak, aby docházelo pokud možno k rovnoměrnému rozvrstvení jemnozrnných a hrubozrnných sedimentů. V pláži odkaliště se kolem odběrných zařízení, která odvádějí odstavenou vodu, vytvářejí laguny s velmi jemnozrnnými a neúnosnými sedimenty. Na odkališti rozlišujeme vodu technologickou, vnější a srážkovou.

- Voda technologická je držena fyzikálně-chemickou vazbou v kalu a za provozu odkaliště tvoří 40 – 50 % objemu kalů, neboť 1 m<sup>3</sup> kalu se dopravuje množstvím 0,6 m<sup>3</sup> vody. Po odstavení odkaliště tento podíl klesá, ovšem velmi dlouho, a naopak se recipročně konsoliduje materiál v odkališti.
- Voda vnější (z povodí). Tu je nutno odvádět již za provozu odkaliště, a k tomu slouží ochranné příkopy. Příkopy se dimenzují podle stupně zabezpečení proti škodlivinám vlivem vybědění (především ochrany stability základní hráze) a setrvalé průtoky se odvádějí kynetou s nepropustnou úpravou.
- Voda srážková (z plochy odkaliště). Ta zvyšuje objem kontaminované vody a je zdrojem nežádoucího vyluhování.

Vlastní technická rekultivace odkališť začíná stabilizací obvodového pásu podél koruny odkaliště a zřízením hlavní průjezdové komunikace, odvodněním povrchu tělesa odkaliště vyhloubením základního odvodňovacího sběrače a na něj navazujícími vedlejšími odvodňovacími prvky (příkopy, drenáž, kanalizace). Dále se vyřeší odvod

vody ze vzdušného svahu odkaliště a jejich obvod do vodního recipientu. Kontaminovaná technologická voda se nadále zneškodňuje.

V druhé etapě se vybuduje hlavní odvodňovací sběrač z nejnižších míst (lagun) přes pásma sedimentů do rostlého terénu a recipientu, a to co nejkratší trasou. Okolí budoucího kanálu se opět zpevní a tak se připraví pro pojezd nákladních automobilů a zemních strojů. Obvykle se na vrstvu kameniva vysokou 0,5 až 1 metr položí ještě betonové panely. Z této cesty se vyhloubí odvodňovací sběrač a odtud se pokračuje s násypy po pláži odkaliště. Zároveň se pokračuje v prodlužování odvodňovací sítě, kterou tvoří odvodňovací příkopy i podzemní potrubí. Protože celý povrch odkaliště je vystaven atmosférickým srážkám, je nutná úprava povrchu odkaliště podrobným odvodněním. Toto odvodnění je provedeno jako kombinace spádování ploch povrchu odkaliště, drenáž (kanalizace) a odvodňovací příkopy. Hlavní odvodňovací sběrač, příkopy a kanalizace se dimenzují na specifický odtok 100 – 250 l/s/ha pro srážku o periodicitě 1 až 0,2 a dobu trvání deště 10 – 20 minut. Pokud to odpovídá záměru využití povrchu sanovaného odkaliště, rozděljuje se zpevněný povrch odkaliště na pruhy o šířce 50 až 70 metrů, které jsou vyspádovány k hraničním příkopům, jež ústí do hlavního sběrače. Příkopy se zpevňují prefabrikáty, aby voda rychleji otekla, drenáž se buduje z betonových rour.

Úprava kontaminované vody, která vytéká z tělesa odkaliště, je obvykle vyřešena již před provozováním odkaliště. Při správném postupu, jak byl popsán, průsakové vody postupně zaniknou, pouze u starších odkališť, která neměla vybudována odvodnění, by průsaky přetrvávaly. V takovém případě se musí vyšetřit obsah látek v průsakové vodě a obvykle individuálně podle druhu kalu navrhnout řešení. Pokud to dovoluje chemické složení průsakové vody, stačí ji jen ředit s povrchovými vodami. Při výskytu škodlivých látek je nejvhodnější zapojit průsakové vody do vodního hospodářství závodu. Časté bývá zbudování akumulární nádrže a řízené vypouštění či odvoz kontaminované vody. Jen výjimečně se zřizuje čistírna průsakových vod u odkaliště, neboť je to velmi nákladné, je nutná stálá obsluha a potřeba odběru elektrické energie. V tomto případě se obvykle upravuje pH, zavádí čiření, filtrace nebo i chemická úprava k odstranění toxických kovů. Někdy je nutno zavést monitoring a měřit koncentrace škodlivin v průsakové vodě a v povrchových nebo podzemních vodách.

Cílem prací této fáze je vytvoření podmínek pro následné biologické oživení rekultivovaného stanoviště v návaznosti na základní parametry daného stanoviště vzniklé v rámci důlně technické etapy rekultivací. Druhým základním cílem těchto prací



je umožnění tvorby stanovištních podmínek pro budoucí využití zrekultivovaného pozemku podle schváleného projektu nebo plánu rekultivace (ve vazbě na platný územní plán)

**Technická fáze zahrnuje následující druhy činností a úpravy:**

- terénní úpravy stanovišť
- navážky vhodných zemin
- základní půdní meliorace
- hydromeliorační úpravy
- technické zabezpečení – výstavba systému komunikací

(Filip, 2001)

***Terénní úpravy stanovišť***

K provádění terénních úprav se využívají podle rozsahu prací a povahy terénu buldozery, skrejpry, grejdry nebo přesun hmot po ose, tj. odtěžení zemin rypadly a její převezení nákladními automobily nebo jinou přepravní technikou a opětovné rozprostření této zeminy v místě nového uložení. Volba způsobů technologie závisí jednak na objemu zemin určených k přesunu, ale zejména na vzdálenosti tohoto přesunu. Čím kratší je předpokládaná vzdálenost přesunu hmot, tím ekonomičtější je nasazení buldozerů (max. do 100 m). Pro vzdálenosti 100 až 500 m je vhodnější využívat skrejpry a nad tuto vzdálenost je nezbytné počítat s využitím odtěžení, naložení a přepravy zemin většinou kolovou technikou.

Terénní úpravy stanovišť nezahrnují pouze urovnání terénu stanovišť, ale také úpravy svahů výsypek a odvalů, tvarování průlehů a poldrů, sloužících pro hydromelioraci výsypkových terénů.

Pro provádění terénních úprav výsypek, odvalů nebo jinak devastovaných území je nezbytné respektovat všechna omezení daná striktním požadavkem na udržení stability rekultivovaného stanoviště. Trvalá stabilita antropogenních objektů je základním předpokladem jejich postupného a bezkonfliktního zapojení do okolní kulturní krajiny, tedy krajiny využívané a tím i přetvářené člověkem. V současné době má krajina výrazné většiny České republiky charakter nepůvodní – kulturní krajiny, která je ovlivněna činností člověka od starší doby kamenné. Toto konstatování se týká nejen průmyslových aglomerací nebo zemědělsky využívané krajiny nížin a vrchovin, ale i zalesněných horských oblastí, kde původní klimaxové středoevropské, většinou listnaté či smíšené lesy byly nahrazeny jehličnanovými monokulturami. O to cennější

jsou dílčí prvky územního systému ekologické stability (ÚSES) krajiny, které mají většinou charakter víceméně přirozených společenstev, ať již jde o prvky obnovované v rámci rekultivační činnosti v jejich původním místě nebo o tvorbu nových v antropogenně přetvářené „posttěžební“ rekultivované krajině.

(Kryl a kol., 2002)

Posilování ekologické stability krajiny je možné např. zvyšováním její heterogenity, druhové diverzity rostlinných a živočišných společenstev či posilováním významu tzv. malého koloběhu vody a živin v krajině. Všechna tato opatření je možné realizovat v rámci rekultivačních prací, a to jak v místním měřítku při maloplošných rekultivacích, tak i při velkoplošných rekultivačních zásazích.

### ***Úpravy stanovišť nálezem vhodných zemin***

Další součástí terénních úprav je zajištění upravených stanovišť nálezem zemin s vhodnými kvalitativními vlastnostmi budoucího půdotvorného substrátu uloženého na povrchu upravených pozemků. Jedná se zejména o převrstvení urovnaného pozemku zeminami I. či II. třídy vhodnosti k rekultivaci, které je prováděno zejména v případě budoucí zemědělské rekultivace na ornou půdu, intenzivní sady nebo vinice. Ostatní formy zemědělské rekultivace a lesnická rekultivace je realizovatelná ve většině případů přímo na výsypkových či odvalových substrátech. Je-li rekultivace realizována bez překrytí kulturními vrstvami zemin (ornicí), označujeme takovou rekultivaci jako rekultivaci přímou. U rekultivace s překrytím ornice či podorničních substrátů ji označujeme jako rekultivaci nepřímou.

### **Vhodnost zemin k rekultivaci**

Za základ klasifikace zemin byly vzaty fyzikální a chemické vlastnosti, zejména primární chemismus výchozích zemin, jejich zrnitost a stav sorpčního komplexu. Z chemických vlastností pak zejména obsah přístupných živin, organické hmoty, resp. poměr C:N a obsah  $\text{CaCO}_3$ . Z fyzikálních vlastností pak sorpční kapacita a stupeň nasycení sorpčního komplexu.

Veškeré nadložní zeminy byly zařazeny do pěti tříd:

- I. zeminy velmi vhodné pro zemědělství
- II. zeminy využitelné pro zemědělství
- III. zeminy dobré až využitelné pro lesnictví

- IV. zeminy ještě schopné zalesnění, ozelenění, avšak bez hospodářského výsledku nebo s omezeným hospodářským výsledkem
- V. zeminy nevhodné pro rekultivaci obsahující toxické přímiseniny, které i ve směsi s ostatními vrstvami znemožňují růst rostlin

Při klasifikaci zemin a jejich zařazení do jednotlivých tříd je nutno respektovat a samostatně posuzovat i zeminy nacházející se ve větší hloubce v celém budoucím půdním profilu i pod ním.

Pro překryv povrchu rekultivovaného pozemku je minimální mocnost překryvné vrstvy odvislá od způsobu budoucí rekultivace i od kvalitativních parametrů původní zeminy. Pro případ zemědělských rekultivací na překryvu ornici či jinou zeminou I. třídy vhodnosti k rekultivaci je za optimální vrstvu překryvu považováno 40 cm ornice v ulehlem stavu (tj. cca 50 cm v nakypřeném stavu).

Čím je však původní zemina rekultivovaného stanoviště nepříznivější (čím fytotoxičtější vlastnosti má), případně ostatní stanovištní podmínky jsou nevýhodnější, musí být překryv mocnější, nebo musí být navržen několikanásobný překryv podorničními a orničními vrstvami nebo vrstvami budoucího kořenového horizontu lesnické rekultivace. Na extrémních stanovištích s výskytem zemin zařazených do V. třídy vhodnosti je nezbytné provádět základní půdní melioraci těchto zemin (vápnění, úprava sorpčních vlastností, apod.), jejich překrytí izolační či vyrovnávací vrstvou (např. půdního sorbentu typu bentonit, slín, rašelina apod.) a teprve poté orniční vrstvou s vyšším obsahem organické hmoty (ornice, zúrodnitelné zeminy např. spraše). Mocnost těchto vrstev je závislá na konkrétních stanovištních podmínkách rekultivované plochy.

(Kryl a kol., 2002)

### ***Hydromeliorace a základní půdní meliorace***

Úprava vodního režimu je nezbytnou a pravidelnou součástí většiny projektů technické fáze rekultivací. Půdní fyzika a hydrogeologie je v zájmových půdních profilech většinou nepříznivá. Je třeba zdůraznit, že půdní fyzika a hydrogeologické vlastnosti u autogenních půdních substrátů se jeví jako klíčové faktory, jak z hlediska půdotvorného, tak i dendrologického. Prvotní fyzikální a hydrogeologické vlastnosti předurčují volbu druhu zemědělské rekultivace a také volbu druhu dřevin a jejich zastoupení. Je třeba si uvědomit, že žádný z půdních substrátů antropogenní povahy

není v kontaktu s podzemní vodou. Z toho následně vyplývá, že vláhová spotřeba pro rostliny a dřeviny je podmíněna množstvím spadlých atmosférických srážek a kumulativní schopností antropogenních půdních substrátů.

Základní půdní meliorace rekultivovaných půd má za cíl upravit fyzikální nebo chemické vlastnosti půdotvorných substrátů na rekultivovaných pozemcích. Jedná se zejména o aplikaci různých typů půdních sorbentů (např. bentonit, tufit, vápenec, slínovce, papírenské kaly, rašelina apod.), které upravují zvýšenou fytotoxicitu půdotvorných substrátů, zejména pokud je způsobena vysokou kyselostí nebo přítomností jiných látek či prvků (těžké kovy, toxické látky apod.). Tyto sorbenty znehyní škodliviny na svém aktivním povrchu a umožní tak optimalizovaný průběh půdotvorného procesu, resp. obecně zahájení biologické fáze rekultivace.

Jiným typem základní půdní meliorace je úprava fyzikálních a mechanických vlastností – např. vylehčování těžkých půd pískem, hrubou frakcí přeplavovaného popílku či jinými zrnitostně vhodnými materiály.

### ***Hydromeliorační úpravy***

Hydromeliorace rekultivovaných ploch mají za cíl jednak ovlivnit kvalitativní a kvantitativní vlastnosti podzemní vody, ale i vytvořit podmínky pro co největší využití vody povrchové. Rekultivační práce mohou podpořit tzv. „malý (uzavřený) koloběh vody“ v krajině. Česká republika se nachází na evropském rozvodí – tedy veškeré povrchové vody odtékají z našeho území. Jediným zdrojem vody jsou srážky. Pokud jsou v krajině vytvářeny podmínky pro rychlý odtok vody, dochází jak ke zvýšené erozi, tak k odnosu živin a jemných částic půdy, tak i k rozkolísání srážkové bilance.

Otevřený (velký) koloběh vody vede k tomu, že k výparu a uzavření tohoto cyklu dojde ve vzdálených místech od míst srážky. Tím vznikají delší časová období bez srážek a naopak opakující se období přívalových dešťů. Navíc voda, která odteče „bez užitku“, tedy bez vsaku a následného využití rostlinami, nesplní svoji funkci v energetické bilanci krajiny. Při výparu z rostlin (tzv. evapotranspiraci) díky měrnému teplu vody dochází k „chlazení okolí“. Čím více vody rostliny odpaří, tím více dojde k využití energie slunce bez zbytečného ohřívání krajiny a tím více se zkrátí koloběh vody, na který se váže i koloběh živin, energií, atd.

Technické řešení odvodnění rekultivované plochy vychází z koncepce odvodnění celé lokality. Účelem odvodňovacího systému je bezpečné odvodnění povodňových průtoků z rekultivované plochy buď do recipientu nebo do zbytkové

jámy, ale i tvorba systému odvodňovacích prvků a tím zvýšení využití srážkové vody při zpomalení odtoku vody z výsypky či odvalu. Podpoří se její vsakování či vytváření mělkých nádrží, mokřadů a její využívání rostlinami v rámci biologické rekultivace daného území.

Pro účely odvodnění jsou navrhovány odvodňovací příkopy, průlehy a poldry. Příkopy a průlehy zachycují povrchové srážkové, resp. i přítokové vody z upravovaného území a poldry zachycují případné povodňové vlny. Trasování průlehů a odvodňovacích příkopů na celé rekultivované ploše musí být prováděno s ohledem na zabránění tvorby erozních rýh, mnohdy i před provedením konečných terénních úprav. Důležitou otázkou při navrhování odvodňovacích příkopů je překonávání větších výškových rozdílů. Tyto rozdíly by měly být překonávány buď příčnými spádovými příkopy nebo naopak mírnými průlehy, či příkopy šikmo přes svah s minimálním spádem, aby nedocházelo ke zrychlenému odtoku a tím možnému poškození svahů.

Konstrukční řešení jednotlivých prvků odvodňovacího systému v rekultivovaném území by mělo vycházet z faktu, že vytváříme umělé přírodní prostředí, které chceme co nejlépe a co nejrychleji začlenit do okolního původního prostředí. K tomu je třeba používat takových materiálů, které jsou v přírodě původní. U těch částí konstrukcí odvodňovacího systému by betonové konstrukce měly být použity jen u základových částí staveb a nadzemní konstrukce by měly být z přírodního kamenného zdiva a to z takového kamene, který se v daném místě nalézá. Totéž platí i u opevňovacích prací u příkopů, skluzů, vpustí, opěrných hrázek komunikací křížujících tyto příkopy.

(Kryl a kol., 2002)

### ***Technické zabezpečení rekultivací***

Mezi technické zabezpečení každé rekultivované plochy patří výstavba cestní sítě, resp. připojení rekultivovaných ploch na systém polních a lesních cest či ostatních komunikací v širším okolí a zajištění tak jejich využívání v postrekultivačním období.

Do tohoto systému patří zejména budování zpevněných lesních a polních cest na rekultivovaných plochách s jednoduchou konstrukcí odpovídající příslušné normě ČSN. Konstrukční vrstvy jsou budovány na upraveném povrchu rekultivovaného stanoviště. Tvoří je šterková drenážní a roznášecí vrstva, geotextilie a svrchní vrstva. Ve většině případů je cesta doplněna jednostranným odvodňovacím příkopem. Tyto cesty jsou většinou navrhovány o šířce 3 m s výhybnami podle předpokládané frekvence využívání

cesty jak v průběhu rekultivace, tak po jejím dokončení a předání zrekontrovaných ploch k následnému užívání.

Dalšími pracemi zahrnovanými do technického zabezpečení rekultivovaných ploch je jejich ochrana před poškozením zvěří formou výstavby různého oplocení. Může se jednat o jednoduché oplocení lesnických výsadeb před lesní a polní zvěří, oplocení obor, bažantnic apod.

Důležitou součástí technického zabezpečení rekultivací jsou nejrůznější stavební objekty. Tyto objekty mohou být budovány jako dočasné, ale i trvalé stavby. Jejich součástí jsou jednoduché prostory pro nářadí a nástroje, skladové prostory pro nejrůznější substráty určené pro rekultivační účely aj.

### **2.3.2 Biologická rekultivace**

Po skončení technické rekultivace nastupuje vlastní zúrodnovací proces ve fázi biologické rekultivace.

Úspěch při obnovování rostlinného krytu je ovlivněn:

1. porovnáním s podobnou lokalitou
2. porovnáním základních dat získaných z naleziště, které bylo již dříve ovlivněno těžbou
3. porovnání se schválenými technickými normami

Základ úspěšného obnovování vegetačního krytu spočívá v použití rostlin, které jsou v dané lokalitě původní.

(Hastings a kol., 2000)

#### **Biologická rekultivace se dělí na:**

- zemědělskou rekultivaci – ve formě orné půdy, luk, pastvin, zahrad, sadů, vinic, chmelnic či jiných součástí zemědělského půdního fondu
- lesnickou rekultivaci
- sadovnickou rekultivaci
- hydrickou rekultivaci = biologické oživení tekoucích nebo stojatých vod na rekultivovaných plochách
- ostatní rekultivaci – lze sem zařadit jednak nejméně intenzivní formy biologické rekultivace tzv. řízené sukcese, tj. dílčí technické rekultivace doplněné částečným ozeleněním s využitím následných sukcesních pochodů, ale i

převážně technické formy vzniku vodních nádrží pro lov ryb i rekreaci, ozeleněných sportovišť- golfová hřiště, autodromy, tenisové a volejbalové kurty atd.

Kromě biologických způsobů rekultivace mohou tak být původně devastované pozemky využity jako vodní nádrže pro různé účely. Takovéto rekultivace, k nimž vytváří předpoklady rekultivace technická označujeme jako vodohospodářskou rekultivaci. Při vzniku vodních ploch vždy upravujeme i jejich okolí, a to v závislosti na způsobu jejich využití a při respektování krajinářských hledisek.

Další formou ostatních rekultivací jsou sportovní areály, ale i příměstské a městské parky, zahrádkářské kolonie nebo stavební pozemky.

### ***Zemědělské způsoby rekultivace***

Zemědělský způsob rekultivací na antropogenních půdách je záležitostí značně složitou a náročnou po stránce technické přípravy stanoviště, ale také po stránce finanční. Tento způsob rekultivace je založen na tom, že výsypky, odvaly, skládky, vytěžená rašeliniště, hliniště, pískovny, štěrkopískovny, odkaliště vykazují buď primárně vhodné půdotvorné substráty pro zemědělskou rekultivaci nebo jsou jimi jejich povrchy v dostatečných mocnostech překryty nadložními kulturními zeminami, dočasně uloženými na určených deponiích.

Pro zemědělskou rekultivaci jsou vhodné rovné nebo mírně sklonité plochy, které umožní nasazení kultivačních a sklízecích strojů. K zemědělské rekultivaci je vhodné využít ty devastované plochy, které navazují na stávající zemědělsky využívané území. Výběr ploch pro uplatňování zemědělské rekultivace musí být uvážlivý a v maximální míře musí respektovat půdně ekologická a produkční hlediska.

### **Zakládání a ošetřování trávníků**

Příprava pozemků pro založení trávníků předpokládá u půd chudých na živiny jejich přihnojení, nejlépe organickým hnojivem, popř. kyselé půdy povápnit. Před výsevem se půda zkyprí, aby osivo zapadlo do hloubky 0,5 až 1 cm. Složení a množství výsevu je třeba přizpůsobit stanovištním podmínkám.

Při návrhu porostu se dává přednost travám, které mají schopnost vytvořit co nejdříve dostatečně zapojený porost, který odolává suchu, mrazu a je odolný vůči chorobám. Vysévá se od počátku jara do konce srpna. Na erozně ohrožených půdách je vhodný letní a časný podzimní výsev, protože v jarních měsících může dojít k vyplavení

semen přívalem dešti. Zářijový výsev je již nejistý a říjnový zcela nevhodný, pokud se nepoužije zvláštních opatření. Po výsevu se povrch utuží zaválením nebo jiným způsobem.

V období vzcházení má mít travina dostatek vláhy, proto při přisušcích je vhodná opakovaná zálivka malými závlahovými dávkami, aby nedošlo ke smyvu zeminy. Špatně vzešlá nebo erozně ohrožená místa je třeba opětovně dosít.

Travní porosty by se měly nejméně dvakrát ročně kosit, a to poprvé v květnu až v červnu a podruhé v srpnu až září. Na jaře je třeba porosty uhrabat a podle potřeby přihnojit, také zbavit plevelů a dosít holá místa.

Při vegetační rekultivaci odkališť se často využívá hydroosevu. Jeho podstatou je rozstřík emulze se semeny travin na povrch bývalé pláže i svahů hrází odkaliště. Emulze přilne na upravený povrch, brání odvívání pevných částic a tím snižuje prašnost, a zároveň chrání i semena před zavátím či odvtím. Volba travních směsí musí odpovídat dané lokalitě a zároveň svou velikostí nesmí ucpávat trysku.

Podmínkou zemědělských rekultivací je podlimitní obsah nežádoucích látek v rekultivovaném objektu, především toxických látek, což bývá zřídka splněno, a i proto se obvykle zemědělská rekultivace nenavrhuje.

### ***Lesnické způsoby rekultivace***

Lesnická rekultivace představuje nejběžnější biologický způsob, který je významný i pro krajinu, neboť les plní funkci hygienickou, klimatickou a vodohospodářskou. Výsledkem lesnické rekultivace je buď les, součást územního systému ekologické stability nebo plantáž energetických dřevin.

Před samotnou výsadbou sazenic dřevin se musí půda biologicky oživit, což znamená výsevy a pěstování melioračních rostlin včetně hnojení, jejich zaorávání a to po dobu 1 – 5 let. Setí plodin musí následovat s určitým časovým odstupem od ukončení technické rekultivace.

Dle kolektivu autorů Pokorný, Filip, Láznička (2001) je vhodné při ukončení technické rekultivace na podzim provést výsev na jaře, nebo ukončit práce na jaře a začít biologickou rekultivaci na podzim. Pak následuje přímá výsadba sazenic vhodných dřevin.

Pro lesnickou rekultivaci se volí dřeviny podle stanovištních podmínek, přičemž se dbá na druhovou skladbu, náročnost na péči, požadavek na délku vegetační doby, schopnost regenerace po omrznutí a mechanickém poškození, náchylnost k chorobám,



rychlost růstu a též se zohledňuje nadmořská výška, sezónní průběh teplot i měsíční úhrny srážek.

### **Druhy dřevin, které jsou využívány pro jejich meliorační význam:**

Z keřů je to například bez černý a červený, pámelník poříční, čimšiňák stromový, svída krvavá, netvařec křovinatý, ostružiník křovitý, brslen evropský, trnka, čilimník černající, hlošina úzkolistá, meruzalka zlatá, dřín, hloh obecný, šípková růže, srstka angrešt, pustoryl věncový, zimolez černý, pýřitý, kozí list, ptačí zob, šefík obecný, žanovec měchýřník, tavola kalinolistá, tavolník prostřední, vrbolistý, líska obecná, kalina obecná a další

Mezi stromy s významem převážně melioračním patří bříza pýřitá, trnovník akát, jeřáb obecný, břek, muk, topol osika, střemcha hroznovitá, vrba jíva, babyka a další.

Vysazené dřeviny nemají v krajině tvořit jednotvárnou kulisu o stejné výšce, a proto se při výsadbě střídají různé druhy odlišných výšek. Sazenice stromů a keřů se vysazují buď společně nebo jako samostatné skupiny jen stromů a jen keřů. V návrhu dřevin by se neměly objevit druhy, které se agresivně rozmnožují, např. javor jasanolistý apod.

Před výsadbou se připraví jamky, jejichž hloubka musí odpovídat kořenovému systému (asi 40 až 60 cm). Při výsadbě se kořeny sazenic zastříhnou tak, aby všechny rány byly hladké a zasadí se kořenovým krčkem do úrovně terénu. Potom se jáma asi ze 2/3 zasype a zasazená sazenice se přišlápnutím upevní a zalije. Zbývající prostor se zasype zeminou. Nadzemní část listnatých dřevin se zkrátí seříznutím o jednu třetinu až polovinu délky výhonu. Nadzemní část se vždy seřezává na jaře.

Vysazuje se na jaře nebo na podzim. Nelze sázet do zmrzlé půdy a v období vysokých teplot. Vysazeným sazenicím, zvláště vyšším, je třeba zajistit dostatek vláhy závlahou.

Obvykle se preferuje skupinová výsadba, kdy se smíchá nejméně jeden druh jehličnatý a jeden druh listnatý. Monokultury se používají pouze výjimečně. Vysazená kultura se musí pečlivě chránit před popínavými plevely, zvěří a pastvou hospodářských zvířat i před ničením lidmi. Nadměrnému vysychání půdy, na které je dřevina vysazena, se zabraňuje mulčováním, což ovšem někdy může vést k přemnožení hlodavců, a proto nelze přihrnovat mulč až ke kmínkům dřevin, aby nedošlo k jejich okusu.

Jestliže se má stát výsadba součástí územního systému ekologické stability (např. biocentrem), pak plošné uspořádání a výběr sazenic musí vyhovovat ekologickým požadavkům. Především se musí vytvořit vhodný keřový okraj, který bude splňovat požadavky na kotonový přechodný pás.

Zvláštním případem lesnické rekultivace je výsadba dřevin využitelných k energetickým účelům, kterými jsou rychlerostoucí dřeviny, např. topoly, vrby, akáty, olše aj. V těchto případech jsou požadavky na nezávadnost sedimentů nižší.

Zakládání lesnických porostů v rámci rekultivace devastovaných ploch je složitý proces zalesňování, s počátečními extrémními půdními a mikroklimatickými podmínkami pro vývoj dřevin. Vznikající lesní porosty na devastovaných a technickou fází rekultivace upravených plochách jsou zařazeny podle lesního zákona do kategorie ochranných lesů, event. do lesů zvláštního určení. Lesní porosty plní především funkce úpravy klimatických a vodohospodářských poměrů rekultivované krajiny, usměrňují půdotvorný proces a omezují účinky vodní eroze hlavně ve svažitéch terénech.

Úspěšnost zakládání lesních porostů závisí především na:

- pedologických vlastnostech zemin použitých k rekultivačním účelům
- výběru použitých kvalitních, mechanicky nepoškozených, vyspělých sazenic
- výběru druhové skladby dřevin na základě vyhodnocení půdních rozborů a z provedené rekognoskace terénu budoucích stanovišť
- technice a způsobu zalesňování při výsadbě
- plošném uspořádání porostů a sponu sadebního materiálu
- ošetřování, probírkách, ochraně lesních kultur proti biotickým činitelům

Z listnatých dřevin se využívá hlavně jasan, javor klen a mléč, jílmý, duby, habry a lípy. Z melioračních a pomocných dřevin olše černá a šedá, javor jasnolistý, jeřáb, některé kultivary topolů, bříza a jíva. Z keřů je možno využívat tavolu kalinolistou, ptačí zob, bez černý, tavolníky, brsleny, svídy aj. Z jehličnatých dřevin je to převážně modřín, ale také borovice černá.

U všech dřevin je vždy nutno přihlížet k jejich autochtonnosti. V případě introdukovaných dřevin je nezbytné zvážit jejich nutnost a oprávněnost a v každém případě pak požádat příslušné orgány veřejné správy o souhlas s jejich navrhováním do rekultivačních porostů.

Na stanovištích, jejichž povrch je tvořen nevhodnými půdotvornými substráty se nejprve vysazuje tzv. přípravný les. Pomocí přípravných dřevin se vytvářejí podmínky pro pozdější výsadbu cílových dřevin. Příkladem takového lesa je olšový porost. Po proběhnutí přípravné etapy se zakládá les hospodářský.

(Dimitrovský, 1979, Kryl, 2002)

### ***Sadovnická rekultivace***

Za sadovnickou rekultivaci se považuje ozelenění odkaliště a to bez většího rekreačního využívání obyvateli, pak ozelenění, které bude tvořit lesní park a bude sloužit rekreaci občanů a konečně okrasný park s obdobnou funkcí jako lesopark. Sadovnická rekultivace se tedy uplatňuje v blízkosti lidských sídel. Zásady výsadby jsou obdobné jako u lesnické rekultivace. Je nutno střídat výšky stromů, uplatňovat skupinové výsadby, využívat nenáročných druhů, které nenaruší odvodňovací systém s nepropustnou vrstvou pod rekultivační vrstvou zeminy. U sadovnické rekultivace se uplatňuje ve větší míře výsadba keřů a kromě toho ještě zatravnění.

### ***Hydrické způsoby rekultivace***

Tento způsob rekultivace můžeme rozdělit na dva základní typy:

- zřizování vodních toků
- zřizování vodních ploch

Hlavními problémy v případě těchto rozsáhlých vodních ploch je zajištění dostatku kvalitních vodních zdrojů pro naplnění zbytkových jam a zajištění podmínek udržení vysoké kvality vody ve vzniklých jezerech. V rámci hydrické rekultivace je nejdůležitějším úkolem zajistit jak vhodný tvar budoucí nádrže, tak dostatečný a trvalý zdroj kvalitní vody pro její naplnění a současně i vytvořit podmínky pro zamezení nadbytečného vstupu živin do jezera a podpořit samočisticí funkce jezera (tvarování břehů a dna).

### ***Ostatní způsoby rekultivace***

Mezi ostatní způsoby rekultivace lze zařadit zejména plochy, které nemají sloužit k hospodářským účelům, ale slouží ke zvýšení biodiverzity krajiny a posílení systému ekologické stability – jedná se např. o mokřady, remízky, biokoridory,

skaliska, slaniska a další. Tyto plochy nikdy nezabírají rozhodující výměru a tvoří jen dílčí část kulturní krajiny.

(Kryl a kol., 2002)

## **2.4 Postrekutivační fáze**

Postrekutivační fáze je obdobím po ukončení vlastních rekutivačních prací a po zařazení rekutivovaných pozemků a ploch do běžného ošetřování a obhospodařování s tím, aby byla u produkčních zemědělských kultur zvýšena úrodnost a u lesních kultur se docílilo urychleného cílového stavu druhového zastoupení vybraných dřevin. Tato fáze začíná předáním zreutivovaných pozemků do následného využívání, ale ve většině případů jsou i nadále sledovány vlivy na životní prostředí.

Důvodem rekutivace je tedy vytvořit novou půdu, urychleně a kvalitně proměnit devastované plochy tak, aby byly opět funkční z hlediska zemědělského, lesnického, vodohospodářského, rekreačního a ekologického. Cílem tedy je začlenit rekutivované plochy zpátky do krajiny.

(Štýs, 1981)

## 3 REKULTIVACE ODKALIŠŤ

### 3.1 Problémy a cíle při rekultivacích odkališť

Odkaliště je přírodní nebo uměle vytvořený prostor na zemském povrchu, který slouží pro trvalé nebo občasné uskladnění převážně hydraulicky dopravovaného kalu. (Filip, 2001)

Mařík (1986) rozlišuje odkaliště podle ukládaných odpadů, podle typu hráze, systému hospodaření s vodou apod. Akumulují se v nich velká kvanta dnes nevyužitelných odpadů, jde tedy o speciální skládky obdobné jako u městských skládek průmyslových a zemědělských odpadů.

Odkaliště jsou objekty, které ovlivňují i geologické a hydrologické poměry, mění nejednou tvar, konfiguraci, členění a složení zemského povrchu. Přispívají ke změně jakosti srážkových, podzemních drenážních i odpadních vod, ale i ke směru průtoku a vydatnosti uvedených vodních zdrojů.

#### *Základní problémy odkališť*

Mezi základní problémy odkališť patří:

- nadbilanční volná voda v odkalištích
- průsakové vody odkališť, které se průchodem uloženým vylouženým rmutem dále obohacují o uran
- nutnost čištění průsakových vod
- radiační ochrana
- prašnost z osušených pláží odkališť
- kontaminace podzemních vod
- průsaky důlních vod
- dostupnost vhodných sanačních materiálů
- komunikační síť pro dopravu sanačních materiálů
- začlenění do krajiny
- náklady na udržování odkališť, včetně dalších nákladů jako je čištění vod, údržba a rekonstrukce komunikací, rozsáhlý monitoring atd.

(Tomášek, 2004)

### ***Cíle rekultivace odkališť***

V rámci rekultivačních prací je třeba:

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

(Novotný, 2001)

### **3.2 Rozdělení odkališť**

Odkaliště lze z hlediska uloženého materiálu rozlišovat podle způsobu zpracování rudy. Největší zrnitost mají rmuty z úpraven využívajících gravitační pochody. Střední zrnitost mají rmuty z ostatních fyzikálně chemických postupů úpravy a nejmenší zrnitost mají rmuty z chemických postupů úpravy rudy. Toto rozdělení je pouze obecné a tím pádem nemusí platit vždy.

Další významné rozdělení je na odkaliště:

- činné
- nečinné
- sanované

### ***Konstrukce odkališť***

Nejvýznamnějším objektem odkaliště je hráz, která zadržuje usazený kal a dále vytváří prostor pro akumulaci odsazených vod. Těleso hráze je vybaveno drenážním systémem, který snižuje průběh průsakové křivky tak, aby byla zajištěna stabilita hrázového systému. Průsakové vody jsou odváděny obvodovým potrubím. Odkaliště je dále tvořeno pláží, což je plocha naplaveného sedimentu nad hladinou v odkališti, odběrnými zařízeními (objekty sloužící k odebrání a odvedení srážkové vody z vnitřního povodí odkaliště), zařízením pro naplavování sedimentu (kalovody),

záchytnými příkopy pro vnější vodu, zařízeními proti prašnosti a zařízeními pro měření a pozorování.

Z důvodů co největšího využití plochy se hráze odkališť postupně zvyšují a tím se stále výrazněji narušuje vzhled krajiny, prašností se zhoršuje stav životního prostředí a důsledkem naplavování jsou zamokřeny okolní pozemky.

Odkaliště se dají rozdělit na technicky správně založená, která jsou umístěna na vhodné lokalitě, neznečišťují podzemní a povrchové vody ani ovzduší. Odkaliště technicky nedostatečně založená jsou naopak zdrojem znečišťování vod i ovzduší.

(Růžička, 1986)

### **3.3 Sanace odkališť**

Důležitým faktorem je kvalita odkalištní vody, resp. průsakové vody odkališť ve vztahu k ochraně povrchových a podzemních vod. V mnoha případech je třeba průsakové vody čistit. V těchto případech je velice 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 folií, minerálním těsněním nebo jiným materiálem se sníženou propustností. V případě odkališť po úpravě uranu musí být zajištěna i dostatečná radiační ochrana.

Sanace odkališť je časově velice náročná a navíc je i značně náročná na objemy dopravovaných materiálů. V neposlední řadě je zde problém vysokých finančních nákladů.

Důležitým faktorem při volbě sanace odkaliště je jeho vlastní konstrukce. Může se jednat o zemní hráze propustné, polopropustné, nepropustné, těsnění hrází, těsnění podloží, způsob odvádění odkalištní vody a další.

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, pokud ovšem taková možnost je reálná. Nikdy při tom nesmí dojít k ohrožení složek životního prostředí.

(Tomášek, 1999)

### 3.3.1 Sanační materiály

Doprava materiálů na sanace odkališť se pohybuje v milionech m<sup>3</sup>. Pokud zároveň dochází k likvidaci důlních areálů, lze pro vytvarování odkaliště použít materiálu z demolic, z nezrekultivovaných odvalů apod. Pokud ovšem tyto zdroje nejsou přístupné, je velmi obtížné získat potřebné množství materiálů. Používají se pak různé odpady vhodných vlastností po případné úpravě. Zdroje těchto vhodných materiálů jsou značně omezené, což může brzdit rychlost prováděné sanace.

#### *Fyzikální a chemické vlastnosti sanačních materiálů*

Použití sanačních materiálů s sebou nese určité problémy, a proto použité materiály musí mít definované fyzikální a chemické vlastnosti.

*Výplňovými materiály při sanacích odkališť* se mohou stát produkty hornické činnosti, nebo i odpady definovaných fyzikálních vlastností, které se aplikací ani po delší době nemění. Chemické vlastnosti musí být takové, aby nedošlo k takové změně složení odkalištní vody, která by znamenala změnu stávající technologie čištění odkalištních vod. *Pokryvné materiály* jsou většinou požadovány jako inertní. Ve skutečnosti to znamená, že použité materiály nesmí zhoršovat kvalitu vody v obvodových záchytných příkopech tak, aby bylo možno vypouštět tyto vody do vod povrchových. Na *biologicky oživitelné materiály* je možno použít více zdrojů. Nejčastěji využívané je rybniční bahno. Z hlediska chemických vlastností platí to samé, co již bylo uvedeno výše. To znamená, že nesmí dojít ke změně složení odkalištní vody. *Z hlediska radiační ochrany se využívají stínící materiály*. Tímto se uvažuje celá konstrukce odkaliště a tím i 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.

(Tomášek, 1999)

### 3.3.2 Vlivy na ŽP

Z hlediska posuzování vlivů na životní prostředí je v případě sanací nejzávažnější posuzování vlivů na vodu, dále pak na ovzduší (myšleno z hlediska prašnosti), na krajinu a na radiační zátěž.



Mezi vlivy na vodu řadíme vlivy na povrchové a podzemní vody, případně i zdroje pitné vody. Povrchové a podzemní vody mohou být ovlivněny průsakovými vodami z odvalů, odkalištními vodami při nedokonalém drenážním systému odkališť a splachy z kontaminovaných ploch areálů. Existence odkališť významným způsobem ovlivňuje hydrologický režim, například z hlediska odtokových poměrů.

Doprava sanačních materiálů především při sanaci odkališť je doprovázena prašností z ošetřovaného povrchu a i sekundární prašností. Je proto nutno zvolit takový režim sanace a takové opatření aby tento efekt byl minimalizován.

Sanované odkaliště má významný vliv na krajinu, neboť představuje trvalý prvek v krajině. Je proto důležité věnovat velkou pozornost jeho následného začlenění do krajiny z hlediska konečného tvaru i výběru vhodné zeleně.

Při posuzování radiační zátěže na obyvatelstvo je nejprve nutné vyhodnotit kritickou skupinu obyvatel. Dále je nutno znát zdroje radioaktivity z posuzované lokality a případně další zdroje ionizujícího záření v řešeném regionu a jejich významnost. Různé plochy vykazují různé vlastnosti a proto je nutno sestavit pro radon a gama záření katalog zdrojů, provedení rozptylové studie radonu. Na základě tohoto prověření lze posoudit efektivní dávku v současném stavu, v průběhu sanace a v očekávaném stavu. Tato problematika je značně složitá a je lépe, když toto ocenění provádějí specialisté.

(Tomášek, 1999)

### ***Vodní zákon***

Odkaliště jako taková jsou dle zákona č. 138/1973 Sb. Zákon o vodách (vodní zákon) 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 i sledování stability hrázového systému a dodržování maximální přípustné hladiny vody v odkališti. I po provedení sanace nepřestává být odkaliště vodohospodářským dílem. I nadále je tedy zajišťován dozor a dohled, i když odkaliště může být zařazeno do nižší kategorie vodohospodářských děl.

Podle horního zákona je odkaliště zároveň i ložisko. V případě uranových odkališť se podle atomového zákona jedná o velmi významný zdroj ionizujícího záření.

Z výše uvedeného vyplývá, že odkaliště představují trvalé věčné břemeno s dočasnou nebo trvalou stavební uzávěrou.

### **3.3.3 Radiační ochrana**

Při provádění sanačních opatření na odkalištích je třeba dodržovat zásady radiační ochrany. Jedná se zejména o odstínění záření gama pronikající z uložených materiálů na povrch a snížit ho pod úroveň stanovených směrných hodnot. Dále musí být omezena na přijatelnou úroveň plošná emise z povrchu odkališť. Musí být zamezeno uvolňování prachu s obsahem radionuklidů z povrchu odkališť. V neposlední řadě musí konstrukce krycího prvku omezit v maximální možné míře pronikání srážkových vod dovnitř tělesa odkaliště.

(Tomášek, 1999)

## 4 ZÁJMOVÁ LOKALITA MAPE MYDLOVARY

Chemická úpravna uranového průmyslu MAPE se nachází v Jižních Čechách cca 20 km severozápadně od Českých Budějovic, mezi obcemi Mydlovary, Zahájí, Olešník, Nákří a Dívčice. Výstavba úpravny byla zahájena v roce 1959. Se zpracováním uranových rud na závodě se začalo 1. 10. 1962 a bylo ukončeno 1. 11. 1991. Celkově bylo zpracováno 16 745 835 tun uranové rudy. Za dobu činnosti bylo vyrobeno celkem 28 525 tun uranu, což znamená, že v odkalištích je uloženo 2 320 tun vyloužené rudy.

Uranová ruda se v této lokalitě ani v přilehlém okolí nikdy netěžila. Do MAPE se dovážela z uranových dolů, což znamená, že sem byl uran uměle vnesen.

Důvody pro umístění úpravny do lokality v blízkosti Mydlovar byly:

- 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

Úpravna byla původně vyprojektována na přepracování 300 000 tun uranové rudy ročně. Maxima ve zpracování bylo dosaženo v letech 1979 – 1983, kdy bylo upraveno přes 700 000 tun rudy ročně. Během provozu chemické úpravny vzniklo obrovské množství kalů, které byly hydraulicky dopravovány do odkališť. Základem dopravního systému bylo využití systému plavící a vratné vody. Vody ze systému nesměly proniknout do okolních vod. Odkaliště, která v současné době zaujímají přibližně 286 ha, vznikla z velké části v prostorách po těžbě lignitu, který se zde těžil pro mydlovarskou teplárnu. Rudy uranu s vyšším obsahem karbonátů byly louženy sodou a rudy se sníženým obsahem karbonátů kyselinou sírovou. Od roku 1988 docházelo k omezování odbytu uranového koncentráту a v návaznosti na postupující útlum těžby a úpravy uranu bylo k 1. 11. 1991 zpracování uranových rud na chemické úpravně Mydlovary zastaveno.

Voda v odkalištích nebyla dostatečně zajištěna proti průsaku do podloží. K znečištění podzemních vod došlo jak činností související s úpravou uranu, tak i vlivem bývalé těžby lignitu. Závažnost znečištění této oblasti umocňuje fakt, že směr

proudění podzemní vody transportuje kontaminující látky do prostorů obcí Mydlovary a Zahájí. Hlavními kontaminanty jsou těžké kovy a radioaktivní látky. V prostoru odkališť se počítá s návozem rekultivačních materiálů. Celkové množství materiálu použitého na sanaci pravděpodobně dosáhne tisíců tun.

## **4 .1 Přírodní poměry**

### ***Geomorfologie terénu***

Odkaliště a úpravna MAPE Mydlovary je umístěna v Jihočeském kraji ve střední části okresu České Budějovice, poblíž obce Mydlovary. Z hlediska geomorfologického členění náleží území k okrajové části Českobudějovické pánve, která je součástí Jihočeské pánve. Terén je rovinatý až mírně zvlněný a jeho nadmořská výška je v rozmezí 384 až 440 m n. m.

### ***Klimatické poměry***

Z hlediska teplotních charakteristik patří zájmové území do oblasti mírně teplé, mírně vlhké s mírným průběhem zimního období.

Roční průměrná teplota se udává kolem 7,5 °C. Nejvyšší průměrné teploty se dostávají v červenci 17,4 °C. Teplotní minimum připadá na leden s průměrnou teplotou – 2,2 °C. Období s teplotou 0 °C a vyšší trvá 287 dní. Začíná 22. února a končí 5. prosince. Průměrné období mrazových dní s teplotou nižší než 0 °C trvá 78 dní. Průměrný počet dní se sněhovou pokrývkou se pohybuje mezi 26 a 28 dny a nejčastěji se vyskytuje do výšky 5 cm.

Hlavní vegetační období, které charakterizují průměrné denní teploty 10 °C a vyšší, trvá 157 dní. Začíná 30. dubna a končí 3. října. Vegetační léto určené průměrnou denní teplotou 15 °C a vyšší začíná 7. června a končí 28. srpna, to je 83 dní.

Roční srážky se pohybují v dlouhodobém průměru mezi 410 mm až 780 mm. Maximum dosahuje červenec s hodnotou 96 mm a minimum se dostává v lednu s množstvím 26 mm. Průměrný úhrn srážek připadajících na vegetační období je 374 mm.

V dané lokalitě převládají větry západního směru s četností 51 dní v roce. Slabé větry do 2 m.s<sup>-1</sup> a tudíž i zhoršené rozptylové podmínky lze očekávat s četností 284 dní v roce. Již při velice nízkých rychlostech proudění vzduchu dochází ke zvedání prachových částic do ovzduší a znečišťování obcí i přilehlé zemědělské krajiny,

situované ve směru převládajících větrů. Rychlosti větru ještě zvýrazňuje okolní plochá krajina.

### ***Vodohospodářské poměry***

#### **Povrchové vody**

Z hydrologického hlediska patří zájmové území do povodí Vltavy. Hlavní podíl na odvodnění území má Soudný potok. Tento potok představuje spolu s Mydlovarským potokem dvě hlavní drenážní oblasti. Soudný potok odvádí vodu z odvodňovacích stok, z rybníků a také ze 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. Rybníky v dané oblasti dosahují hloubky 1,5 – 2,5 m. V letech 1980 – 1990 došlo z důvodů nedostatečné kapacity odkalovacích prostorů a rozšiřování činnosti MAPE k likvidaci rybníků Olešník a Staré Nákří.

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 (převážně drenážní) vody.

#### **Podzemní vody**

Podzemní vody jsou v okolí odkališť využívány hlavně jako užitkové, neboť okolní obce jsou vybaveny veřejnou vodovodní sítí.

Na základě průzkumů 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. V důsledku toho docházelo k dlouhodobému kontaktu přítomných hornin se vzduchem a k oxidačním procesům. Rozpuštěním oxidačních produktů se vytvářela kyselá důlní voda se zvýšeným obsahem  $\text{SO}_4^{2-}$  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 trvale 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 uhelné sloje jsou silněji postiženy kontaminací a umožňují transport ve směru proudění vod k jihu až jihozápadu.

Vody postižené průnikem z odkališť charakterizuje mimořádná mineralizace a zvýšený obsah  $\text{SO}_4^{2-}$  a  $\text{NH}_4^+$  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.

### ***Geologické a půdní poměry***

Mateční podloží tvoří třetihorní středně těžké až těžké usazeniny, které jsou proloženy příměsí písků. Původní geologická stavba povrchu je vesměs narušena zakládáním odkaliště a deponováním povrchových zemin i erozivními smyvy materiálu ze složiště. Tato skutečnost je příčinou, že zájmové území má velmi pestré a složité půdní podmínky z hlediska fyzikálního i chemického složení.

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

### ***Biogeografická charakteristika území***

Popisované území je součástí provincie střeoevropských listnatých lesů, bioregionu Českobudějovického. Tento bioregion zabírá geomorfologický celek Českobudějovická pánev a jeho celková plocha je 703 km<sup>2</sup>. Bioregion je tvořený pánví vyplněnou kyselými sedimenty s rozsáhlými podmáčenými sníženinami. Zvláštností jsou háje bez habru a podmáčené lesy s dubem, jedlí a smrkem. Krajina je kulturní a vyvážená se značným podílem vodních ploch, vlhkých luk, kulturních borů a orné půdy. Zcela paradoxně je lokalita MAPE Mydlovary místem výskytu mnoha zvláště chráněných a vzácných druhů ptáků, z nichž většina zde také hnízdí. Pro některé druhy je to dokonce jediné pravidelné hnízdiště v ČR.

## 4.2 Odkaliště K I

Odkaliště K I bylo vybudováno v letech 1961 - 1962 na mírném svahu mezi objektem závodu MAPE a železniční tratí Č. Budějovice – Plzeň. Odkaliště je rovinného typu se základní sypanou hrází a dalšími hrázemi budovanými postupně z naplaveného sedimentu. Maximální výška odkaliště nad terénem je 26 m.

K I je opatřeno obvodovým drenážním systémem. Specifickým znakem tohoto odkaliště jsou postupně budované obvodové hráze z odkalištních písků s nepřipustně vysokou hmotnostní aktivitou rádia a radonovou výdajností. Základní hráz jako částečně obvodová hráz je délky 775 m s maximálním převýšením 4,5 m. Takto vytvořený prostor odkaliště byl rozdělen střední dělicí hrází o délce 175 m. Jedna část byla určena na ukládání alkalických odpadů a druhá část pro ukládání kyselých odpadů. Na plážích po obvodu odkaliště se ukládal hrubší podíl kalu, který můžeme charakterizovat jako písčitou hlínu. Jemnější frakce lze charakterizovat jako prachovou hlínu.

### Zrnitostní charakteristika kalů plavených do odkaliště K I:

Kyselá linka		Alkalická linka	
více než 0,5 mm	5 – 10 %	více než 0,16 mm	5 – 10 %
0,25 – 0,5 mm	20 %	0,07 – 0,16 mm	25 – 30 %
0,10 – 0,25 mm	25 – 30 %	0,04 – 0,07 mm	10 %
méně než 0,10 mm	40 %	méně než 0,04 mm	50 %

Zvyšování hráze bylo prováděno z naplaveného, odvodněného rmutu mechanickým vyhrnováním tak, že vzdušný svah byl vyspádován v průměru do sklonu 1 – 3,5. Na každé 4 m výšky byla vybudována lavice 2 m široká a při tomto postupu bylo dosaženo výšky poslední hráze 412 m. Tímto způsobem bylo docíleno již výše zmíněného převýšení nad terénem 26 m.

V průběhu 30 let provozu úpravny byl původní drenážní systém ucpan jemnými podíly kalu a byl vyřazen z funkce. Tím pádem došlo k zvednutí hladiny průsakových vod nad korunu základní hráze a v její úrovni začalo docházet ke svahovým výronům silně zasolených odkalištních vod. Pro odstranění těchto problémů došlo v letech 1993 – 1994 k obnovení funkce drenážního systému stavbou příložného kamenného drénu o délce 1743 m.

Plošný drén z drceného kameniva odvádí průsakové vody po nepropustném povrchu hrázového tělesa do foliově těsněného zářezu. Zde jsou zachycovány



děrovaným potrubím z lineárního polyethylénu a odváděny gravitačně s minimálním sklonem potrubí 2 ‰ do čerpací stanice drenážních vod. Na drenážním potrubí jsou po vzdálenostech 50 m osazeny betonové šachtice, umožňující proplachování drenážního potrubí a vizuelní kontrolu průtoku drenážní vody v jednotlivých úsecích. Podél plošného drénu je v šířce 10 m na rostlém terénu vytvořena dopravní plocha. Dešťové srážky na severovýchodním obvodu odkaliště jsou odváděny mimo kalojem záchytným příkopem, který je proveden z betonových žlabových tvárnic v pískovém loži.

Během provozu došlo na odkališti K I k několika únikům vody a rmutu. Nejzávažnější nehoda se udála 31. 1. 1965. Při protržení hráze uniklo 1 500 m<sup>3</sup> zvodnělého radioaktivního rmutu. Část rmutu s obsahy 0,7 Bq/l radia ve vodě (maximální přípustná hodnota v povrchových vodách je 0,3 Bq/l) stékala do Soudného potoka a obtokovou strouhou kolem rybníka Bezdrev do Vltavy. Provoz tohoto odkaliště byl ukončen v roce 1984. V současné době je zde uloženo 5 551 000 m<sup>3</sup> kalu.

#### **4.2.1 Technická rekultivace odkaliště K I**

Rekultivační práce na K I začaly odčerpáním volné vody ze sedimentačního prostoru odkaliště. Tento prostor byl postupně zaplněn stávajícím materiálem získaným z obvodu odkaliště do střechovitého tvaru ve spádu 3 ‰ směrem od středu odkaliště. Na méně únosných plochách je jako roznášecí vrstva používána stabilizovaná směs škváry a popílku. Po dokončení přesvahování celého tělesa odkaliště je celý jeho povrch včetně svahů opatřen izolační vrstvou. Výška krycí vrstvy závisí na kvalitě izolačního prvku z hlediska radiační ochrany a na volbě materiálu pro krycí vrstvu. Z hlediska ochrany před degradací izolačního prvku mrazem stačí krycí vrstva o mocnosti 0,8 m.

Rekultivace odkaliště K I je řešena přesvahováním povrchu tělesa do střechovitého tvaru a zřízení následné těsnicí vrstvy a krycí vrstvy včetně zřízení biologické rekultivace povrchu. Jeden z hlavních požadavků státní správy k této koncepci bylo zabezpečit takovou rekultivaci, která bude minimalizovat trvalé zásahy člověka na údržbu biologické rekultivace povrchu sanace.

Rekultivační práce na odkališti byly zahájeny v listopadu 1991 navážením škváropopílkových směsí do laguny. Souběžně s navážením těchto směsí bylo prováděno odtěžování a přemísťování stávajících materiálů z obvodu odkaliště, přičemž odtěžená místa byla překrývána protiprašnou vrstvou z průmyslového kompostu Rekosol.

Srážky spadlé na zrekultivovanou, ale nepřespádovanou plochu odkaliště, se částečně odpaří, částečně odtečou po povrchu jako vody nekontaminované do povrchových vodotečí, částečně se vsáknou, ale hlavně odtékají do středu odkaliště, kde vytvářejí tzv. nebeský rybník jehož hladina bude při relativně nepropustném podloží značně kolísat v závislosti na klimatických podmínkách. Za těchto podmínek by mělo odkaliště stále statut vodohospodářského díla a bylo by nutné vykonávat technicko-bezpečnostní dohled. Nepřespádované a neizolované těleso odkaliště by bylo trvale dotováno srážkovou vodou a dlouhodobě by docházelo k vymývání rozpuštěných látek z naplavených rmutů. Naopak při přespádování a zřízení krycího a těsnícího prvku dojde k postupnému zaklesávání hladiny volných průsakových vod v obvodovém propustném pásmu tělesa odkaliště a tím ke snižování objemu průsaků do drenáží až k minimu určovanému propustností krycího prvku tělesa odkaliště.

Proto je změnění tvaru plochy odkaliště K I do střechovitého tvaru výchozím krokem pro činnost těsnící vrstvy. Po obvodu nezvodnělých pláží bylo prováděno zavážení středu odkaliště převážně zrnitým materiálem o celkovém množství 56 888 tun. Tímto způsobem bylo zrekultivováno celkem 1,9 ha plochy sedimentačního prostoru. Úprava náhorní plošiny pod těsnící a krycí vrstvou odkaliště byla realizována odkopávkou poslední lavice o 2,5 – 3 m po celém obvodu a takto získaným materiálem byl celý prostor odkaliště uzavřen. Přetvarování tělesa odkaliště bylo dokončeno na konci roku 1998.

Svahy odkaliště zůstaly nedotčeny terénními úpravami a jsou v celé výšce zatravněny s řídkým výskytem náletových dřevin. Součástí rekultivačních prací bylo odstranění travního porostu posečením celé plochy povrchu odkaliště. Rovněž bylo provedeno odstranění náletových dřevin. Travniny i náletové dřeviny byly na místě spáleny.

Těsnící prvek vytváří celoplošnou zábranu vnikání srážkových vod do tělesa odkaliště. Na celé ploše přespádovaného povrchu odkaliště byla položena těsnící vrstva.

Těsnící vrstva byla provedena z těchto materiálů:

- vhodné stabilizátory
- směs popílků s odpady vápna
- popílek smíchaný s produkty odsiřování spalin
- rybníční sediment
- bentonitové matrace

Těsnicí vrstva byla pokládána na upravený neprašný povrch odkaliště ve třech vrstvách o celkové tloušťce 0,6 m. Při pokládání těsnicí vrstvy, která nepřekrytá po vyschnutí práší, je třeba tuto vrstvu překrývat min. 0,2 m neprašných průmyslových kompostů, které se následně stanou součástí krycí vrstvy.

Úkolem krycího prvku je zabránění promrzání a následné znehodnocení těsnícího prvku, vytvoření biologicky aktivní vrstvy pro realizaci biologické rekultivace. Velmi důležitou podmínkou krycího materiálu je, aby měla vlastnosti substrátu schopného nahradit půdu pro zřízení travního porostu, případně pro výsadbu mělce kořenících keřových dřevin. Tato vrstva funguje nejen jako podklad pro biologické rekultivace, ale představuje i jímací kapacitu srážkových vod.

Krycí vrstva je položena v horní ploše i na ploše svahů v tloušťce 1 m. Tato vrstva se skládá ze dvou částí. Spodní část představuje 0,8 m průmyslových kompostů a horní část 0,2 m má složení – dva podíly průmyslového objemového kompostu ve směsi s jedním objemovým dílem nekontaminovaného kameniva o velikosti frakce 32 – 63 mm. Tato vrstva by měla zabezpečit odolnost povrchu proti povrchové vodní erozi na ploše obvodových svahů odkaliště.

Povrchový odtok srážkových vod z horní plochy tělesa odkaliště K I je zachycován na obvodu horní plochy odkaliště příkopem o šířce dna 350 mm a sklonu svahů 1 – 1,25. Zachytávaná srážková voda je z příkopů odváděna trubkami do stávajících obvodových příkopů a pak je dále vedena jako nekontaminovaná do veřejné vodoteče, kterou v dané lokalitě představuje Soudný potok. Po technické rekultivaci následuje biologická část rekultivací.

#### **4.2.1.1 Náhradní sanační materiály**

Při technické rekultivaci představuje velký problém nedostatek sanačních materiálů včetně vhodných zemín, které by mohly být použity na svrchní vrstvu.

Jednou z možností jak nahradit půdu, která je vzácným a nedostatkovým zbožím, je biologicky aktivní materiál Rekosol. Druhým řešením by mohlo být postavení kompostárny v blízkosti areálu MAPE Mydlovary, která by produkovala kompost využitelný na biologickou rekultivaci odkališť.

Za předpokladu odbahňování rybníků v relativně blízkém okolí se též počítá pro biologicky oživitelnou vrstvu s využitím rybníčních sedimentů.

## **Rekultivační materiál Rekosol**

Firma Rekka s. r. o. vyrábí pod obchodním názvem Rekosol biologicky aktivní rekultivační materiál. Výchozími materiály jsou odpadní zeminy (i kontaminované ropnými látkami), stabilizované kaly z čistíren odpadních vod, popílky ze spalování hnědého uhlí, produkty z odsiřování spalin a různé další materiály (zbytky z dřevozpracujícího a papírenského průmyslu apod.). Principem výroby je aplikace namíchané směsi, přičemž se pracuje v kompostovém režimu. Technologie spočívá v optimalizaci podmínek potřebných pro rozvoj přirozené půdní mikroflóry obsažené přímo ve vstupní zemině. Cizí mikroflóra není vnášena. Zajištění optimálních podmínek pro růst půdních mikroorganismů je dosaženo přidáním živin, dodáním vzdušného kyslíku, úpravou pH a vlhkosti. Živiny jsou dodávány prostřednictvím stabilizovaných kalů z čistíren odpadních vod.

Vyzrálý rekultivační materiál vyhovuje limitům dle ČSN 465735 „Průmyslové komposty“, třída II a splňuje i vyhlášku MŽP č. 382/2001 Sb. O podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě.

Vyrobený Rekosol by tak mohl být využíván i jako organické hnojivo na zemědělské půdě, avšak pro tento účel není vyráběn. Je určen pro biologickou rekultivaci skládek a odkališť, které nikdy nebudou využívány pro zemědělskou výrobu. Rekosol je při rekultivacích využíván ke konstrukci svrchní biologické vrstvy. Oproti běžné zemědělské půdě má sice tento materiál jisté odlišnosti (nižší obsah jílovité frakce, náchylnosti k přisuškům, nižší obsah stabilního humusu a jílovitohumusového komplexu), nicméně z hlediska mikrobiologického a chemického je tento materiál schopen plně nahradit půdu pro rostliny.

Již v roce 1996 byla vytvořena pokusná plocha na odkališti K III – Olešník o velikosti cca 0,5 ha. Na ploše byl rozprostřen Rekosol a zasety tři druhy travních směsí. Bylo prokázáno, že plochy rekultivované Rekosolem lze ošetřovat běžnou agrotechnikou jako na zemědělské půdě (setí, pokos a sběr travní biomasy).

Na zrekultivovaných plochách jsou periodicky prováděny odběry vzorků a sledován vliv na vybrané složky ŽP.

Na ploše je monitorován obsah kontaminantů v půdním horizontu i obsah kontaminujících prvků v nadzemní travní biomase. Zde je sledován obsah arzenu, kadmia, rtuti a olova. Obsah kovů v biomase v naprosté většině případů splňuje hodnoty stanovené pro krmiva. V žádném případě se však nepočítá s použitím travní hmoty jako krmiva.

Z výsledků dlouhodobého sledování půdního substrátu lze vyvodit, že použitý Rekosol negativně neovlivňuje životní prostředí, neboť vodné výluhy kovů a organických polutantů nejsou vymývány do okolí. Nedochozí k negativnímu ovlivnění potravního řetězce, neboť obsahy kontaminujících kovů v travní biomase nepřekračují požadavky kladené na krmiva.

Vedle obsahu kontaminantů v Rekosolu a travní biomase je dlouhodobě kontrolován též obsah makroživin. Díky složení Rekosolu je dostatečné zásobení půdního horizontu dusíkem, fosforem, draslíkem, hořčíkem i vápníkem.

Na plochách dlouhodobě sledovaných však začíná obsah dusíku klesat, což je pochopitelné, neboť porosty nejsou přihnojovány a neustálý odběr travní biomasy dusík z půdního horizontu odčerpává a zároveň jsou též mobilnější sloučeniny dusíku (dobře ve vodě rozpustné dusičnany) vymývány. Z dlouhodobého sledování lze doložit, že za 3 – 4 roky po založení travních porostů na materiálu Rekosolu dosahuje obsah dusíku v půdním horizontu spodní hranice doporučených hodnot pro trvalé travní porosty. Méně dusíku, který je limitujícím prvkem pro růst rostlin, pak způsobuje menší nárůst travní biomasy.

Půdní reakce je neutrální, pro trvalé travní porosty na hlinitých půdách je optimální půdní reakce slabě kyselá až kyselá. Vyšší pH je způsobené vysokým obsahem vápníku.

Kromě chemických analýz půdního substrátu byly prováděny též mikrobiologické a toxikologické analýzy. Výsledky analýz ukazují, že půdní substrát vykazuje dostatečnou přítomnost mikroorganismů srovnatelnou s běžnými zemědělskými půdami, půdní respirace je dostatečná a nebylo prokázáno působení inhibitorů na půdní mikroflóru. Toxikologické analýzy byly negativní.

## **Kompostárna**

Výstavba kompostárny na zpracování biologického odpadu by byla rozhodujícím prvkem pro urychlení sanačních prací. Zpracovaný biologický odpad by byl dále použit jako krycí materiál na vytvoření tzv. biologické vrstvy, tj. horní vrstvy odkališť. Stavba by sloužila k ekologicky nezávadnému zpracování biologických odpadů jak z okolních obcí, tak travní hmoty získané pokosem již zrekultivovaných a zatravněných odkališť. Tato travní hmota nemůže být použita jako objemové krmivo, a proto se stává nadbytečným a dále nevyužitelným odpadem.

Navrhovaným způsobem zpracování odpadů dochází k ekologicky i ekonomicky vhodnějšímu řešení problému biologických odpadů než při jejich standardní likvidaci. Výsledným produktem by byl výrobek, který by bylo možné využívat jako materiál pro rekultivace apod. a tím by mohlo být opět dosaženo snížení zátěže na životní prostředí.

Stavba by neměla mít po svém dokončení a uvedení do provozu prakticky žádný negativní vliv na prostředí s výjimkou vlivu na ráz krajiny, ale i tento vliv je minimalizován umístěním objektu do bezprostřední blízkosti areálu MAPE. Pozitivním vlivem by mělo být zlepšení nevyhovujícího stavu nakládání s biologickými odpady.

Nezanedbatelným přínosem kompostárny by mimo jiné bylo i vytvoření několika pracovních míst.

#### **4.2.2 Biologická rekultivace povrchu**

Na dokončení technické části rekultivace na odkališti K I bude bezprostředně navazovat biologická rekultivace.

Odkaliště K I je specifické základní sypanou hrází a dalšími hrázemi budovanými postupně z naplaveného sedimentu. Tento způsob ukládání kalů včetně převýšení až 26 metrů nad okolním terénem se stal limitujícím prvkem při rozhodování o biologické rekultivaci. Na povrchu odkaliště se nebudou pěstovat žádné dřeviny, ale bude provedeno pouze zatravnění. Složení a množství výsevu bude nutno přizpůsobit stanovištním podmínkám.

## 4.3 Monitoring

### 4.3.1 Základní charakteristika hlavních kontaminantů

#### URAN

Uran byl objeven Klaprothem (1789) ve smolinci z Johanngeorgenstadtu a své jméno dostal po planetě Uranu objevené nedlouho předtím (1781). Radioaktivní vlastnosti uranu zjistil Becquerel v roce 1896.

Všechny izotopy uranu jsou radioaktivní. Přírodní uran tvoří směs tří izotopů:  $U^{238}$  (zastoupení 99,276 %),  $U^{235}$  (zastoupení 0,7196 %) a  $U^{234}$  (zastoupení 0,0057 %). Jadernými reakcemi byly připraveny další izotopy uranu.

Z lékařského hlediska je uran pro zdraví člověka nebezpečný jak svou toxicitou chemickou, tak i radioaktivitou. Při vniknutí do organismu poškozuje ledviny. Později v menší míře poškozuje játra a při velké expozici i životně důležitá centra. Jako cílový orgán jsou uváděny i kosti, kde nahrazuje vápník. Při požití nejsou sloučeniny uranu příliš jedovaté, závažnější je inhalační expozice.

#### RADIUM 226

V roce 1898 zjistili manželé Curierovi v uranových zbytcích přítomnost dalšího, dosud neznámého silně radioaktivního prvku, kterému dali název radium.

Hlavním izotopem radia vyskytujícího se v přírodě je  $Ra^{226}$  s poločasem rozpadu 1620 let. Na 1 tunu uranu ho připadá ve smolinci maximálně 338 mg.

Snadno se pohybuje v životním prostředí a pro chemickou podobnost s vápníkem se snadno ukládá v kostech, odkud se jen pomalu uvolňuje. Do lidského organismu se radium dostává především s potravou a vodou. Na rozdíl od uranu je nebezpečný pouze radioaktivitou.

#### ARSEN

Arsen je v životním prostředí široce zastoupen. Přirozeně se nachází v zemské kůře. Zvýšené obsahy jsou vázány na ložiska některých kovů, např. zlata. Rostlinami je arsen přijímán obtížně, jeho nebezpečí spočívá především v přímém vstupu do organismu nebo v kontaminaci vod. Arsen je karcinogenní prvek a je známa rovněž jeho mutagenita.

## **KADMIUM**

Kadmium se rovněž nachází přirozeně v zemské kůře. Do půd se dostává z kalů, atmosférickou depozicí a částečně provází fosforečná hnojiva. Vyznačuje se relativně vysokou mobilitou jak v půdním profilu, tak v systému půda – rostlina, popř. půda – voda. Mezinárodní agentura pro výskyt rakoviny zařadila kadmium do II. stupně karcinogenů.

## **OLOVO**

Olovo je nejrozšířenější z těžkých kovů. Vyskytuje se v půdě, vodách i biosféře. Zdrojem kontaminace půd olovem jsou imise z hutí, automobilový provoz, kaly z ČOV a těžba rud. Fytotoxicita olova se dostavuje až při jeho extrémním obsahu v půdě. Příjem rostlinami je relativně nízký. Při intoxikaci olovem je nejvíce postižena krevtvorba, nervový systém, trávicí ústrojí a ledviny. Nejsou dostatečné důkazy o karcinogenitě.

## **CHROM, NIKL**

Tyto dva prvky jsou zastoupeny téměř ve všech půdách jako důsledek obsahu v horninách. Nejvýznamnějšími antropogenními zdroji těchto prvků je metalurgický průmysl, spalování pohonných hmot a uhlí a aplikace odpadních kalů ČOV. Toxicita se projevuje především sníženými výnosy na silně kontaminovaných půdách.

## **MĚĎ, ZINEK**

Měď je významným prvkem pro rostliny i živočichy. Při nadbytku může působit fytotoxicky a snižovat produkci biomasy. Měď je též dodávána do půd při aplikaci odpadních kalů.

## **MANGAN, KOBALT**

Oba prvky patří k důležitým mikroelementům pro živočichy a mikroorganismy, mangan i pro rostliny. Vysoké obsahy v půdě způsobuje metalurgický průmysl, případně aplikace odpadů. Extrémní obsahy působí toxicky na rostliny.

Nadbytek manganu v půdě vyvolává na rostlinách těžké chlorózy. Na rubu listů se tvoří hnědé až červenohnědé tečky, které v pozdějším stadiu splývají ve větší skvrny. Při silném nadbytku listy odumírají.



### 4.3.2 Monitorování sukcesních rostlin

Již od roku 1993 je u stejných rostlin na stejných odběrních místech sledován obsah vybraných 10 mikroelementů - As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn a dvou radionuklidů – U a 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.

Pro zhodnocení dosažených výsledků jsou použity nejvýše přípustné limity cizorodých látek v krmivech. Při porovnávání byly použity dva limity. Nižší limit platí pro rostlinné druhy, které slouží jako krmivo nebo komponenty krmných směsí. Vyšší limitní hodnota platí pro náhradní krmiva a je použita pro rostlinné druhy, které rostou na kalojemech, nebo v ochranném pásmu kalojemů

Tabulka č. 1: **Maximální přípustné množství mikroelementů pro náhradní krmiva**

Max. přípustné množství mg/kg	As	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
	6	1	6	15	100	300	3	15	15	500

Tabulka č. 2: **Maximální přípustné množství mikroelementů pro krmiva**

Max. přípustné množství mg/kg	As	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
	2	0,3	2	5	50	100	1	5	5	250

Při hodnocení překročení limitních hodnot u výše uvedených těžkých kovů jsem svůj zájem zaměřila na Kalojem I, Soudný potok, vodní nádrž pod Kalojemem I, pole u Kalojemu I a vše jsem porovnávala s kontrolními vzorky ze ZD Žabovřesky. Sledovala jsem časový horizont od roku 1999 do roku 2005. Vše jsem vyhodnotila graficky.

V příloze č. 1 jsou grafy vytvořeny podle 10 sledovaných mikroelementů a je v nich zachycen obsah těchto prvků ve všech rostlinách, které se vyskytují na výše uvedených lokalitách. V příloze č. 1 nejsou zohledněny nadlimitní hodnoty. V těchto grafech je dobře vidět reakce jednotlivých druhů rostlin na různé druhy kontaminantů.

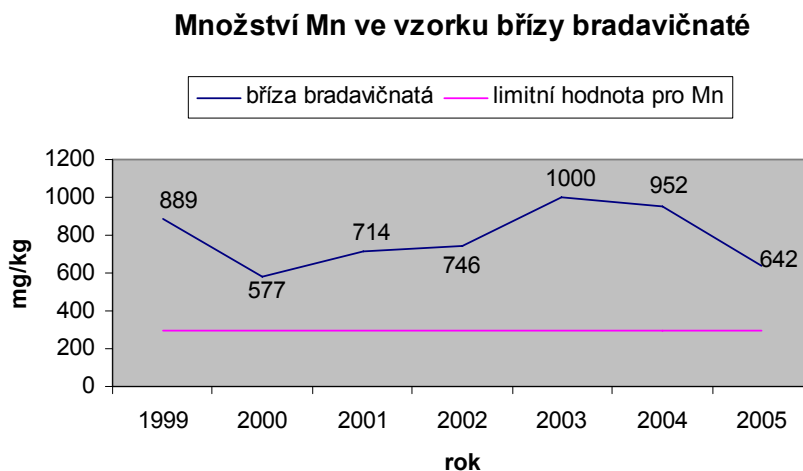
V příloze č. 2 jsem se zaměřila pouze na rostliny, které alespoň v jednom ze sledovaných let překročily stanovené limity. Z těchto grafů je jasně patrné, že nezáleží pouze na druhu rostliny, ale podstatnou roli hrají i další vlivy – např. klimatické podmínky daného roku.

Na Kalojemu I je sledováno pět rostlin. Jedná se o diviznu, olši, rákos, třtinu a břízu. Z těchto pěti sledovaných vzorků byl pouze obsah manganu v listech břízy bradavičnaté a olše lepkavé vyšší než je limitní hodnota. Všechny ostatní sledované těžké kovy byly svým obsahem pod hranicí přípustnosti. V roce 2001 byly též odebrány vzorky pýchavky obrovské, která se vyskytla na Kalojemu I. Hodnoty u této houby byly překročeny ve dvou případech. Jednalo se o As a Mn. V dalších letech se ukázalo, že výskyt houby pýchavky obrovské byl pouze ojedinělý a proto ji nebylo možno v dalších letech opět testovat.

Další vzorky jsou odebírány z těsné blízkosti Soudného potoka. Zde jsou zkoušeny pouze dvě rostliny – kopřiva a chrastice. V letech 1999 – 2005 splňovaly obě tyto rostliny všechny zkoušené limity těžkých kovů, proto jsem je do grafické přílohy nezahrnula.

U vodní nádrže pod Kalojemem I jsou odebírány vzorky šesti rostlin. Jde o rákos, vrbu, kopřivu, chrastici, sítinu a břízu. Z hodnot za posledních sedm let je patrné, že došlo k překročení limitních hodnot u vzorku vrby jívy, břízy bradavičnaté a sítiny klubkaté. Zarážející je výskyt manganu zvláště u břízy bradavičnaté, kde došlo k překročení v každém ze sledovaných roků. V letech 2003 a 2004 je množství Mn dokonce více jak 3 krát vyšší než je povolený limit. Graf č. 1 znázorňuje množství Mn ve vzorku břízy bradavičnaté v průběhu let 1999 – 2005. Grafy ostatních nadlimitních vzorků jsou uvedeny v příloze č. 2.

Graf č. 1



U vrby jívy byly překročeny hodnoty Mn ve všech letech mimo roku 2003, ale hodnoty nedosahovaly do takových extrémů jako u břízy bradavičnaté.

Pole u Kalojemu I bylo hodnoceno již podle přísnějších limitních hodnot, které jsou stanoveny pro krmiva. Odebíraly se vzorky ječmene, pšenice, kukuřice a travního porostu (4x). Druhové zastoupení jednotlivých zemědělských plodin je závislé na osevních postupech pěstitele, proto nebylo možné ze stejného odběrného místa odebírat vzorek stále stejné plodiny. Z deseti sledovaných mikroelementů došlo k překročení Mn ve vzorcích kukuřice a travních porostů. Ve dvou vzorcích trav došlo též k překročení Mo. Všechny ostatní limitní hodnoty nebyly v žádném případě překročeny.

Jako kontrolní slouží vzorky ze ZD Žabovřesky. I zde dochází k prolínání stanovišť v závislosti na osevních postupech pěstitelů. Ze zemědělských plodin je sledován ječmen, pšenice, oves, řepka a kukuřice. K překročení limitních hodnot došlo pouze ve dvou případech u Mn ve vzorku kukuřice a ve dvou případech u Mn ve vzorku ječmene jarního.

Koncentrace uranu u všech sledovaných plodin je ve většině případů na hranici měřitelnosti a dosahuje hodnoty pod 0,1 mg/kg.

Obsah Ra se pohybuje v jednotlivých plodinách v rozmezí od několika desetitisícin do několika setin Bq/g. V tabulce č. 3 uvádím přehled nejvyšších a nejnižších dosažených hodnot Ra v letech 1999 – 2005. Zaměřila jsem se pouze na hodnoty Kalojemu I, pole u Kalojemu I a kontrolní vzorky ze ZD Žabovřesky. U jednotlivé lokality je vždy uvedena plodina a v závorce rok, ve kterém byla naměřena daná hodnota.

Podrobněji jsem danou problematikou nezkoumala, neboť sledování těchto ukazatelů je nad rámec mé práce.

Tabulka č. 3: **Nejnižší a nejvyšší hodnoty Ra v letech 1999 - 2005**

Lokalita	Nejnižší hodnota v Bq/g	Nejvyšší hodnota v Bq/g
Kalojem I	0,0008 olše (2000)	0,087 divizna (2005)
Pole u Kalojemu I	0,0007 tráva (2000)	0,013 tráva (2003)
Kontrolní vzorky	0,0003 oves (2001)	0,0062 ječmen (1999)

Z výše uvedených skutečností a z grafických příloh jasně vyplývá, že obsah sledovaných těžkých kovů je převážně záležitostí roku, klimatických podmínek, ale také jednotlivých druhů rostlin a jejich náchylnosti k absorpci těchto prvků.

U obou sledovaných radionuklidů uranu i radia, lze konstatovat, že se chovají v rostlinách jako kterýkoliv jiný prvek. Jejich obsah je závislý na obsahu v prostředí, ale také na sorpci konkrétního rostlinného druhu k nim.

Výsledky prokazatelně potvrzují, že ukončením provozu úpravny uranové rudy a postupnou technickou a biologickou rekultivací dochází ke snižování kontaminace rostlin na kalojemech i u zemědělských plodin v jejich bezprostředním okolí.

Sledování kontaminace rostlin těžkými kovy i radionuklidy je nepostradatelné, a proto je nutné v monitoringu nadále pokračovat.

## 4.4 Návrh následného využití zrekultivovaných ploch

Sanace a rekultivace odkališť MAPE Mydlovary představuje složitý komplex technických prací. Ukončení sanačních prací závisí z velké míry na výši prostředků vynaložených na koupi sanačních materiálů nezbytných pro závoz odkališť. I za předpokladu bezproblémového získávání finančních prostředků, je doba kompletní rekultivace dané lokality odhadována na další desítky let. Z tohoto hlediska je obtížné a možná i předčasné určit způsob, jak bude s danou lokalitou za dalších 30 – 50 let naloženo.

V současné době s výhledem do budoucnosti přicházejí v úvahu tři možné způsoby, jak tuto lokalitu začlenit zpět do krajiny.

### 4.4.1 Zatravnění

První možností je osázet zrekultivované plochy speciálními travními směsmi, odolnými vůči přísuškům a nízkokořenícími dřevinami, převážně keři.

#### **Hlavním přínosem travního porostu bude:**

- stabilita povrchu a minimalizace plošné vodní eroze a větrné eroze
- potlačení šíření a růstu plevelů
- zvýšená akumulace povrchové vody
- vytvoření humózního horizontu jako předpokladu pro růst dalších rostlin

Po ozelenění plochy budou pak lokálně vysázeny skupiny keřů. Přirozený nálet keřů doplní výsadbu. Nežádoucí dřeviny budou systematicky prořezávány. Na plochách bude možno postupně vysévat jetelotravní směs v množství 60 kg/ha. Důležité je zvolit takovou jetelotravní směs, aby odpovídala přirozenému biotopu v okolí nebo aby jej nijak negativně neovlivňovala.

V prvním roce po vysetí bude travní porost 2x posečen a posečená hmota bude použita do kompostu. Vzhledem k možné kontaminaci těžkými kovy je vyloučené použití travní hmoty jako objemového krmiva. V dalších letech je možno porost mulčovat ponecháním jemně rozřezané trávy na místě.

**Předpokládané složení jetelotravní směsi:**

- 10 % psineček tenký
- 10 % psineček obyčejný
- 20 % kostřava červená výběžkatá
- 10 % kostřava červená obyčejná
- 10 % lipnice luční
- 20 % čičorka pestrá
- 20 % jetel plazivý

Po zatravnění bude provedena výsadba mělce kořenících keřovitých dřevin na 30 % plochy. Mělce kořenící dřeviny jsou zvoleny vzhledem k mocnosti krycí vrstvy.

**Předpokládané složení keřovitých dřevin:**

- 20% ptačí zob obecný
- 10 % trnka
- 10 % střecha hroznovitá
- 10 % babyka
- 10 % bez černý
- 20 % líska obecná
- 10 % hloh jednosemenný
- 10 % jalovec obecný

**Hlavní nevýhody této varianty řešení**

Takto zrekultivované území bude nadále vyžadovat péči člověka. Travní porosty budou alespoň v prvních letech vyžadovat v případě extrémního sucha vydatnou závlivu, dále bude nutné odstraňovat náletové hlubokokořenící dřeviny, dosazovat nové jedince za vyhybnulé a obnovovat poškozené travní porosty.

Při této variantě řešení vyvstává nemalý problém kam s pokosenou travní hmotou. Předpokládám, že po ujetí travní směsi by nedocházelo k přihnojování ani k další podpoře růstu a tím znásobování vzniku travních hmot. Trávy by byly naopak časně z jara válcovány a pokud by to bylo možné, posekaná travní hmota by zůstávala alespoň z části na místě jako mulč. Další variantou by mohl být odvoz travní hmoty do navržené kompostárny. Ovšem za předpokladu, že by již všechna odkaliště na této lokalitě byla zrekultivována, zůstává otázka, jak s vytvořeným kompostem dále naložit.

Je těžké odhadnout, zda by se našel odběratel, který by dokázal kompost vzniklý z kontaminovaných půd dále využít. Provoz kompostárny by se stal nerentabilní a pravděpodobně by došlo k jejímu brzkému zániku. Ovšem otázka využití vypěstované travní biomasy by zde zůstávala i nadále.

#### **4.4.2 Začlenění do ÚSES**

Druhou možnou variantou řešení by mohlo být ponechání dané lokality přírodě a vytvoření z daného území systém biocenter, biokoridorů a interakčních prvků a jejich zařazení do územního systému ekologické stability. V prvních cca třech až pěti letech by daná lokalita vyžadovala péči člověka, která by spočívala v preferenci autochonních dřevin a jejich ochraně proti okusu zvěří, usychání, vandalství a podobně. Došlo by k podpoře přirozené sukcese bylin i mělcekořenících dřevin a křovin. V žádném případě na těchto lokalitách nemůže vzniknout les, proto by bylo potřeba i nadále tuto snahu přírody korigovat. V následujících letech by byly zásahy člověka co nejvíce minimalizovány.

V těsné blízkosti dané lokality se nachází zvláště chráněné území Mokřiny u Vomáčků. Jedná se o významná luční a mokřadní společenstva, zbytek kdysi rozsáhlých „Zbudovských blat“ s ornitologicky a botanicky cennými loukami a rákosinami, které jsou zákonem chráněny. V těchto místech pravidelně hnízdí velká množství jak běžně se vyskytujících ptáků, tak i ptáků kriticky ohrožených.

Z tohoto důvodu je dle mého názoru velice pravděpodobné, že v případě ponechání zrekultivovaných území v rukou přírody by i zde došlo k výraznému rozšíření druhové diverzity. Člověkem nevyužívaná krajina by se stala útočištěm mnoha divoce žijících živočichů.

#### **4.4.3 Pěstování energetických plodin**

Biomasa je definována jako hmota organického původu. V souvislosti s energetikou jde nejčastěji o dřevo a dřevní odpad, slámu a jiné zemědělské zbytky včetně exkrementů užitkových zvířat nebo o záměrně pěstované zemědělské plodiny.

Rozlišujeme biomasu "suchou" (např. dřevo) a "mokrou" (např. tzv. kejda - tekuté a pevné výkaly hospodářských zvířat promísené s vodou). Základní technologie zpracování se dělí na suché procesy jako je spalování, zplyňování a pyrolýza a procesy mokré, které zahrnují anaerobní vyhnívání (metanové kvašení), lihové kvašení a výrobu

biovodíku. Zvláštní podskupinu potom tvoří lisování olejů a jejich následná úprava, což je v podstatě mechanicko-chemická přeměna (např. výroba bionafty a přírodních maziv).

Biomasa může sehrát velmi pozitivní roli při provádění biologických rekultivací ukončených skládek odpadů, odkališť nebo výsypek nadložních hornin v těžebních oblastech a dokonce i při sanacích ploch povrchově kontaminovaných těžkými kovy. Zároveň pěstování fytohmoty pro energetické účely může představovat optimální způsob využívání těchto jinak problematicky využitelných ploch, a to jak z hlediska ekologického, tak i ekonomického.

Při produkci fytohmoty pro energetické účely je žádoucí využívat v první řadě takové pozemky, jejichž využití pro produkci potravin případně krmiv, by mohlo být problematické z důvodů kontaminace těchto pozemků.

**Rostliny vhodné pro pěstování k energetickým účelům** v našich podmínkách lze rozdělit na:

- **jednoleté** – obiloviny, řepka, konopí, len, lnička a další
- **víceleté a vytrvalé** – ozdobnice čínská, chrastice rákosovitá, křídlatka japonská, rákos obecný aj.
- **rychle rostoucí dřeviny** – topoly, vrby, olše aj.

Pokud by bylo rozhodnuto o pěstování energetických plodin na zrehabilitovaných pozemcích, pak je nutno urychleně zahájit testování jednotlivých vybraných energetických plodin na pokusných plochách. Pro objektivní posouzení pěstování vhodné energetické plodiny a následně její využití je nutné znát trend kontaminace těžkých kovů v půdě a následně v pěstovaných rostlinách. Pro zjištění tohoto požadavku je nutno pokračovat ve sledování kontaminací rostlin těžkými kovy.

Obec Dříteň v roce 1999 uvedla do provozu obecní kotelnu na biomasu. Jedná se o moderní kotle splňující všechny evropské normy a významně zvyšující energetickou efektivitu a ekonomické výnosy. Obec teplo dodává do místní školy i školky, pošty, hostince, obchodů a cca 170 bytových jednotek. Tímto způsobem vyhřívá 90 % obce. Obec má vlastní štěpkovač a 3 ha plantáží rychle rostoucích dřevin

V České republice jsou převažujícími zdroji pro výrobu tepla a elektřiny fosilní paliva (černé a hnědé uhlí, ve stále větší míře zemní plyn a topný olej). Fosilní paliva způsobují emise hlavního skleníkového plynu - oxidu uhličitého, který je sice při spalování biomasy emitován rovněž, ale pouze v té míře, ve které byl nedlouho před tím



fixován rostlinami. Moderní technologie spalování biomasy dokáží navíc využívat široké spektrum paliv - palivové dříví, dřevní odpady z dřevozpracujícího průmyslu, posklizňové zbytky, papírenské odpady apod. - a to s nízkými emisemi a vysokou efektivností.

Po úplném ukončení rekultivačních prací v lokalitě MAPE Mydlovary dojde k následnému bezúplatnému převodu zrekultivovaných ploch na obce, v jejichž katastrálním území se daná lokalita nachází. Tímto způsobem obce získají půdu, kterou budou moci dále využít. Mohly by se proto zaměřit na pěstování a následné spalování biomasy, jako tomu je v již zmíněné obci Dříteň. Plantáže rychlerostoucích dřevin nebo bylin by sehrály pozitivní roli při ochraně proti větrné a vodní erozi. Energetické plodiny pěstované na plochách bývalých odkališť by v sobě mohly mít naakumulované těžké kovy z kontaminovaných půd. Výhodou kotlů na biomasu je, že dokáží těžké kovy ze spalin odloučit, a proto jsou energetické plodiny záměrně pěstovány na kontaminovaných půdách, které nelze zemědělsky ani jinak ekonomicky využívat. Další předností je, že popel ze spalování biomasy je použitelný jako hnojivo, a tím je eliminován vznik odpadů.

Otázkou ovšem zůstává, zda by záměrně pěstované energetické plodiny dokázaly přežít a vytvořit dostatečný objem biomasy také na extrémních stanovištích, jakými tyto „půdy“ jsou.

### **Pokusné plochy na odkališti K III**

V roce 2003 proběhl na zrekultivované části odkaliště K III pokus o pěstování některých vybraných druhů, případně klonů, mělce kořenících rostlin s vysokým energetickým potenciálem. Úkolem bylo zjistit nejvhodnější způsob ošetřování rostlin v prvním roce vegetace, prověřit vhodnost jejich pěstování na umělém podloží a zjistit, které z vybraných rostlin budou mít nejlepší pěstební výsledky. Cílovým záměrem bylo zhodnocení, zda na rekultivovaných odkalištích je možné efektivně pěstovat energetické byliny a jaké.

Vlastní plocha, na které byly prováděny pěstební pokusy, je umístěna téměř ve středu a na vrcholu zrekultivované zatravněné plochy o výměře cca 3 ha. Na této ploše bylo založeno 28 políček o rozměrech 5 x 10 m a jedno políčko o rozměrech 3 x 16,6 m. Celková plocha políček tedy zaujímalá 1 450 m<sup>2</sup>.

### **Pěstované plodiny:**

Pro realizaci projektu byly použity jen ty rostliny, u nichž kořenový systém nedosahuje hloubky větší než 0,7 až 1 m.

### **Vytrvalé rostliny:**

Psineček veliký (*Agrostis gigantea*)

Ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*)

Kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea*)

Felina (mezidruhový kříženec jílku mnohokvětého a kostřavy rákosovité – *Lolium multiflorum* x *Festuca arundinacea*)

Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*)

Sveřep horský (*Bromus marginatus*)

Topinambur hlíznatý (*Helianthus tuberosus*)

Vičenec setý (*Onobrychis viciifolia*)

Topolovka růžová (*Alcea rosea*)

### **Jednoleté rostliny:**

Konopí setý (*Cannabis sativa*)

Koriandr (*Coriandrum sativum*)

Lnička setá (*Camelina sativa*)

Katrán habešský (*Crambe abyssinica*)

Kukuřice setá (*Zea mays*)

Kukuřice setá (*Zea mays*) odrůda Acapulco

Ochrana rostlin proti plevelům spočívala v ručním okopávání, vytrhávání a v krajním případě i vystřihávání vzrostlých plevelů a v kosení plevelů motorovou kosou (křovinořezem).

Ochrana proti chorobám nebyla prováděna. Z chorob se vyskytly na topinamburech plíseň slunečnicová, hlízenka obecná a plíseň šedá. Semena v palicích kukuřice odrůdy Acapulco byla silně napadena snětí kukuřičnou.

Rok 2003 byl z hlediska nedostatečného přísunu dešťových srážek a vysokých teplot silně podnormální. Vinou sucha a horka některá semena nevyklíčila (felina, chrastice, kostřava, ovsík, konopí, koriandr), došlo k úhynu rostlin během vegetace (sveřep), výraznému útlumu růstu (sveřep, kukuřice, topinambury), nebo částečnému

omezení růstu (psineček, topolovka a pravděpodobně i vičenec) a výnosy sklizené fytomasy byly malé (topinambury, kukuřice).

Sucho a horké počasí však vůbec neovlivnilo lničku a kramble, jejichž výnosy suché hmoty dosahovaly obvyklého průměru (kramble), či dokonce dvojnásobku obvyklého průměru (lnička).

Extrémní léto roku 2003 však neovlivnilo ani růst obzvláště agresivních plevelů. Zvláště laskavce, merlíky, lebedy, ohnici obecnou, řeřichu rumní a méně agresivní plevele jako rmeny, heřmánkovce, pelyněk černobíl a původní traviny.

Pokus o pěstování energetických plodin na odkališti K III byl bohužel po prvním roce ukončen. Realizátor projektu odešel do jiného místa bydliště a nepodařilo se za něj najít odpovídající náhradu. Ukončení činnosti bylo též ovlivněno odporem starostky obce Olešník i zastupitelstvem této obce. Z jednoletých výsledků nemůžeme dělat konečné závěry, přesto je již zřejmé, že biologicky aktivní materiál Rekosol je pro pěstování polních plodin nevhodný. Má sice dobrou schopnost jímat vodu z dešťových srážek, ale má velmi malou schopnost vodu udržet. Substrát velmi rychle vysychá a stává se po krátké době prašným. Při jakékoliv manipulaci s půdou, při jejím obnažení, dochází už za mírného vánku k úniku drobných prachových částic do ovzduší.

Tabulka č. 4: Výsledky pokusného pěstování energetických plodin

Název rostliny	Vyklíčení	Sklizeň	Váha fytomasy v kg	Obvyklý výnos v t/ha	Náš výnos v t/ha	Poznámka
Psineček veliký	ano	ne	0		0	Příliš slabý na sklizeň
Ovsík vyvýšený	ne	ne	0		0	Osivo nevyklíčilo
Kostřava rákosovitá	ne	ne	0		0	Osivo nevyklíčilo
Felína	ano	ne	0		0	Osivo počalo klíčit na podzim
Chrastice rákosovitá	ne	ne	0		0	Osivo nevyklíčilo
Sveřep horský	ano	ne	0		0	Rostliny uhynuly
Topinambur hlíznatý	ano	ano	13	35 - 100	<b>1,3</b>	Rostliny slabé
Vičenec setý	ano	ne	0		0	Sklizeň možná od příštího roku
Topolovka růžová	ano	ne	0		0	Rostliny se sklízí až od 2. roku
Konopí seté	ne	ne	0		0	Osivo nevyklíčilo
Koriandr	minimum	ne	0		0	Osivo vyklíčilo minimálně
Lnička setá	ano	ano	43	2,5 - 3,5	<b>8,6</b>	
Kramble	ano	ano	38,5	4,5 - 5,5	<b>3,85</b>	
Kukuřice setá Acapulko	ano	ano	83	nezjištěn	<b>10,3</b>	
Kukuřice setá Romario	ano	ano	90	35-38	<b>18</b>	

## 5 ZÁVĚR

Cílem mé práce bylo vyhodnotit stav rekultivovaných odkališť a navrhnout způsob jejich následného využívání a začlenění do krajiny.

Za lokalitu s probíhající rekultivací jsem si v rámci MAPE Mydlovary zvolila odkaliště K I nacházející se v blízkosti závodu MAPE. Ve své práci jsem podrobně popsala způsob technické rekultivace, která zde již proběhla a svůj další zájem jsem obrátila na rekultivaci biologickou, která je v současné době prováděna. Tato druhá a velice důležitá část rekultivací již podstatně rozhoduje o tom, jak se bude dané území dále využívat.

V okolí obcí Mydlovary a Olešník se nachází 8 odkališť. Odkaliště K I je specifické svými postupně naplavovanými hrázemi. Tento způsob ukládání kalů neumožňuje pěstování ani mělcekořenících dřevin, proto bude toto odkaliště po ukončení rekultivačních prací pouze zatravněno.

Při návrhu následné péče jsem se zaměřila komplexně na celou tuto problematickou oblast, neboť se do budoucna počítá s rekultivací všech kontaminovaných ploch a tudíž i začlenění všech zrekontivovaných odkališť zpátky do krajiny. Ve své práci jsem navrhla tři způsoby, které by mohly představovat vhodné řešení.

Prvním z nich je zatravnění, jehož hlavní výhodou je pokrytí povrchu zrekontivovaných ploch vegetačním krytem a tudíž zabránění vodní i větrné erozi. Při suchém počasí nebude docházet k odnosu drobných zrn půdy a zanášení okolní krajiny ani lidských sídel. Při tomto způsobu řešení ovšem vyvstává otázka, jak naložit v vypěstovanou travní biomasou. Využití ke krmným účelům nepřichází v žádném případě v úvahu, neboť rekultivační materiál, který nahrazuje půdu a je použit na svrchní vrstvu, není k těmto účelům vyráběn.

Druhým způsobem, o kterém se vedou diskuse je zařazení těchto ploch do územního systému ekologické stability. Na zrekontivovaných plochách by byla vytvořena síť ucelených biocenter a biokoridorů, které by zajišťovaly druhovou diverzitu daného území. S ohledem na krycí vrstvu nad izolačním prvkem by byly voleny pouze mělcekořenící dřeviny.

Dalším způsobem, nad kterým jsem se zamýšlela, je pěstování plodin s vysokým energetickým potenciálem. Na odkališti K III Olešník proběhl v roce 2003 pokus o pěstování 15 druhů energetických plodin. S průběhem jsem vás seznámila ve své

práci. Ačkoliv dosažené výsledky nebyly ideální (většina semen díky abnormálně teplému létu a suchu nevyklíčila, nebo se potýkala s dalšími problémy v průběhu vegetačního období), bylo by dobré v obdobných výzkumech nadále pokračovat. Z výsledků jednoletého pokusu by bylo unáhlené dělat ucelené závěry. Za delší časový horizont by však bylo zřejmé, zda by tyto plochy dokázaly dosahovat konkurenceschopných produkcí.

Ukončením rekultivačních prací nekončí v žádném případě péče o dané území. Bude nutno zajistit údržbu vybudovaných vodohospodářských děl, starat se o vysazenou zeleň, odstraňovat náletové hlubokokořenné dřeviny a v době sucha zajistit vydatnou závlivu. Využitelnost území bude nadále omezena, neboť plochy bývalých odkališť zůstanou územím s věčným břemenem, s trvalou stavební uzávěrou a ani v budoucnosti nelze počítat se zemědělským nebo podobným využitím.

Nesmíme zapomenout, že odhadovaná doba sanací je v řádech desítek let. V optimálním případě 20 až 30, ale není vyloučeno ani dalších 50 let rekultivačních prací v této lokalitě. Během takto dlouhé doby může dojít k technickým změnám, vývoji nových technologických postupů, změně legislativy i ekonomické stránky našeho státu. Z tohoto hlediska je nyní velice obtížné určit ten jediný a správný způsob, jak naložit s 286 ha minulostí zatížených ploch.

## 6 SEZNAM LITERATURY

**BLÁHA, L., SIXTA, J.** Výběr vhodných plodin pro rekultivované pozemky a zhoršené půdní podmínky. ÚVTIZ Praha, 1991, 72 s.

**BRADSHAW, A. D.** Goals of Restoration in Restoration and Recovery of an Industrial Region. NY, 1995, 358 s.

**DIMITROVSKÝ, K.** Lesnická rekultivace devastovaných půd báňskou činností, ÚVTIZ Praha, 1979, 64 s.

**DUFEK, V.** Stavební listy – Energetický areál Karolína Mydlovary [online]. Dostupný z WWW: <http://stavlisty.cz/2004/11/mydlovary.html>

**HANUS, P. a kol.** Ekonomická náročnost odstranění ekologické zátěže v souvislosti s ukončením uranové činnosti DIAMO s. p., odštěpný závod GEAM Dolní Rožínka [online]. Dostupný z WWW: [www.czp.cuni.cz/knihovna/undp/studie/S22.htm](http://www.czp.cuni.cz/knihovna/undp/studie/S22.htm)

**HRDINA, P.** Zkušenosti s biologickou rekultivací na odkališti K III – Olešník při použití rekultivačního materiálu Rekosol [online]. Dostupné z WWW: <http://www.diamo.cz/>

**HRDINA, P., PRÁŠEK, K.** Využití odpadů z teplárenství a energetiky a kalů z ČOV k technické a biologické rekultivaci odkaliště K III – Olešník [online]. Dostupné z WWW: <http://www.diamo.cz/hpvt/2001/sekce/sanace/16/S16.htm>

Investiční záměr „Rekultivace a odstranění ekologické zátěže po hydrometalurgickém zpracování uranových rud v oblasti obcí Dívčice, Mydlovary a Olešník regionu Blata“. PBA Group s.r.o., Praha, 2004.

**JŮVA, K., PFLUG, J., TLAPÁK, V.** Meliorační kultivace a rekultivace zemědělské půdy. SZN, Praha, 1984, 302 s.

**KOLÁŘOVÁ, E.** Zahlazování následků hornické činnosti – MAPE Mydlovary

[online]. Dostupný z WWW:

[http://www.fce.vutbr.cz/veda/dk2004texty/pdf/02\\_Konstrukce%20a%20pozemni%20stavby/2\\_06\\_Geotechnika/Kolarova\\_Eva.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/veda/dk2004texty/pdf/02_Konstrukce%20a%20pozemni%20stavby/2_06_Geotechnika/Kolarova_Eva.pdf)

**KRYL, V., FRÖLICH, E., SIXTA, J.** Zahlazení hornické činnosti a rekultivace.

Vysoká škola báňská – technická univerzita Ostrava, 2002, 79 s.

**LEPKA, F.** Český uran 1945 – 2002. Květa Vinklátová – KNIHY 555, Liberec, 2003, 101 s.

**MARTÍNKOVÁ, M.** Vyhodnocení starých zátěží z hlediska ohroženosti hydrosféry nebezpečnými látkami [online]. Dostupný z WWW:

[www.vuv.cz/Sekce/ZZprava2005.pdf](http://www.vuv.cz/Sekce/ZZprava2005.pdf)

**MAŘÍK, Z., RŮŽIČKA, J., NOVOTNÝ, J. a kol.:** Odkaliště. Sborník přednášek, Brno, 1986, 134 s.

**NOVOTNÝ, J.** Rekultivace odkališť uranového průmyslu [online]. Dostupný z WWW:

<http://www.diamo.cz/hpvt/2001/sekce/sanace/12/S12.htm>

**PETŘÍKOVÁ, V., BENDA, P.** Systém hnojení při rekultivaci důlních výsypek a složišť popelů. ÚVTIZ Praha, 1990, 44 s.

**POKORNÝ, E., FILIP, J., LÁZNIČKA, V.** Rekultivace. Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2001, 128 s.

**SLIVKA, V.** Zhodnocení současného stavu rekultivačních materiálů, používaných pro rekultivace a sanace území po báňské činnosti (poklesové kotliny, odkaliště atd.)

[online]. Dostupný z WWW:

<http://www.hgf.vsb.cz/hgf/veda/cez/273500007/zpravy/2/cez21.html>

**SMETANA, J., TOMÁŠEK, J.** Problematika radonu při zahlazování následků hornické uranové činnosti [online]. Dostupné z WWW:

<http://www.diamo.cz/hpvt/2001/sekce/sanace/19/S19.htm>

**SMITH, M.** The reclamation of sudbury: The greening of a moonscape [online].  
Dostupný z WWW: <http://horticulture.coafes.umn.edu/vd/h5015/96papers/msmith.htm>

**SKŘIVÁNEK, J.** Biomasa [online]. Dostupné z WWW:  
<http://www.habartice.cz/czech/biomasa.php>

**ŠÍMA, F. a kol.** Závěrečná zpráva. Ozelenění odkališť MAPE, VŠZ České Budějovice,  
1986, 48 s.

**ŠTÝS, S. a kol.** Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin. SNTL,  
1981, 678 s.

**TOMÁŠEK, J. a kol.** Analýza rizika Chemická úpravna MAPE Mydlovary SOM  
s.r.o., Mníšek pod Brdy, 2003.

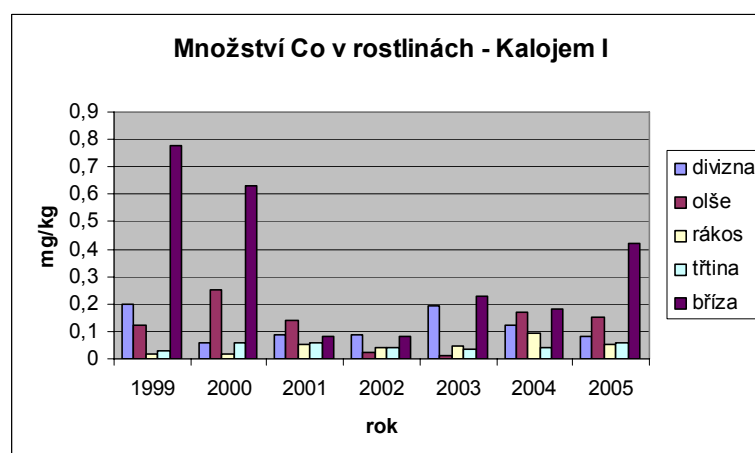
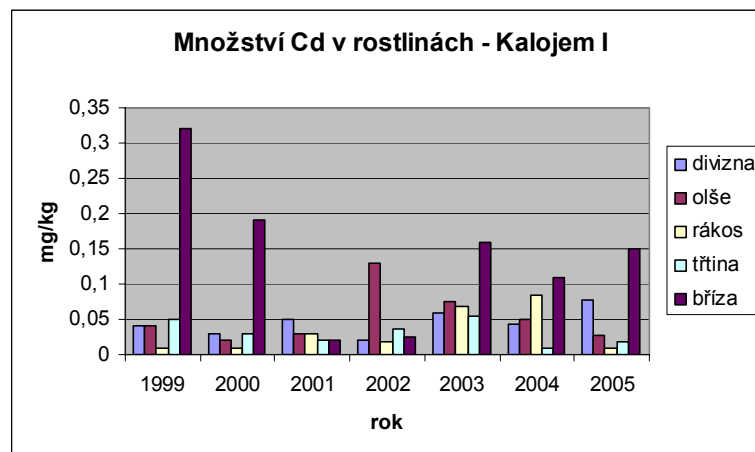
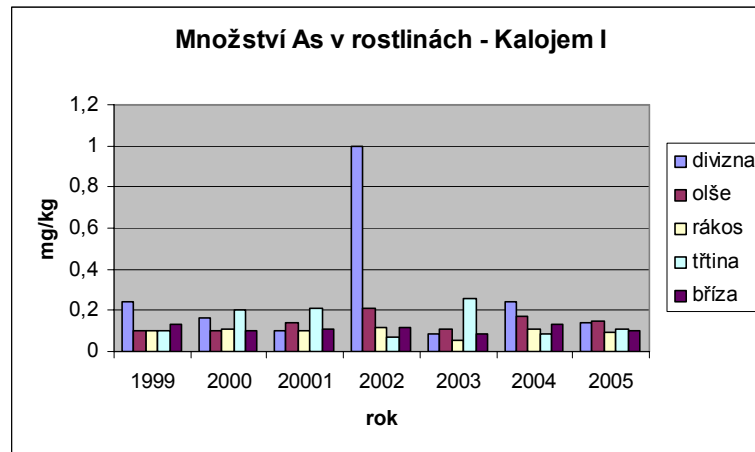
**TOMÁŠEK, J. a kol.** Použití vyřazených pneumatik pro konstrukci roznášecí vrstvy  
při sanaci odkaliště K IV/E [online]. Dostupný z WWW:  
[http://eia.cenia.cz/eia/eia\\_files/MZP057/MZP057\\_\\_oznameni.doc](http://eia.cenia.cz/eia/eia_files/MZP057/MZP057__oznameni.doc)

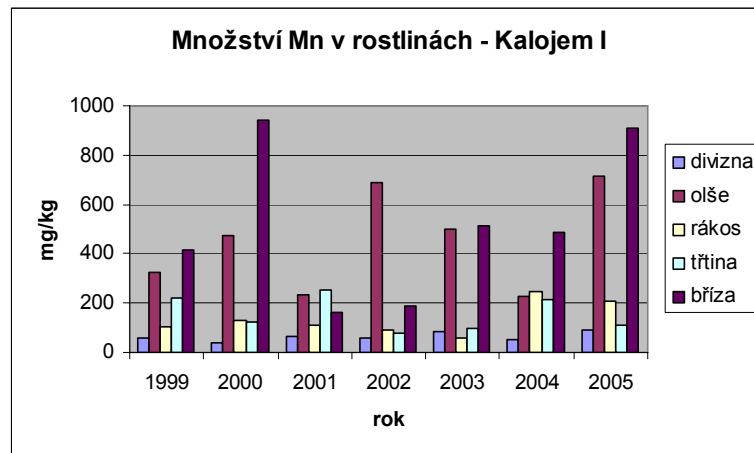
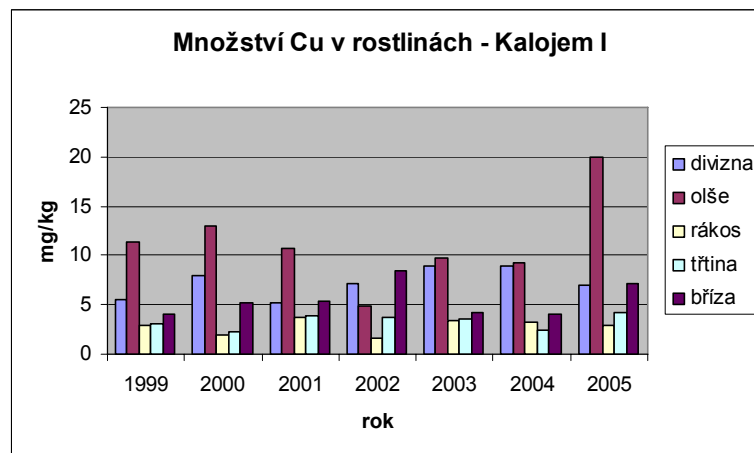
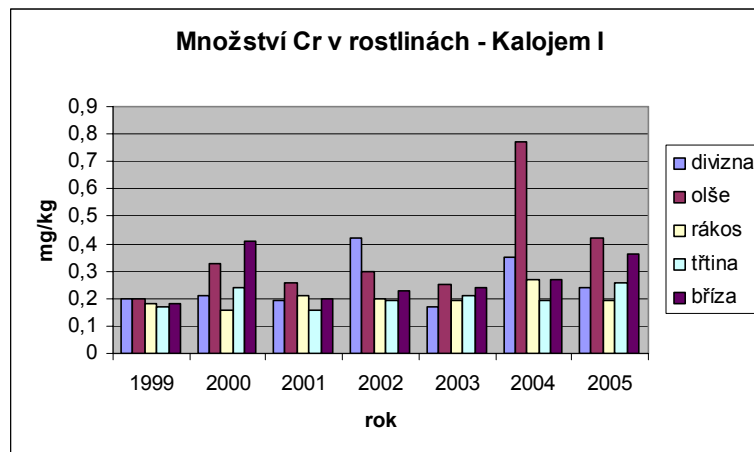
**TOMÁŠEK, J., LUNDÁKOVÁ, I.** Zkušenosti EIA – sanace po hornické činnosti  
[online]. Dostupný z WWW:  
<http://www.env.cz/www/zamest.nsf/defc72941c223d62c12564b30064fdcc/4eb4d3f116c37fcb41256847002ae986?OpenDocument#Zku%C5%A1enosti%20EI>

**URBAN, P., STARÝ, P.** Intenzifikace čištění odkalištních vod bývalé úpravny  
uranových rud MAPE Mydlovary [online]. Dostupný z WWW: <http://www.diamo.cz/>

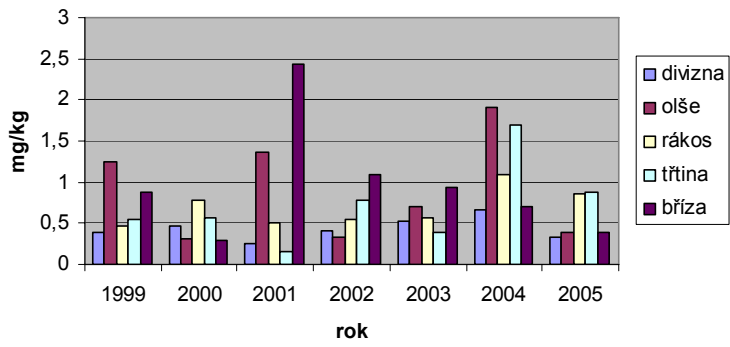


## Obsah těžkých kovů v rostlinách rostoucích na Kalojemu I

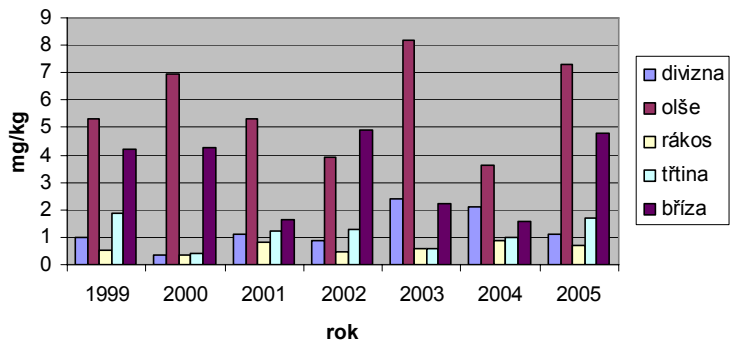




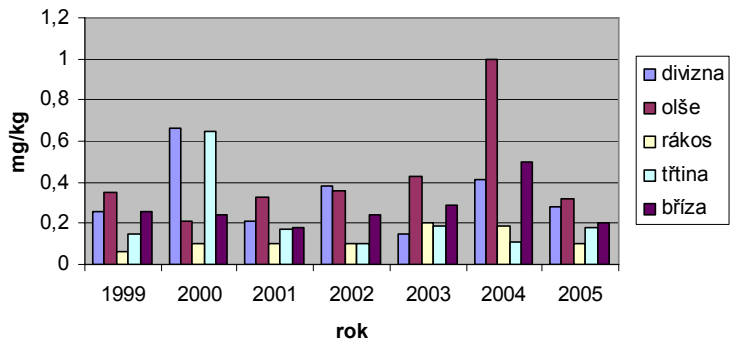
**Množství Mo v rostlinách - Kalojem I**



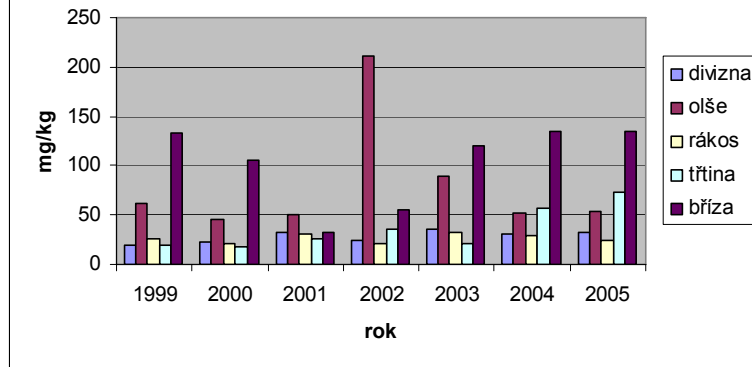
**Množství Ni v rostlinách - Kalojem I**



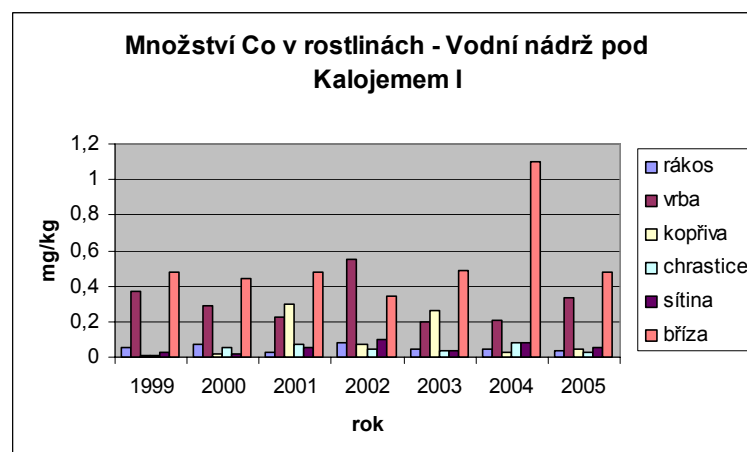
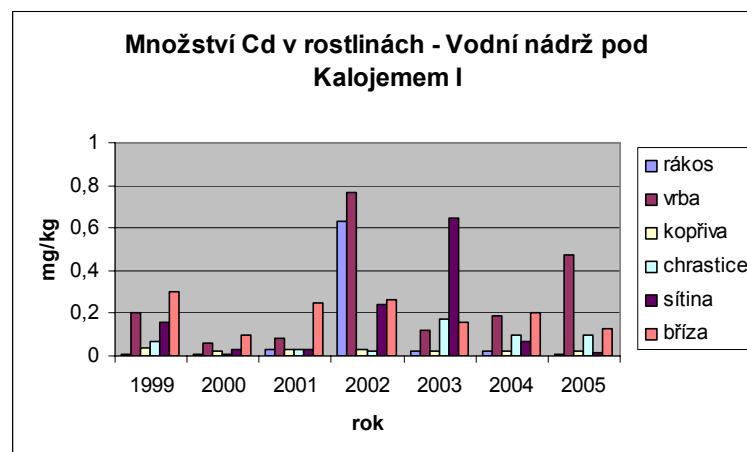
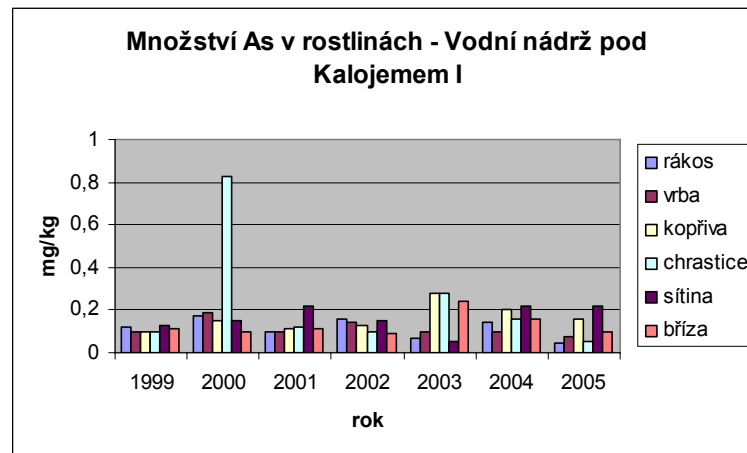
**Množství Pb v rostlinách - Kalojem I**



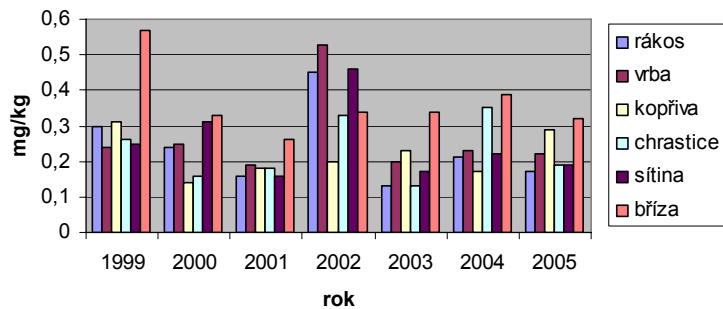
Množství Zn v rostlinách - Kalojem I



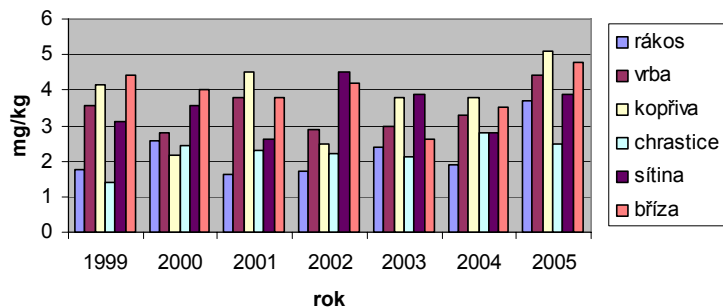
## Obsah těžkých kovů v rostlinách rostoucích u vodní nádrže pod Kalojemem I



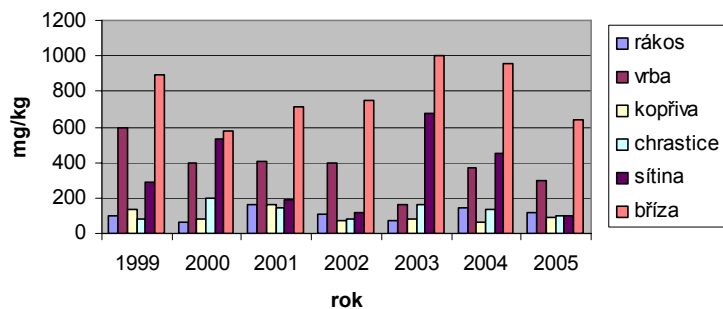
**Množství Cr v rostlinách - Vodní nádrž pod Kalojemem I**



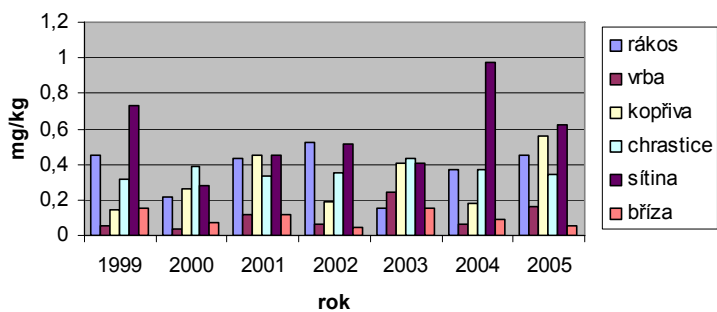
**Množství Cu v rostlinách - Vodní nádrž pod Kalojemem I**



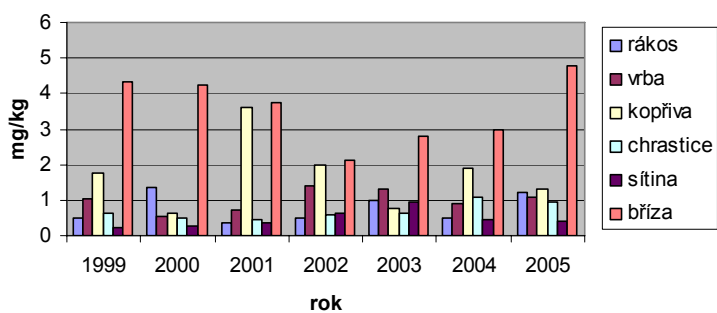
**Množství Mn v rostlinách - Vodní nádrž pod Kalojemem I**



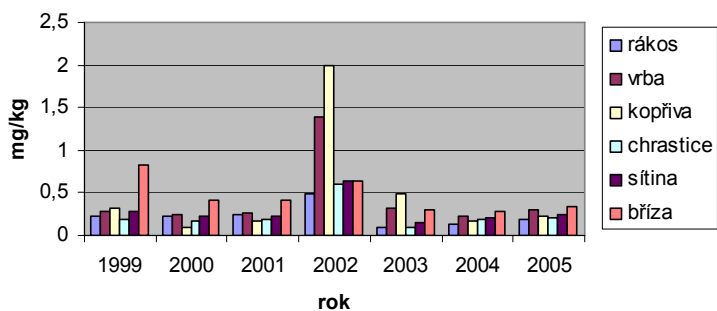
**Množství Mo v rostlinách - Vodní nádrž pod Kalojemem I**



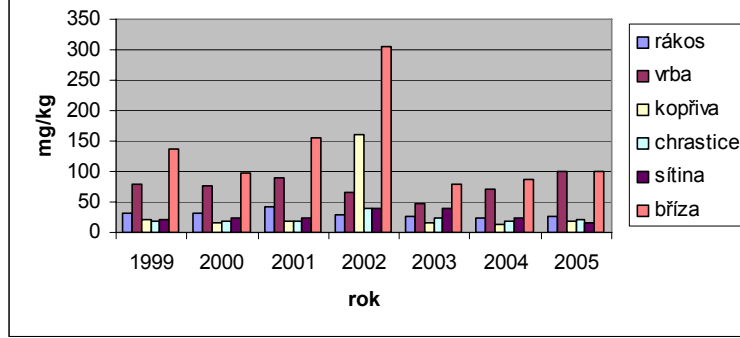
**Množství Ni v rostlinách - Vodní nádrž pod Kalojemem I**



**Množství Pb v rostlinách - Vodní nádrž pod Kalojemem I**



**Množství Zn v rostlinách - Vodní nádrž pod Kalojemem I**





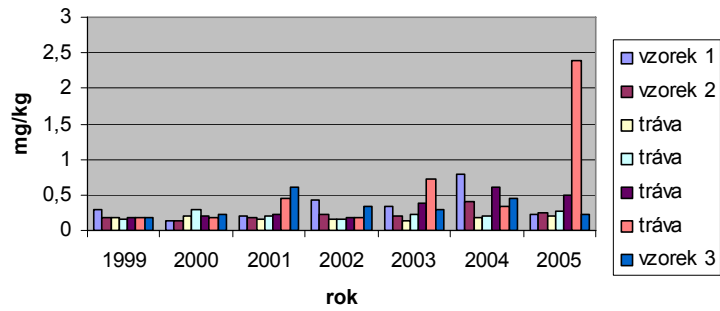
## **Obsah těžkých kovů v zemědělských plodinách – Pole u Kalojemu I**

Z důvodů střídání zemědělských plodin nebylo možné v jednotlivých letech odebrat vždy stejný vzorek ze stejného odběrního místa. Zde uvádím přehled plodin pěstovaných v jednotlivých letech.

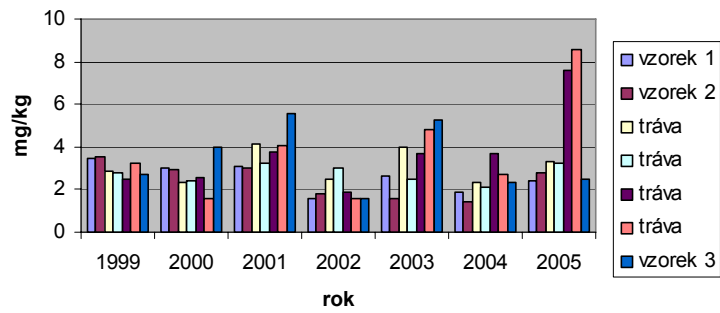
	<b>vzorek 1</b>	<b>vzorek 2</b>	<b>vzorek 3</b>
<b>1999</b>	ječmen	ječmen	pšenice
<b>2000</b>	pšenice	pšenice	ječmen
<b>2001</b>	pšenice	pšenice	pšenice
<b>2002</b>	kukuřice	kukuřice	pšenice
<b>2003</b>	tráva	tráva	kukuřice
<b>2004</b>	tráva	tráva	pšenice
<b>2005</b>	tráva	tráva	ječmen



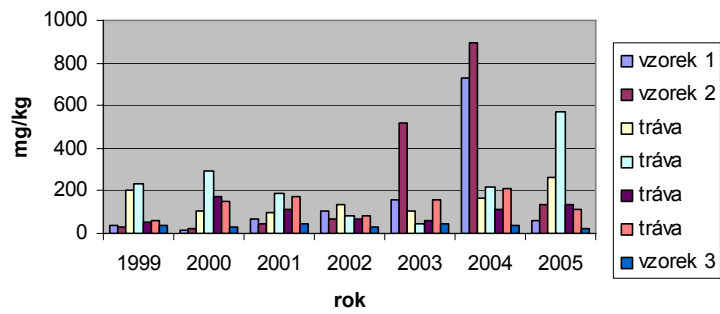
**Množství Cr v zemědělských plodinách -  
Pole u Kalojemu I**



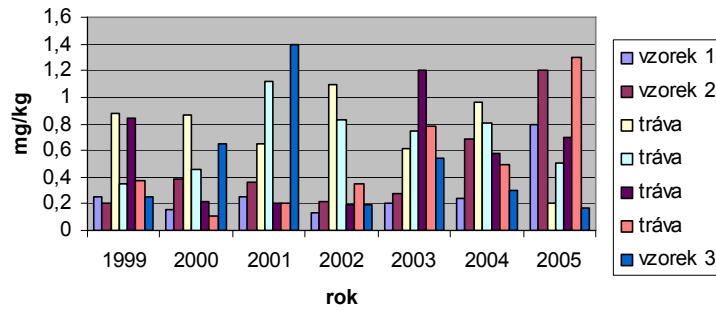
**Množství Cu v zemědělských plodinách -  
Pole u Kalojemu I**



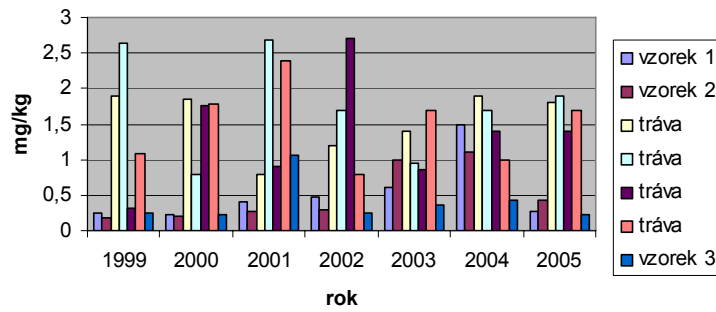
**Množství Mn v zemědělských plodinách -  
Pole u Kalojemu I**



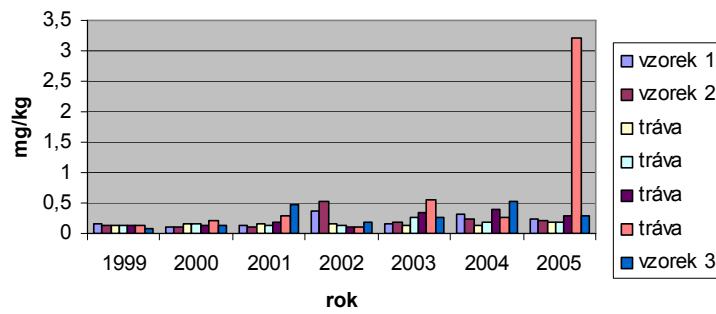
**Množství Mo v zemědělských plodinách -  
Pole u Kalojemu I**



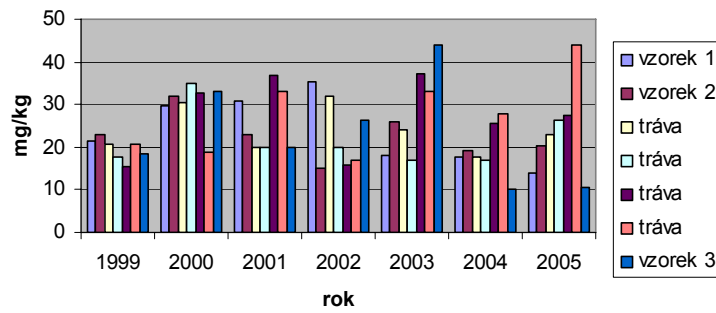
**Množství Ni v zemědělských plodinách -  
Pole u Kalojemu I**



**Množství Pb v zemědělských plodinách -  
Pole u Kalojemu I**



**Množství Zn v zemědělských plodinách -  
Pole u Kalojemu I**

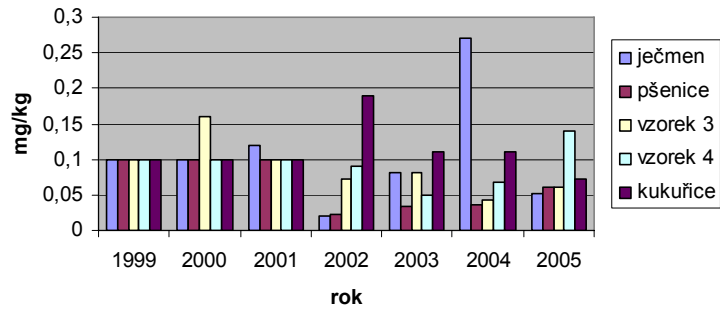


## **Obsah těžkých kovů v zemědělských plodinách – Kontrolní vzorky ze ZD Žabovřesky**

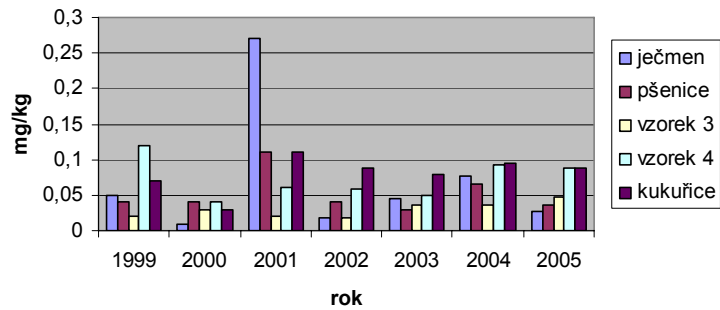
Z důvodů střídání zemědělských plodin nebylo možné v jednotlivých letech odebírat vždy stejný vzorek ze stejného odběrního místa. Zde uvádím přehled plodin pěstovaných v jednotlivých letech.

	<b>vzorek 3</b>	<b>vzorek 4</b>
<b>1999</b>	oves	pšenice
<b>2000</b>	oves	pšenice
<b>2001</b>	oves	pšenice
<b>2002</b>	oves	řepka
<b>2003</b>	pšenice	řepka
<b>2004</b>	oves	pšenice
<b>2005</b>	oves	řepka

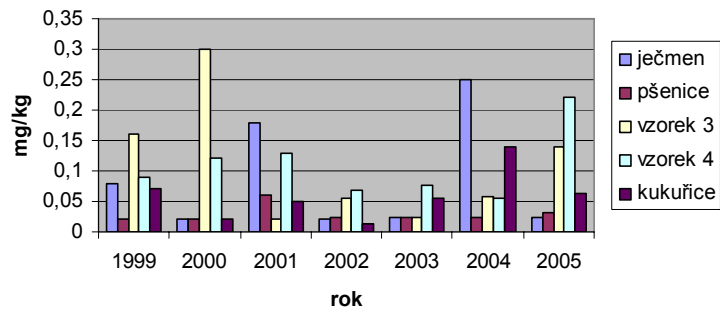
**Množství As v zemědělských plodinách -  
Kontrolní vzorky ZD Žabovřesky**



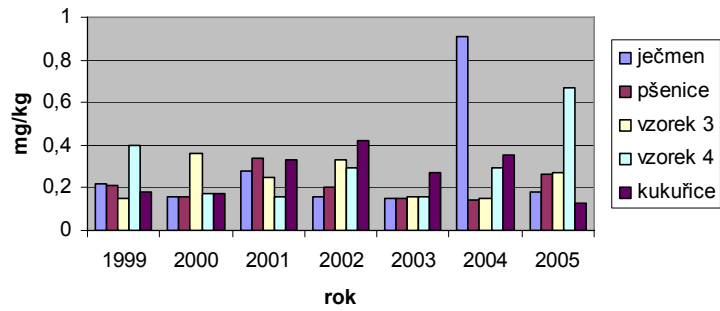
**Množství Cd v zemědělských plodinách -  
Kontrolní vzorky ZD Žabovřesky**



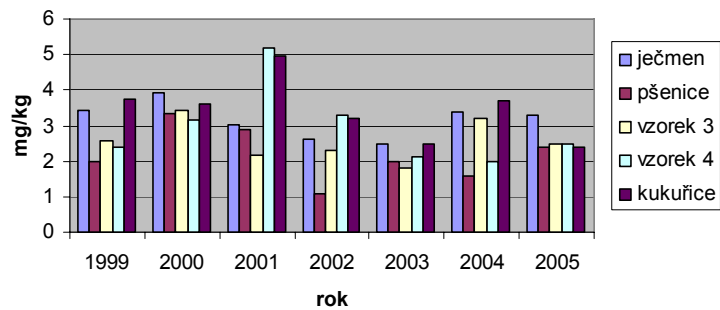
**Množství Co v zemědělských plodinách -  
Kontrolní vzorky ZD Žabovřesky**



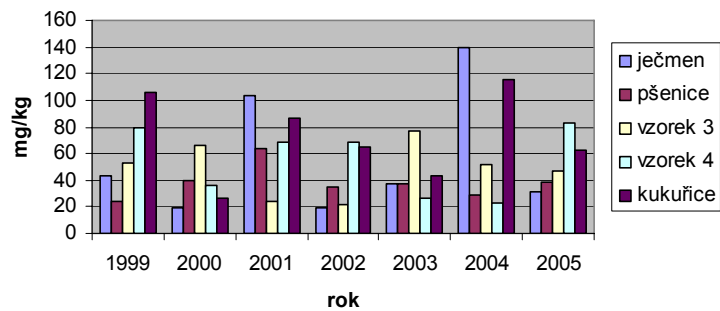
**Množství Cr v zemědělských plodinách -  
Kontrolní vzorky ZD Žabovřesky**



**Množství Cu v zemědělských plodinách -  
Kontrolní vzorky ZD Žabovřesky**

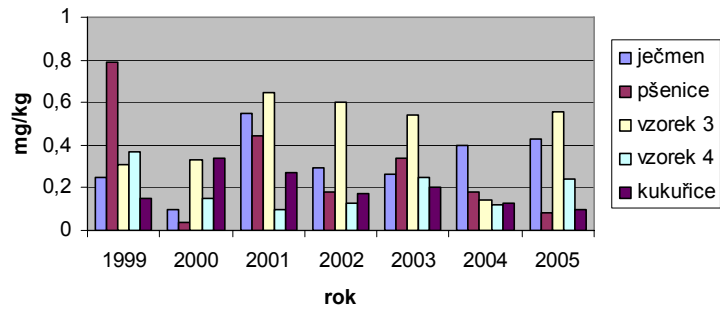


**Množství Mn v zemědělských plodinách -  
Kontrolní vzorky ZD Žabovřesky**

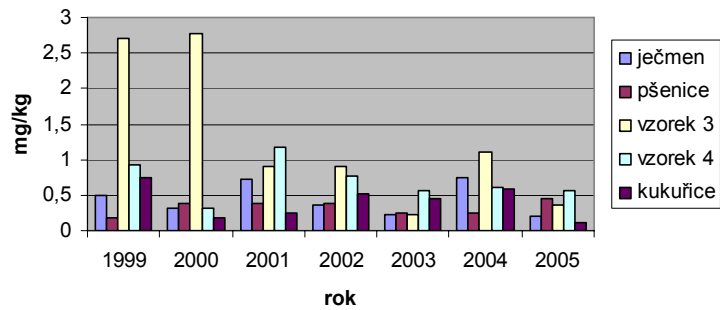




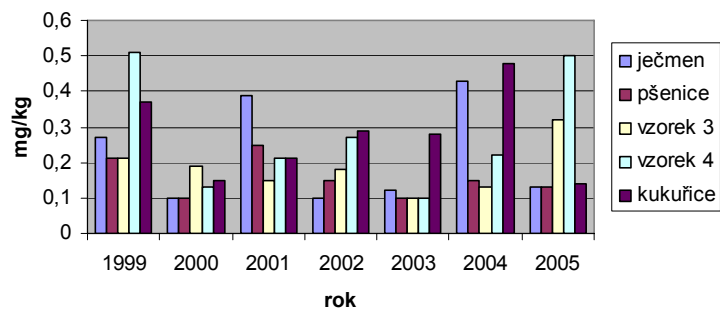
**Množství Mo v zemědělských plodinách -  
Kontrolní vzorky ZD Žabovřesky**



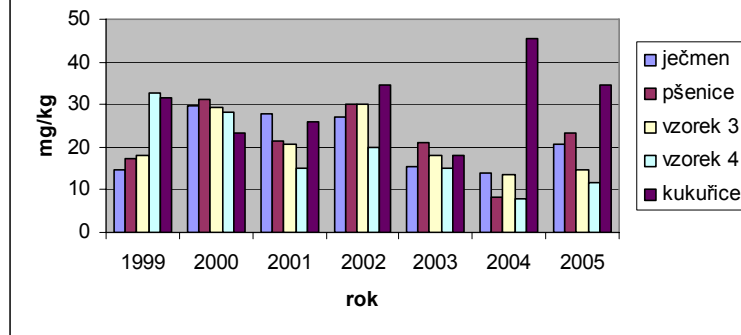
**Množství Ni v zemědělských plodinách -  
Kontrolní vzorky ZD Žabovřesky**



**Množství Pb v zemědělských plodinách -  
Kontrolní vzorky ZD Žabovřesky**



**Množství Zn v zemědělských plodinách -  
Kontrolní vzorky ZD Žabovřesky**

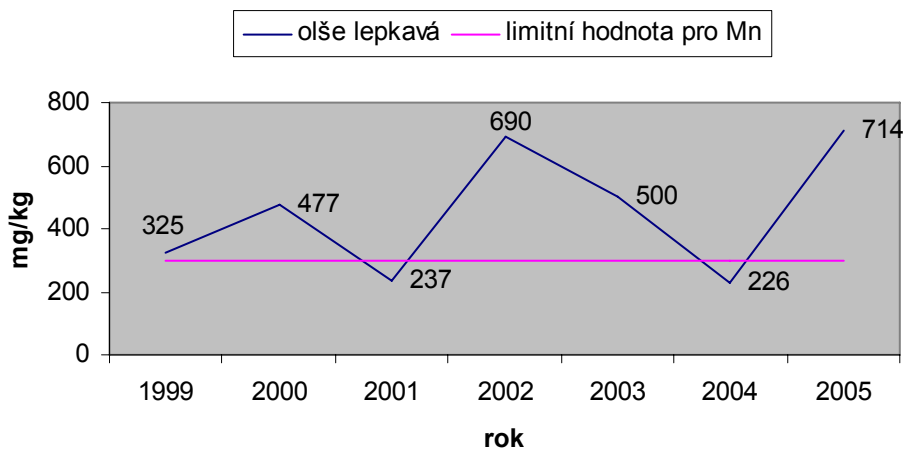


Příloha č. 2

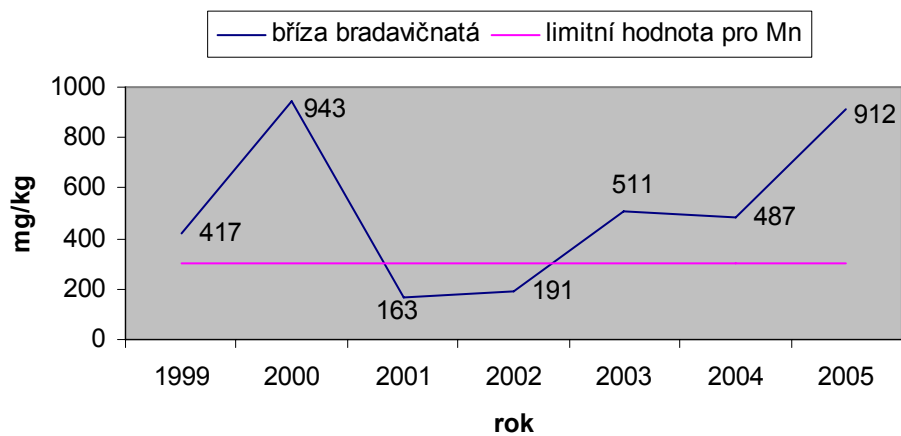
**Nadlimitní výskyt manganu ve vzorcích jednotlivých plodin  
v průběhu let 1999 – 2005**

# KALOJEM I MAPE

## Množství Mn ve vzorku olše lepkavé

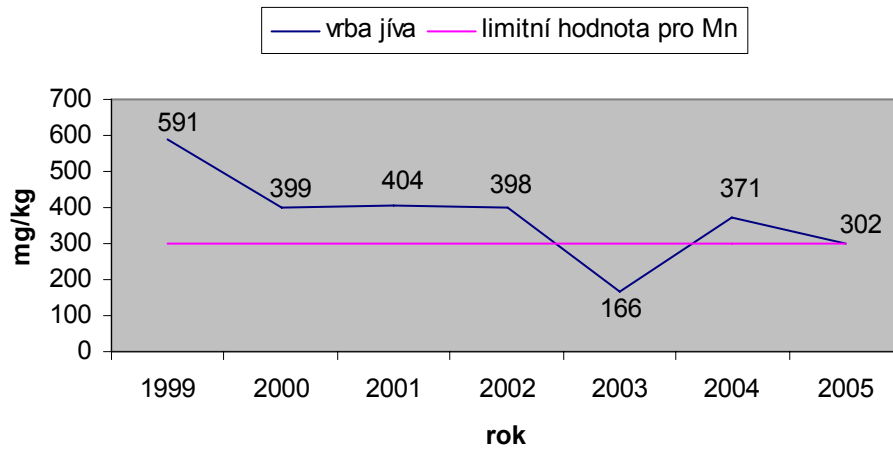


## Množství Mn ve vzorku břízy bradavičnaté

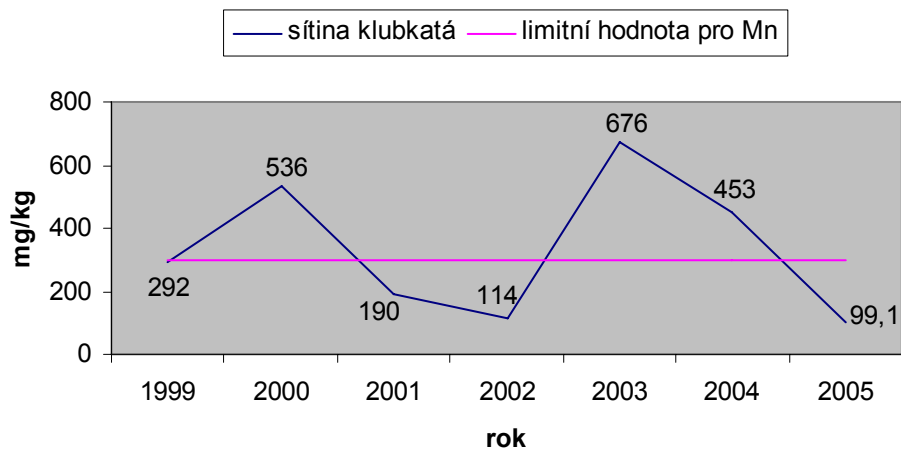


# VODNÍ NÁDRŽ POD KALOJEMEM I

## Množství Mn ve vzorku vrby jívy

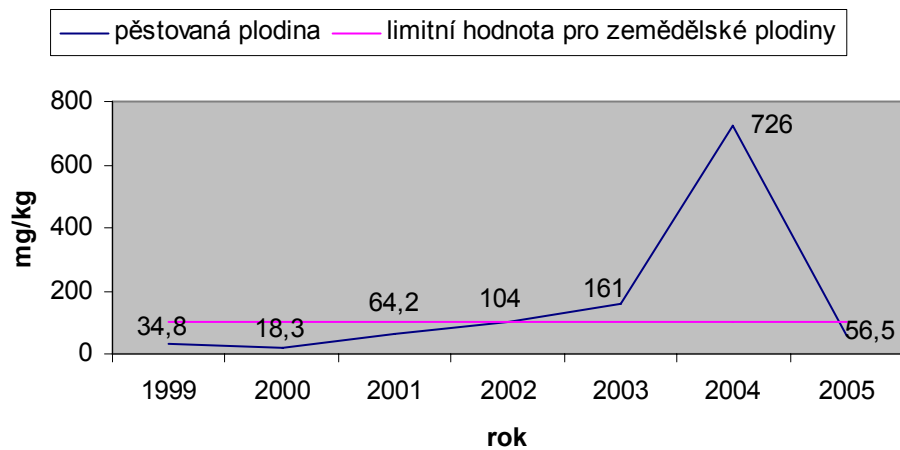


## Množství Mn ve vzorku sítiny klubkaté



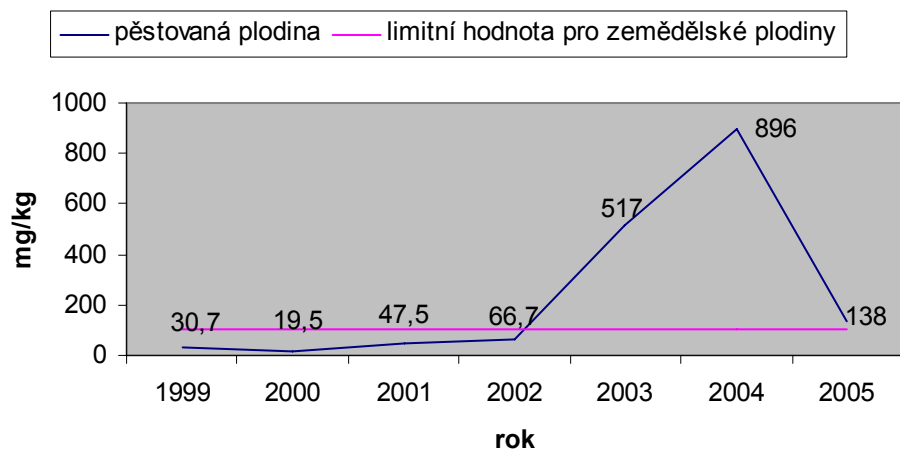
# POLE U KALOJEMU I

## Množství Mn v zemědělských plodinách



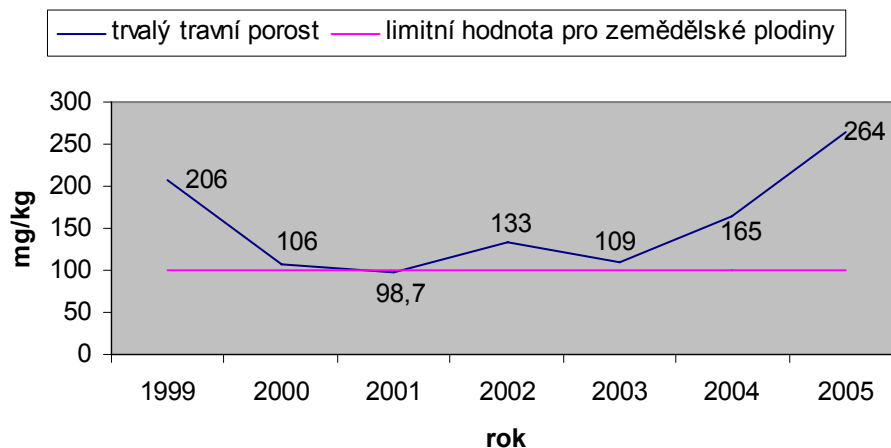
1999 – ječmen  
2000 – 2001 pšenice obecná  
2002 – kukuřice  
2003 – 2005 – trvalý travní porost

## Množství Mn v zemědělských plodinách

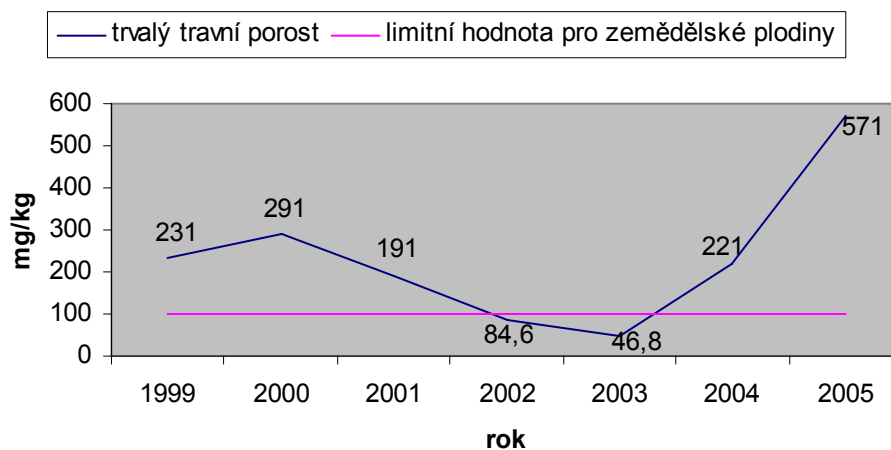


1999 – ječmen  
2000 – 2001 – pšenice obecná  
2002 – kukuřice  
2003 – 2004 trvalý travní porost

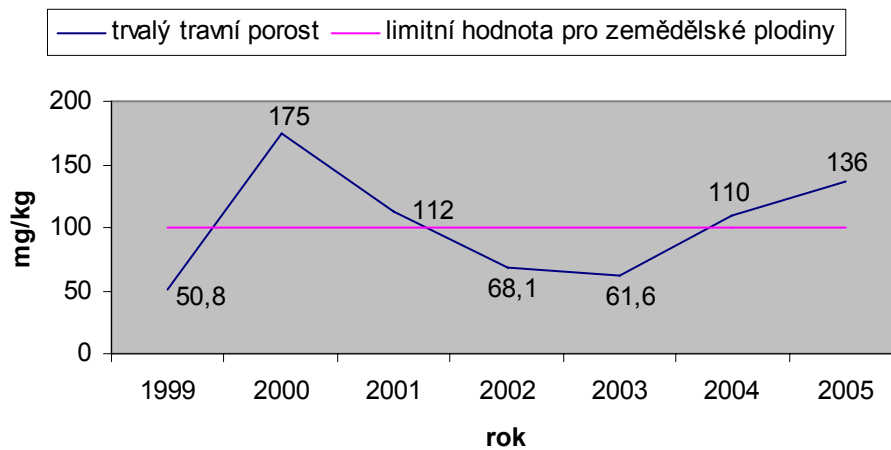
### Množství Mn ve vzorku TTP



### Množství Mn ve vzorku TTP

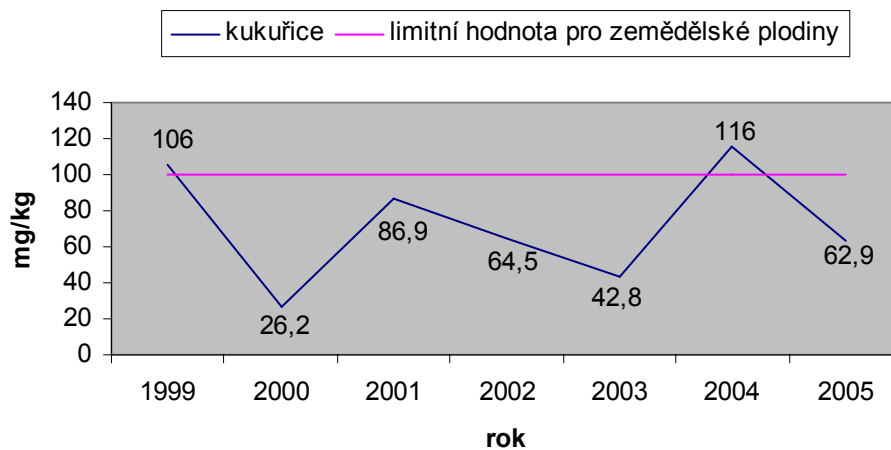


### Množství Mn ve vzorku TTP

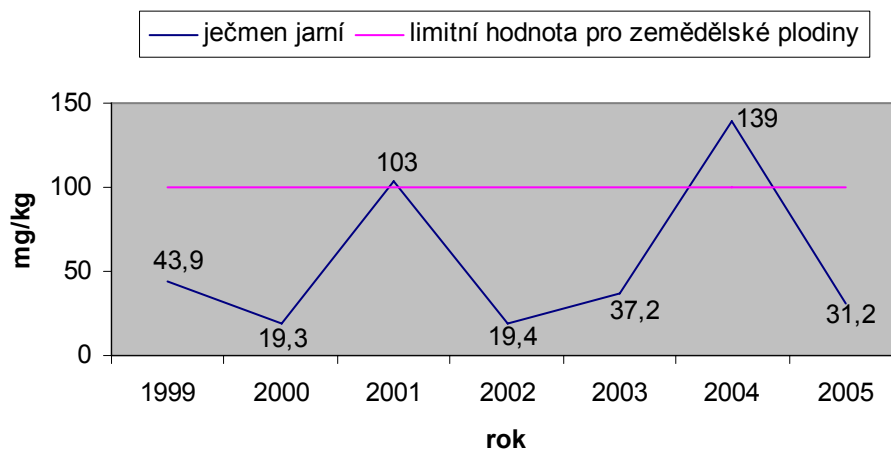


# KONTROLNÍ VZORKY ZE ZD ŽABOVŘESKY

## Množství Mn ve vzorku kukuřice



## Množství Mn ve vzorku ječmene jarního





Příloha č. 3

## **Fotodokumentace**

Fotografie č. 1: **Travní porost na Rekosolu**



Fotografie č. 2: **Detail travního porostu na Rekosolu**



Fotografie č. 3: **Pokus o pěstování lesních dřevin na Rekosolu**



Fotografie č. 4: **Negativní vlastnost popílku při manipulaci s ním – prašnost**

