

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra environmentálního inženýrství a ochrany prostředí**



**Možnosti využití skládek IV. generace  
pro sanaci starých ekologických zátěží**

The use of the dumps 4<sup>th</sup> generation for the old environmental  
damages remediation

Diplomová práce

**Vedoucí diplomové práce**

doc. RNDr. Ing. Ivan Landa, DrSc.

**Vypracovala**

Bc. Jiřina Machátová

**2010**



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra: environmentálního inženýrství a ochrany prostředí

Školní rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro: Jiřinu MACHÁTOVOU

obor: DRES

Název tématu: Možnost využití skládek 4. generace pro sanaci starých ekologických zátěží

Název tématu v anglickém jazyce: The use of the dumps 4th generation for the old environmental damages remediation

### Zásady pro vypracování:

Diplomantka posoudí možnost využití metody specializovaného skládkování na tzv. skládkách 4. generace, kdy po snížení škodlivosti zpracovávaných odpadů mohou být tyto využity jako inertní materiál. V rámci práce zpracuje rešerši historie skládkování a skládkovacích metod v Evropě a v ČR a dále porovná jednotlivé standardní i nestandardní konstrukce skládek, které jsou k dispozici v informačních zdrojích (internet, skripta, publikace). V závěrečné části porovná výhody a nevýhody odstraňování modelové ekologické zátěže sanované s použitím skládek 4. generace a klasických metod in-situ a případného klasického skládkování na skládkách nebezpečných odpadů. Rámcově posoudí ekologické a ekonomické výhody a případně i nevýhody této sanační technologie. Podle možností navrhne i požadavky na změnu či doplnění stávajícího legislativního systému.

Diplomová práce bude rozdělena na následující části:

- 1) úvod
- 2) zhodnocení souč. stavu (rešerše)
- 3) metodika
- 4) výsledky
- 5) diskuze
- 6) závěr



Rozsah grafických prací: 15

Rozsah průvodní zprávy: 30

Seznam odborné literatury:

Fries Jiří, skripta Skládka a zpracování odpadu, 2008, ČVUT

Landa, skripta Sanační technologie, ČZU


Internetové zdroje

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Ing. Ivan LANDA, Dr.Sc.

Konzultant diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: 2.9. 2009

Termín odevzdání diplomové práce: 30.4.2009

  
Doc. RNDr. Ing. Ivan Landa, DrSc.  
Vedoucí katedry



  
Doc. Ing. Petr Sklenička, CSc.  
Děkan

V Praze dne ..... 3. 9. 2009 .....

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením doc.  
RNDr. Ing. Ivan Landa, DrSc. Též děkuji za další informace, které mi poskytli ing. J.  
Vaněk, ing. D. Topinka, ing. J. Střihavková, ing. J. Sýkora.  
Prohlašuji, že jsem uvedla všechny literární a publikační zdroje, ze kterých jsem  
čerpala.

Praha .....

### **Poděkování**

Chtěla bych podělovat svému vedoucímu diplomové práce Doc. RNDr. Ing. Ivanu Landovi DrSc za jeho pomoc při vypracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat ing. Davidu Topinkovi, ing. Janě Střihavkové a ing. J. Vaňkovi za pomoc při poskytování informací.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá skládkami odpadů jako jedním ze způsobů nakládání s odpadem. Zaměřuje se na speciální skládky IV. generace a posuzuje jejich využití při sanaci starých ekologických zátěží. Na modelovém příkladu posuzuje výhody a nevýhody těchto skládek v porovnání s použitím sanací metodou in situ a klasické skládky nebezpečných odpadů.

## **Klíčová slova**

Odpad, nakládání s odpadem, skládky, skládky IV. generace, kompostování, bioreaktor, sanace starých ekologických zátěží.

## **Abstract**

This diploma thesis deals with the landfill waste as one way of dealing with waste. It focuses on special landfill IV generation and assesses their use in the restoration of old ecological burdens. The modeling example assesses the advantages and disadvantages of these landfills use rehabilitation method in situ and classic landfill for hazardous waste.

## **Key words**

The waste, the dumps, the dumps IV generation, composting, the bioreactor, the old environmental damages remediation.

## Obsah

1	Úvod.....	6
1.1	Aktuálnost téma.....	6
1.2	Cíl práce .....	6
2	Historie a současný stav .....	8
2.1	Historie skládkování.....	8
2.2	Staré ekologické zátěže .....	9
2.3	Legislativa v Evropské unii a České republice.....	11
2.4	Rozdělení odpadů, produkce .....	13
2.5	Nakládání s odpady .....	14
2.5.1	Skládky odpadů.....	15
3	Metodika .....	27
4	Modelový příklad .....	28
4.1	Podmínky provozu skládky IV. generace .....	28
4.2	Ekonomické parametry a ocenění nákladů.....	28
4.3	Poplatky za uložení nebezpečného odpadu .....	30
4.4	Stanovení zisku.....	31
4.5	Doba čištění/odstranění odpadů obsahující ropné látky .....	32
4.6	Řešení modelové příkladu .....	33
5	Výsledky a diskuse.....	38
5.1	Vyhodnocení výsledky .....	38
5.2	Diskuse .....	39
6	Závěr .....	41
7	Seznam literatury: .....	42
8	Seznam grafických příloh .....	45
9	Přílohy.....	47

# 1 Úvod

## 1.1 Aktuálnost téma

Ve dvacátém století došlo ke zhoršení životního prostředí. Hlavní příčinou je zvyšující se počet obyvatel. S tím souvisí růst průmyslové výroby a vyčerpávání přírodních zdrojů. To vede k vysoké produkci odpadů, ohrožení půdy, kontaminaci vod, jak v oceánech, moři i tak i řek. V mnoha státech, hlavně státy EU, přijímají opatření ke snížení produkce **odpadů a jejich využití jako zdrojů surovin**.

V oblasti odpadového hospodářství jsou velkým problémem **staré ekologické zátěže**, rizika pro životní prostředí s nimi spojená nebyla v době jejich vzniku známa nebo jim nebyla věnována pozornost. Ekologické zátěže vznikají i v současnosti. Jsou to různé havárie, které jsou často způsobeny selháním lidského faktoru, ať již porušením bezpečnostních předpisů, technologií při výrobě apod.

Na katedře environmentálního inženýrství a ochrany prostředí FŽP ČZU je rozpracována koncepce možnosti využití skládek jako: a) budoucího zdroje surovin, zvláště vybraných těžkých kovů, b) zdroje energie, obdobně jako se využívá skládkový plyn, c) zařízení pro snižování nebezpečnosti odpadů, které tvoří nedílnou součást systému odstraňování ekologických zátěží. Všechny tyto nové koncepce využití skládek jsou chápány jako skládky IV. generace. Pro úplnost nutno vysvětlit, že za skládky I. generace jsou považovány různé černé skládky, smetníky a nezabezpečené skládky, skládky II. generace jsou skládky zabezpečené, které zejména po roce 1996 nahradily skládky nezabezpečené a skládky III. generace jsou moderní řízené skládky, kde je odpad ukládán na přesně stanovené místo (Hlavová et al., 2009).

## 1.2 Cíl práce

Cílem této práce je

- vyhodnotit možnosti použití skládek IV. generace při sanacích starých ekologických zátěží,
- na modelovém příkladu porovnat způsoby řešení ekologické zátěže s využitím sanační technologie metodou in situ, skládky



IV. generace a odstranění nebezpečného odpadu na klasickou skládku nebezpečných odpadů,

- posouzení výhod a nevýhod jednotlivých způsobů.

## 2 Historie a současný stav

### 2.1 Historie skládkování

Vznik odpadů souvisí s existencí a činností člověka. Svědčí o tom celá řada vykopávek z dob osídlení, které jsou pro archeology velmi cenným zdrojem poznání o životě našich předků. První skládky pevných odpadů vznikaly asi 3000 let př. n. l., byly objeveny na Krétě. Odpad byl ukládán do prohlubní a jam v zemi. Z doby asi 2500 let př. n. l. pochází vyhláška, která v Aténách nařizovala odvážet odpad za městské brány na městské skládky do vzdálenosti alespoň jedné míle.

Ve středověku v Evropě nastala při nakládání s odpady katastrofální situace, která souvisí s velkým přílivem obyvatel do měst. V roce 1297 byl v Británii přijat zákon ukládající povinnost uklízet před svým obydlím. Tento zákon však nebyl dodržován. V roce 1348 žilo v Londýně 50 000 obyvatel. Ulice sloužily jako veřejné stoky a řeka Flett, která je vedlejším ramenem Temže, byla ucpána nečistotami a odpadky tak, že voda stěží protékala. Odpad a exkrementy zamořovaly ulice. Nedostatečná hygiena způsobila šíření různých chorob a epidemií. V důsledku hygienických poměrů vypukla v letech 1347 - 1351 v celé Evropě epidemie moru, nazývaného též „černá smrt“, při které zemřela zhruba třetina obyvatel Evropy, tj. asi 20 milionů lidí. Onemocnění vyvolával bacil *Yersinia*, resp. *Pasteurella pestis*, jeho hlavními hostiteli jsou drobní hlodavci, zejména krysy. Ke vzniku morové epidemie takového rozsahu přispěla hlavně nedostatečná veřejná hygiena a nakládání s odpady. V roce 1354 byla v každé části Londýna zřízena funkce uklízečů, kteří jednou týdně uklízeli v ulicích a odpad odváželi za město. Ve středověku začal být uplatňován systém sběru a třídění odpadků. V roce 1588 udělila královna Alžběta I. privilegia na sběr hadrů, které sloužily jako surovina pro výrobu papíru (Bergdollt, 2002; Wasteonline, 2004).

V průběhu následujících století docházelo k vzniku dalších epidemií. Nejznámější jsou epidemie tyfu, které však nedosahovaly takového rozsahu jako epidemie moru. Nakládání s odpadem začalo být řešeno až v době osvícenství. Zásadní podíl na tom měly objevy a poznatky hlavně v oblasti medicíny. Zlom přišel až s Pasteurovými objevy v oblasti mikrobiologie v 19. století. Zde se dostáváme na práh současného

moderního nakládání s odpady. Odpad se již neválí volně po ulicích, ale je vhazováno do nádob k tomu určeným a formanské vozy jej vyvážely za městské hradby. V Praze existuje nádobový systém od roku 1923 (Agentura 42, 2010; Delouche et al., 1996).

V České republice probíhalo skládkování odpadů do počátku devadesátých let dvacátého století živelně, nebyla prováděna evidence ukládaného odpadu. Počátek systematického řízení a plánování odpadového hospodářství je v r. 1991, kdy byl přijat první zákon o odpadech – zákon č. 238/1991 Sb., který přinesl změnu v nakládání s odpady a postupně docházelo i k snižování počtu skládek. Po roce 1996 byly nezabezpečené skládky nahrazeny skládkami zabezpečenými (Mikulová, 2005; Váňa et al., 2005).

Zvláštní skupinou jsou biologicky rozložitelné odpady, které byly využívány ke kompostování. První zmínky o kompostování jsou z Číny z doby asi 3000 let před n. l. Také v České republice má kompostování dlouholetou tradici, v roce 1912 byla uvedena do provozu první kompostárna s řízenou technologií. V minulosti mělo kompostování značný význam pro zlepšení úrodnosti zemědělské půdy. Se skládkováním souvisí i staré ekologické zátěže, které vznikaly v důsledku nedostatečného zabezpečení skládek a nakládání s odpady (Váňa 2002; Wasteonline 2004; Wittlingerová et Jonáš, 1999).

## **2.2 Staré ekologické zátěže**

Se skládkováním souvisí také ekologické zátěže, které vznikaly již před 1. světovou válkou. Jedná se např. o staré skládky průmyslových odpadů, kde dochází k úniku důlních vod. Další období vzniku starých ekologických zátěží je od roku 1914 do roku 1948. Většinou jde o zátěže u podniků, které byly v té době provozovány a postupně zanikly. Zůstaly však po nich jímky se zbytky dehtů s vysokým obsahem fenolů, kalová pole a další. V letech 1948 – 1989 vznikaly zátěže státních podniků, kdy za veškeré ekologické škody odpovídal stát. Po roce 1989 až do současnosti vznikají další ekologické zátěže. Jsou to zátěže při provozu skládek, porušování technologické kázně, neznalosti reálných vlivů schválených látek i výrobků na životní prostředí. Zvláštní skupinou ekologických zátěží jsou tzv. budoucí zátěže, což jsou zátěže vzniklé v minulosti nebo případně vznikající v současnosti, ale zatím

podle současně platné legislativy nejsou za zátěž považovány (Landa, 2007).

Problémy spojené se starými ekologickými zátěžemi a způsoby jejich sanací byly v ČR řešeny od konce sedmdesátých let, většinou se však jednalo o havárie na podzemních vodách. Kontaminované zeminy, stavby a případně technologická zařízení související se vznikem havárie řešeny nebyly. Havárie byly řešeny buď na základě doporučení Státní vodohospodářské inspekce, nebo na základě rozhodnutí vodoprávního orgánu místně příslušného národního výboru. Řešení záviselo na finančních možnostech státu nebo podniku. Změna nastala po roce 1989 v souvislosti s privatizací státních podniků. Stát stanovil novou strategii řešení ekologických zátěží. Podniky s ekologickou zátěží byly buď prodávány za nižší cenu o podíl ekologické zátěže, a tím byla přenesena odpovědnost na nového majitele nebo stát převzal plnou odpovědnost za ekologickou škodu a podniky prodával za tržní cenu (Vučka 2005).

V roce 2009 byly zveřejněny údaje ze skončené 1. etapy Národní inventarizace kontaminovaných míst. Jedná se celkem o 9 437 lokalit, nejsou zde zahrnuty lokality, které patří soukromým vlastníkům a lokality, u kterých není vlastník znám (MŽP 2010 a).

Na financování projektů na odstraňování starých ekologických zátěží je možno čerpat dotace z Operačního programu Životní prostředí 2007 – 2013, Prioritní osa 48 – Zkvalitnění nakládání s odpady a odstraňování starých ekologických zátěží, oblast podpory 4.2. - Odstraňování starých ekologických zátěží (MŽP 2010 a).

Plánovaný rozpočet projektu je uveden v následující tabulce:

*Tab. č. 1: Plánovaný rozpočet na dotace z Operačního programu Životní prostředí 2007 – 2013 na odstraňování starých ekologických zátěží.*

Celkem	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
100,4	32,1	44,7	13,7	5,4	1,8	1,7	1,1

*Zdroj: MŽP 2010 a.*

Jak uvedl Topinka (III. 2010, in verb) financování sanací starých ekologických zátěží je prostřednictvím Ministerstva financí (sanace starých ekologických zátěží průmyslových objektů) a prostřednictvím Ministerstva životního prostředí (sanace

území po Sovětské armádě a bývalé vojenské areály).

V současnosti jsou odstraňovány staré ekologické zátěže, u kterých hrozí akutní riziko (ohrožení spodních vod, ohrožení životního prostředí apod.). Podle druhu znečišťující látky a stupně znečištění jsou sanační technologie. Sanaci je možno provést na místě – metoda in situ, materiál je možno odtěžit a znečišťující látku odstranit nebo minimalizovat riziko v některém zařízení – metoda ex situ nebo kontaminovaný materiál odtěžit a uložit na skládku nebezpečných odpadů. Poslední možnost odstranění je u vysoce kontaminovaných materiálů spálením ve spalovnách nebezpečných odpadů. Toto se využívá např. u materiálů kontaminovaných polychlorovanými bifenoly. V publikaci Kompendium sanačních technologií je uveden přehled sanačních technologií, které jsou používány jak v zahraničí i v České republice (Matějů et al, 2006; Topinka et verb, 2010).

Na mapě č. 1 v příloze je mapa rozmístění starých ekologických zátěží podle evidence MŽP v prvním pololetí r. 2008 (CENIA, 2009).

### **2.3 Legislativa v Evropské unii a České republice**

Zhoršující se stav životního prostředí na celé planetě vyvolal potřebu řešit problematiku nakládání s odpady. V roce 1996 byl v EU přijat základní dokument zabývající se problematikou odpadů - 6. akční program EU pro životní prostředí na období let 2001 – 2010 nazvaný „Životní prostředí – naše budoucnost – naše volba“, ve kterém jsou stanoveny hlavní priority a cíle politiky ochrany životního prostředí. Mezi hlavní priority je řazena ochrana přírodních zdrojů a nakládání s odpady. V roce 2008 přijal Evropský parlament rámcovou směrnicí č. 75/442/ES o odpadech, ve které jsou stanoveny nové strategické cíle, je zdůrazněn zásadní význam odpadové hierarchie, a to předcházení vzniku odpadů, jejich opětovné využití, materiálové nebo energetického využití a poslední možností je uložení na skládky. Dokumenty a směrnice EU jsou dostupné na stránkách Ministerstva životního prostředí (MŽP 2010 b; Váňa et al., 2005).

Situace v nakládání s odpady v ČR v druhé polovině minulého století vyvolala potřebu řešit tuto otázku legislativně na úrovni zákona. První zákon o odpadech byl zákon č. 238/1991 Sb., který byl v roce 1997 nahrazen zákonem č. 125/1997 Sb.,

v souvislosti s přípravou ke vstupu do Evropské unie byl v roce přijat zákon č. 185/2001 Sb., který je v platnosti dodnes a je v souladu se směrnicemi EU. Zákon byl několikrát novelizován naposledy v roce 2008. Současně se zákonem o odpadech byl přijat zákon č. 477/2001 Sb. o obalech a obalových materiálech. K těmto zákonům byla přijata řada vyhlášek a směrnic, např. vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb., která stanoví Katalog odpadů, vyhláška MŽP 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady, vyhláška 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a řada dalších. Seznam zákonů, vyhlášek a nařízení je dostupný na stránkách MŽP ČR (MŽP 2010 c).

S problematikou odpadového hospodářství souvisí i další zákony (zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu, zákon č. 100/2001 Sb. ve znění zákona č. 93/2004 Sb. o posuzování vlivu na životní prostředí, zákon č. 254/2001 Sb. o vodách v platném znění a řada dalších).

Pro úplnost je nutno uvést alespoň základní pojmy:

**Odpad** – tento pojem je definován v zákoně o odpadech. Odpadem je každá movitá věc, které se osoba zbavuje, má v úmyslu nebo povinnost se jí zbavit a současně musí být uvedena v některé skupině odpadů uvedené v zákoně o odpadech.

**Nebezpečný odpad** - je odpad, který je ve vyhlášce č. 381/2001 Sb. uveden v Seznamu nebezpečných odpadů. Je to rovněž odpad, který vykazuje jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených v zákoně o odpadech (zákon o odpadech).

**Skládka** - je uváděna jako vodohospodářsky zabezpečená stavba, po naplnění a rekultivaci by měla splýnout s krajinou a neměla by se stát ekologickou zátěží). Podle zákona o odpadech je technické zařízení určené k odstraňování odpadů jejich trvalým a řízeným uložením na zemi nebo do země (Váňa et al. 2005; zákon o odpadech, 2010).

**Staré ekologické zátěže** - tento pojem není legislativně přesně určen. Ekologickou zátěží je tedy možno definovat buď podle skutečného vlivu na životní prostředí bez toho, zda si její působení uvědomujeme nebo podle legislativně stanovených parametrů. Podle výkladu uveřejněného na stránkách Ministerstva životního prostředí ČR je v současné době za starou ekologickou zátěž považována kontaminace v případě, že její původce neexistuje nebo není znám. Kontaminované

lokality mohou být různého charakteru – může se jednat o skládky odpadů, průmyslové a zemědělské areály, drobné provozovny, nezabezpečené sklady nebezpečných látek, bývalé vojenské základny nebo území postižená těžbou nerostných surovin (Landa 2007; MŽP 2010 a).

**Úprava odpadů** – se rozumí činnosti, při kterých dochází ke změně chemických, biologických nebo fyzikálních vlastností odpadů. Tato činnost je prováděna za účelem usnadnění nebo umožnění jejich dopravy, využití, odstraňování, snížení jejich objemu, ale i snížení jejich nebezpečných vlastností (zákon o odpadech, 2010).

## **2.4 Rozdělení odpadů, produkce**

Odpady lze rozdělit podle mnoha hledisek, např. podle místa jejich vzniku, skupenství, základního chemického složení. Z pohledu celkové strategie boje proti znečištění prostředí Wittlingerová et Jonáš (1999) dělí odpady na rozložitelné a nerozložitelné. Podle vlivu na životní prostředí dělí odpady na neškodné odpady, odpady toxické, škodlivé a nebezpečné, odpady vyžadující zvláštní péči, odpady závadné z mnoha příčin, závadné pouze z jedné příčiny.

Produkce a způsoby nakládání s odpady jsou zjišťovány z hlášení původců odpadu a oprávněných osob zasílaných do Informačního systému odpadového hospodářství vedeného v Centru pro hospodaření s odpady Výzkumného ústavu vodohospodářský T. G. M. Další evidenci provádí Český statistický úřad na základě ročních výkazů o odpadech, které zasílá vybraným respondentům. Výstupní data jsou každoročně zveřejňována v různých přehledech a Statistických ročenkách ŽP ČR. Srovnatelné údaje je možno zjistit od roku 2002, kdy začal platit zákon č. 185/2001 Sb. a navazující prováděcí vyhlášky (Katalog odpadů a další). V průběhu tohoto období docházelo k některým drobným změnám způsobeným novelizací předpisů (Píšková et Nejepsa, 2007).

Při zjišťování produkce odpadů konkrétní katalogové skupiny za sledované období je v možno tyto údaje vyhledat v Informačním systému odpadového hospodářství (ISOH), který je zveřejněn na webových stránkách agentury CENIA. Je však nutno znát katalogové číslo, rok a údaje si vyhledat (Valta, IV. 2009, in litt).

Váňa et al. (2005) uvádí, že produkce odpadů v ČR je poměrně vysoká, největší podíl

tvoří odpady z energetiky, průmyslu a zemědělství. Vysoká je produkce průmyslových a nebezpečných odpadů na jednotku HDP.

Podle údajů zveřejněných ve Zprávě o stavu životního prostředí ČR v roce 2008 klesla produkce odpadů v porovnání roků 2002 a 2008 o 14,1 %, produkce nebezpečných odpadů se snížila o 23 % (viz tabulka č. 1). V letech 2007 a 2008 je meziroční nárůst produkce odpadů o 6 %, ve stejném období vzrostla produkce nebezpečných odpadů o 7 % (MŽP, 2009).

Podle údajů o produkci odpadů a nebezpečných odpadů zjištěných v přehledech Centra pro hospodaření s odpady T. G. M. byla sestavena tabulka č. 2 a graf č. 1 v příloze.

*Tab. č. 2: Produkce odpadů na území ČR v letech 2002 – 2008 (v tisíci t).*

<b>Rok</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008<sup>1)</sup></b>
Odpady celkem	37968	36087	38704	29802	28066	31453	31325
Z toho nebezpečné	2425	1775	1693	1626	1455	1733	1874

<sup>1)</sup> Údaje jsou předběžné

*Zdroj: CeHo-VÚV T. G. M. 2006; CeHo - VÚV T. G. M. 2009 – upravila Machátová*

## **2.5 Nakládání s odpady**

Způsoby nakládání s odpady jsou stanoveny v zákoně o odpadech a jsou rozděleny na: 1) využití odpadů a 2) odstranění odpadů. Nejvyužívanějším způsobem odstraňování odpadů je ukládání v úrovni nebo pod úrovní terénu – skládkování, dalšími jsou biologické způsoby, tepelné způsoby a fyzikální a chemické způsoby (MŽP, 2010 b).

Jak uvádí Voštová et Fries (2005) je v současné době dáována přednost využití odpadů před jejich odstraňováním. Tabulka č. 2 uvádí stav nakládání s odpady za roky 2005 – 2008.



Tab. č. 3: Srovnání využití a odstranění odpadů vybranými způsoby (v %).

rok	2005		2006		2007		2008 <sup>1)</sup>	
Způsob nakládání	Celkem	Z toho nebezp.	Celkem	Z toho nebezp.	Celkem	Z toho nebezp.	Celkem	Z toho nebezp.
<b>Nakládání s odpady celkem</b>	<b>28765727</b>	<b>1669831</b>	<b>27434283</b>	<b>1461726</b>	<b>28450875</b>	<b>1786024</b>	<b>28183555</b>	<b>2047734</b>
Nakládání s odpady celkem v %	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Využívání R1 kódem	1,96%	2,62%	2,37%	3,82%	2,28%	3,64%	1,97%	3,01%
Odstraňování D1 – D5 kódy	14,67%	4,30%	17,90%	4,47%	16,99%	4,26%	17,00%	3,76%

<sup>1)</sup> údaje jsou předběžné

Zdroj: ČSÚ, 2009 – upravila Machátová

Odpad může převzít do vlastnictví oprávněná osoba, která provozuje zařízení k využití, odstranění, sběru nebo výkupu určeného druhu odpadu. V oblasti komunálního odpadu může být oprávněnou osobou také obec.

### 2.5.1 Skládky odpadů

Ukládání odpadů na skládky a skládkování je způsob odstraňování odpadů, který umožňují směrnice EU i legislativa ČR, jedná se však o nejhorší způsob nakládání s odpady. V zákoně o odpadech je skládka definována jako:

technické zařízení k odstraňování odpadů jejich trvalým a řízeným uložením do země.

#### 2.5.1.1 Skládky odpadů ve státech EU

V EU skládky upravuje Směrnice Rady 1999/31/ES, podle které jsou skládky rozděleny na tři třídy podle druhu ukládaného odpadu: a) skládky nebezpečných odpadů, b) skládky ne-nebezpečných odpadů, c) skládky inertních odpadů. Jednotlivé státy EU tuto směrnici implementovaly do svých národních předpisů. Proto druhy skládek a konstrukční zásady pro výstavbu nových skládek jsou v jednotlivých státech EU podobné. V Německu jsou konstrukční zásady pro výstavby nových skládek odpadů téměř stejné jako předpisy a normy v ČR. Přesto je možno najít některé odlišnosti. Výstavba nových skládek v Německu musí

být realizována na kopci, protože podle platných německých předpisů průsaková voda ze skládky musí odtékat samospádem. Méně obvyklý způsob čištění výluhových vod je možno nalézt ve Skotsku, kde je k čištění použita kořenová čistírna, která chrání blízkou řeku (viz fotografie č. 2 v příloze) (Associates Landfills, 2010; Běloch, 2010).

V německém Kasselu podnik K+S Entsorgung GmbH využívají ke skladování nebezpečných odpadů podzemní solné doly. Odpad je ukládán balený v sudech nebo velkých pytlích, které jsou označeny, což usnadňuje orientaci při jeho případném vyzvedávání. Odpad je ukládán hluboko pod vrstvami podzemní vody, což umožňuje jeho uchování po dlouhou dobu. Z obou skládek je možno odpady opět vytěžit a případně získat suroviny obsažené v uloženém odpadu. Podzemní skládky se tedy svou stavbou i funkcí liší od ostatních způsobů odstraňování odpadů. V tomto případě se jedná spíše o sklady nebezpečných odpadů (Baart, 2006).

### **2.5.1.2 Skládky odpadů v ČR**

Ukládání odpadu na skládky je v ČR povoleno zákonem o odpadech. Ve vyhlášce 294/2005 Sb. jsou skládky rozděleny na skupiny:

- 1) skládky inertního odpadu – S-IO,
- 2) skládky ostatního odpadu – S-OO, které se dělí na podskupinu S-OO1, S-OO2 a S-OO3,
- 3) skládky nebezpečného odpadu – S-NO.

Ve vyhlášce č. 61/2010 Sb., která platí od 1. dubna letošního roku, byla zrušena skupina S-OO2. Novela byla přijata jako reakce na upozornění ze strany EU a má dvouletý odkladný účinek. Na skládku může být uložen jen ten druh odpadů, pro který je skládka určena (Mikulová, 2005; Střihavková 2010).

Umístění skládek je možné pod úrovní terénu, což je spojeno s nutností odčerpávat průsakové vody. Bezpečný provoz, kontrolu a zajištění gravitačního odtoku vody umožňují skládky umístěné nad úrovní terénu. Skládky je možno zřizovat i jako kombinaci obou možností. Skládky jsou zřizovány též v bývalých lomech, vytěžených pískovnách a jílovištích – skládky svahové. Podle druhu ukládaných odpadů musí mít skládky odpovídající zajištění (Pišková et Nejejsa, 2007).

Váňa et al. (2005) dělí skládky podle druhu ukládaného odpadu:

- Inertní skládky – slouží k ukládání odpadů s nízkým obsahem škodlivin.
- Skládky zbytkového odpadu – slouží k ukládání upravených odpadů se škodlivými látkami v trvale nerozpustné formě.
- Příhradové skládky (monoskládky) – slouží k ukládání anorganických odpadů stejného druhu.
- Reakční skládky – slouží k ukládání komunálních a jiných podobných odpadů.

Voštová et Fries (2005) dále rozděluje skládky na:

- Podzemní skládky - kde se uskladňují nebezpečné odpady, které se nedají jinak upravovat.
- Časově omezené skládky – jsou skládky pro meziuskladnění odpadu, který bude později hospodárně upravený a případně dále zužitkovaný.
- Divoké skládky – jsou neřízené skládky, na kterých se nezákonně ukládá neošetřený a nekontrolovaný odpad.

Voštová et Fries (2005) uvádí, že kromě skládek na komunální a průmyslový odpad nebo skládek sdružených, jsou zvláštním druhem skládky odpadu po těžbě nerostných surovin. Tyto skládky se nazývají řízené skládky odvalové hlušiny, haldy, nebo pokud vznikla skládka nasypáváním hlušiny, se nazývá výsypka. Husté tekuté odpady (kaly) jsou ukládány do odkališť. Ve výjimečných případech je možno některé kaly ukládat také na skládku.

Skládky, které jsou v současnosti provozované, musí splňovat řadu technických podmínek daných zejména normami:

1. ČSN 83 8030 – Skládkování odpadů – Základní podmínky pro navrhování a výstavbu skládek,
2. ČSN 83 8032 – Skládkování odpadů – Těsnění skládek,
3. ČSN 83 8033 – Skládkování odpadů – Nakládání s průsakovými vodami ze skládek,
4. ČSN 83 8034 – Skládkování odpadů – Odplynění skládek,
5. ČSN 83 8035 – Skládkování odpadů – Uzavírání a rekultivace skládek (Mikulová 2005).

Součástí dokumentace je uvedení postupu při ukončení provozu skládek a jejich následná rekultivace. Jsou použity zejména uzavírací těsnicí vrstvy, na které může být použit odpad, který splňuje podmínky stanovené pro danou skupinu skládek (Váňa et al. 2005).

V případě, že je na skládku ukládán biologicky rozložitelný odpad, musí být zajištěno odvedení skládkových plynů. Zařízení k jímání nebo odvětrávání skládek

musí být v provozu i po skončení skládkování a po dobu, kdy k vývinu skládkového plynu dochází. Pokud skládka nebyla vybavena zařízením pro jímání plynu, je nutné prověřit, zda skládkový plyn nevzniká. V případě tvorby skládkového plynu, je nutné provést technické opatření a zvláště zvážit, zda by nebylo možné plyn energeticky využít. Podle druhu odplynění jsou skládky rozděleny na třídy (I – III. třída). Doba monitorování skládky po jejím uzavření je 30 a více let (Mikulová, 2005).

Píšková et Nejepsa (2007) uvádí, že skládkový plyn (bioplyn) vzniká při anaerobním rozkladu metanovým kvašením. Obsahuje zejména metan a oxid uhličitý. Největší množství skládkového plynu se vytváří v období 5 – 13 let po uložení odpadu.

Mikulová (2005) mezi nejzávažnější problémy skládkování řadí skládkové vody z tělesa skládky, vývin skládkového plynu v tělese skládky, stabilitu tělesa skládky, jeho sesedání, úlety materiálu, prašnost, pachy. Dále sem řadí i velký výskyt hlodavců, ptáků a velkou hlučnost provozu.

V ČR existuje celá řada jednodruhových skládek (skládky inertního odpadu, skládky komunálního odpadu, skládky nebezpečného odpadu apod.) V provozu jsou i skládky řízené, ve kterých je možno ukládat různé druhy odpadů na přesně stanovené místo. Příkladem je řízená skládka v Benátkách nad Jizerou (viz fotografie č. 4 v příloze) a Čáslav provozovaná firmou AVE. Na skládky jsou přijímány odpady nebezpečné a ostatní odpady. V areálu skládek jsou i dekontaminační a stabilizační plochy, kam je umísťován kontaminovaný materiál, který po vyčištění využívají na skládkách jako technický materiál (Avescz, 2010).

Moderní řízenou skládkou je rovněž skládka skupiny S-OO firmy A.S.A. v Praze – Ďáblicích (viz fotografie č. 3 v příloze). Skládka splňuje všechny požadavky, které vychází z legislativy a technických norem. Skládková voda je jímána a čištěna. Po vyčištění je využívána ke kropení skládkového tělesa, skládkový plyn je využíván k výrobě elektrické energie. Naplněná část skládkového tělesa je rekultivována (A.S.A, 2007).

V zákoně o odpadech jsou stanoveny poplatky za uložení odpadu na skládky. Výše poplatků za uložení se pro rok 2010 v porovnání s rokem 2009 nezměnila. Poplatek za uložení ostatních odpadů je 500 Kč. Poplatek za uložení nebezpečných odpadů se skládá ze dvou složek: základní poplatek za uložení 1 tuny odpadu 1 700 Kč

a rizikový poplatek, který činí 4 500 Kč. Základní poplatek za uložení odpadu na skládku je příjmem obce, na jejímž katastrálním území je skládka umístěna. Rizikový poplatek dostává Státní fond životního prostředí (zákon o odpadech, 2010; Stříhavková III. 2010, in verb).

K 31.12.2008 bylo evidováno celkem 283 skládek s projektovanou kapacitou 137 175 512 m<sup>3</sup>. V příloze na mapě č. 1 je rozmístění skládek S-OO a víceúčelových skládek v r. 2007, na mapě č. 2 je rozmístění skládek nebezpečných odpadů v roce 2007 (CENIA, 2009).

### **2.3.2 Bioreaktory a jejich využití při nakládání s odpady**

Nestandardní způsob řešení skládek komunálních odpadů je v několika státech USA a v Kanadě, kde k odstraňování komunálního odpadu používají bioreaktory. V bioreaktorech dochází k rozkladu odpadu, na kterém se podílí mikroorganismy. Při tom vzniká skládková voda a skládkový plyn, který je jímán a je využíván jako zdroj energie. Při srovnání se standardními skládkami odpadů je v bioreaktorech odpad odstraněn za kratší dobu a ze skládkového plynu je současně získávána energie (bioplyn, elektrická energie) a kompost. Jak je znázorněno na obr. č. 1 v příloze, jde o systém, který zrychluje biodegradční procesy odsáváním vzduchu a zpětným odčerpáváním vyprodukovaného metanu. Výhodou je, že jej lze využít na volných hromadách. Bioreaktory jsou založeny na principu aerobní nebo anaerobní biodegradace, v provozu jsou i hybridní bioreaktory kombinující způsoby biodegradace. Po skončení životnosti je bioreaktorová skládka odstraněna. Výhodou bioreaktorových skládek je zkrácení doby odstranění odpadu z 30 let a více let (na klasických skládkách) na 10 – 15 let (bioreaktorové skládky). Mezi další výhody patří snížení toxicity, snížení nákladů na čištění průsakových vod, vznikající bioplyn je využit jako zdroj tepla a energie (EPA, 2009; SCS Enginners, 2010).

Gomez (2009) uvádí, že první reaktorová skládka komunálních odpadů je na Floridě v USA (viz fotografie č. 1). Na ploše 10 ha jsou umístěny 2 články bioreaktoru, ve kterých je uložen komunální odpad do výšky 70 m. Články jsou přikryty fólií z vysokohutního polyethylenu, do odpadu jsou zavedeny vertikální vrty, prostřednictvím kterých je udržována optimální vlhkost a množství vzduchu. Skládka

produkuje skládkový plyn s obsahem 55 % metanu, který je jímán a využíván jako zdroj tepla nejen pro vlastní bioreaktorovou skládku, ale i pro okolní budovy.



*Fotografie č. 1: Bioreaktorová skládka komunálních odpadů, Florida, USA.  
Zdroj: Gomez, 2009.*

O tento netradiční způsob nakládání s komunálním odpadem projevila zájem celá řada odborníků a bioreaktorovou skládku navštívili. Dojíždí sem i řada studentů s cílem seznámit se s provozem (Gomez, 2009).

Kajman et Lhotský (2006) uvádí, že v České republice je skládkový plyn ze skládek odpadů využíván dlouhou dobu, první bioplynové stanice vznikaly od poloviny minulého století. Největší množství elektrické energie (49 %) vzniká právě z bioplynu získaného ze skládek. Další 44 % elektrické energie pochází z komunálních čistíren odpadních vod a anaerobní fermentací kalů.

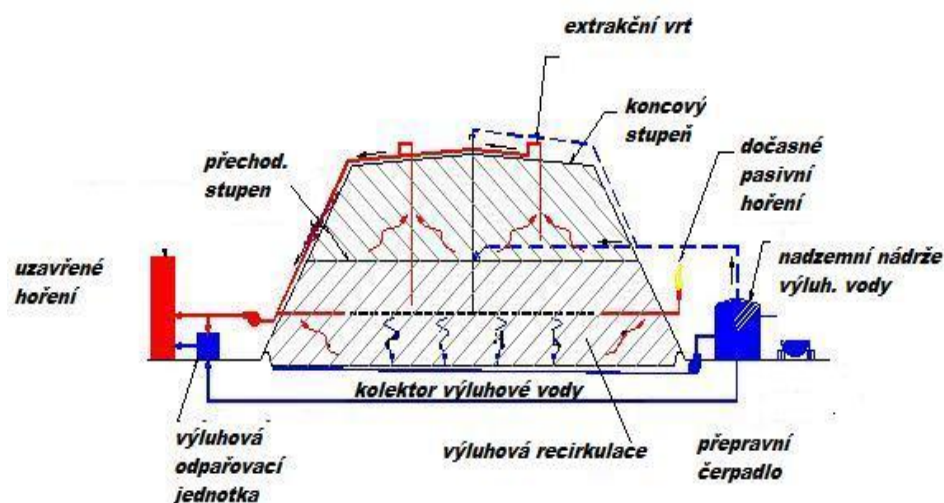
### **2.3.2.1 Bioreaktory a jejich využití jako sanační technologie**

Čištění kontaminovaných materiálů je možno provádět také v tzv. suspenzích

bioreaktorech. Tento postup lze použít pro ošetření kontaminované půdy, kalů nebo sedimentů. Podmínkou je odstranění velkých kamenů, proto je nutné kontaminovaný materiál vytěžit a prosít. Kontaminovaný materiál je míchán v reaktoru nebo v lagunách, což zajišťuje přítomným mikroorganismům přísun minerálních látek, polutantů a kyslíku, umožňuje to i regulovat pH a teplotu. Ošetřování materiálů probíhá nejprve za anaerobních a poté aerobních podmínek. Technologii lze použít pro čištění materiálů s obsahem např. halogenových organických látek, polychlorovaných bifenylů, pesticidů a výbušnin. V ČR se suspenzní reaktory o objemu 80 m<sup>3</sup> používají k čištění suspenzí z myček automobilů (Matějů et al., 2006).

Matějů et al. (2006) uvádí použití bioreaktorů pro čištění kontaminované podzemní vody, která se vyčerpá na povrch do bioreaktoru s optimalizovanými podmínkami pro biologické odbourávání polutantů. Polutanty jsou biologicky rozloženy a podzemní voda ztrácí své nebezpečné vlastnosti a toxicitu. Aerobní bioreaktory jsou používány k čištění částečně těkavých organických látek, ropných uhlovodíků a paliv, fenolů a dalších organických látek. Za anaerobních podmínek mohou degradovat některé chlorované sloučeniny. Tato technologie se řadí mezi rychlé sanační postupy. Doba potřebná na čištění je v podstatě rovná času, který je potřebný na vyčerpání podzemní vody, době po kterou se zdrží v bioreaktoru a času potřebnému na následnou úpravu vyčištěné vody v bioreaktoru.

Jednoduché schéma je patrné z následujícího obr. č. 1.



Obrázek 1: Schéma bioreaktorové skládky odpadů. Zdroj: SCS ENERGINNERS, 2010 - upravila Machátová.

### 2.3.3 Kaly z čistírenských odpadů a nakládání s nimi

Skupina odpadů vznikající jako důsledek procesů čištění jsou kaly v čistírnách odpadních vod nebo průmyslových provozech.

Čistírenský kal je definován:

jako suspenzi pevných koloidních částic organických a anorganických látek ve vodě.

Kaly z čistíren odpadních vod obsahují látky znečišťující i prospěšné, které je možno následně využít (biomasa a rostlinné živiny). Znečišťující látky jsou rizikové zejména pro zdraví. Jsou to organické toxické látky (pesticidy, chlorované uhlovodíky, polychlorované bifenylly a další), těžké kovy (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), patogenní mikroorganismy a organismy (bakterie, viry, nižší organismy a nižší živočichy např. roztoče a další). Zvláště nebezpečné jsou patogenní mikroorganismy, které jsou rezistentní vůči antibiotikům. Kaly dále obsahují vodu, netoxické organické látky, anorganické sloučeniny dusíku a fosforu a anorganické sloučeniny křemíku, hliníku, železa aj. (Váňa et al., 2005).

V současnosti jsou při zpracování kalů používány technologie, při kterých dochází ke snížení obsahu vody, což je prováděno zahušťováním (snížením obsahu vody na 80-85 %), odvodněním (snížením obsahu vody na přibližně 60 %) a sušením a spalováním (snížení obsahu vody na 40 a méně %) (Wittlingerová et Jonáš, 1999).



Čistírenské kaly je možno ukládat na zemědělskou půdu jen pokud vyhovují požadavkům vyhlášky č. 382/2001 Sb. v platném znění. Musí být upravené, nesmí obsahovat škodlivé látky. Využití kalů z městských čistíren odpadních vod na zemědělské půdy je problematické, protože mnohdy obsahují těžké kovy a škodlivé aromatické uhlovodíky (Váňa et al., 2005).

Píšková et Nejepsa uvádí, že při anaerobní stabilizaci kalů vzniká bioplyn, který je možno jímat. Tento bioplyn obsahuje 60 – 70 % metanu, zbytek tvoří kysličník uhličitý.

#### **2.3.4 Kompostování**

Kompostování je jeden ze způsobů využití odpadů. Jedná se o aerobní biologický rozkladný proces založený na schopnosti některých druhů aerobních mikroorganismů rozkládat organické látky. Během procesu se zhodnocuje organická substance v odpadu pomocí aerobních mikroorganismů za přístupu kyslíku. Kyslík přitom slouží jako živina a zdroj energie. Část uhlíku se váže, část se uvolňuje jako oxid uhličitý. Výhodou kompostování je, že umožňuje navrácení původních materiálů do potravních cyklů. Rozkladem vzniká kompost. Kompostováním se také snižuje objem odpadů (až o 30 %). Jedná se o jeden ze způsobů využití odpadů biologicky rozložitelných (odpady ze zeleně, živnostenský odpad z prodeje zeleniny, kuchyňské odpady z provozoven společného stravování, biologicky rozložitelný komunální odpad získávaný odděleným sběrem, ale i biologicky rozložitelný odpad z lesní výroby, zemědělství, vyhnílé čistírenské kaly, apod.) (Váňa, 2002; Voštová et Fries, 2005).

Voštová et Fries (2005) uvádí, že kompostování odpadů v porovnání se skládkováním je skutečný způsob jejich zneškodnění.

Pro dosažení dobrých výsledků je nutné pro mikroorganismy zajistit dostatek živin a organického materiálu. Základní podmínky pro kompostování jsou: dodržení potřebného poměru uhlíku a dusíku v poměru 30:1, vlhkost upravená na 50 – 60 %, a neutrální pH, dostatečný přísun kyslíku po celou dobu a vstupní suroviny musí být rozmělněny a homogenizovány. Pro kompostování je vhodná celá řada organických látek zejména. Při kompostování je možno rovněž využít některé druhy dešťovek

(*Eisenia foetida*, *E. andrei*, *Lumbricus rubellus*, *Eudrilus eugenie* a *Perionyx excavatus*), které jsou schopny přeměňovat organickou hmotu na kvalitní hnojivo s velkým podílem humusových látek a obsahem regulátorů růst. Tato metoda se nazývá vermikompostování. Vytvoření vhodných podmínek (teplota, vlhkost, kyslík, vhodné pH) rozklad urychluje. (Slejška, 1999; Voštová et Fries, 2005).

Váňa (2002) rozděluje průmyslové kompostárny podle roční produkce na:

- kompostoviště – roční produkce kompostu 50 – 500 tun,
- kompostárny – roční produkce kompostu minimálně 500 tun.

V průmyslových kompostárnách je kompostování prováděno několika způsoby. Je možno kompostovat na volné ploše v pásových hromadách nebo v plošných hromadách. Další způsob je intenzivní kompostování se provádí v biofermentorech (bioreaktorech) nebo v boxech nebo žlebech. Kompostovat je možno též ve vacích (Ag Bag kompostování). Doba zrání kompostu při neřízeném procesu trvá asi 3 - 6 měsíců (podle surovinové skladbě, homogenity surovin v hromadě, ročním období). Řízený kompostovací proces proběhne za 6 – 8 týdnů (Plíva et Kollárová, 2006).

Průmyslové komposty upravuje norma ČSN 46 5735 - průmyslové komposty.

V České republice existuje řada kompostáren, kde je zpracováván biologicky rozložitelný odpad z údržby zeleně, je organizován i sběr bioodpadu v rámci systému tříděného odpadu. Kompostárny jsou provozovány jednak jako samostatné objekty, jsou však i součástí moderních řízených skládek (Váňa, 2002; Slejška, 1999).

V příloze č. 2 je mapa č 4 zdokumentovány kompostárny a zařízení na biologickou dekontaminaci v ČR v roce 2007 (CENIA, 2009).

#### **2.3.4.1 Kompostování jako sanační technologie**

V posledních letech výsledky výzkumů prokázaly, že mikroorganismy jsou schopny rozkládat i řadu dalších látek. Proto je kompostování možno použít i jako remediační postup při čištění nebezpečných odpadů a zeminy kontaminované pesticidy, výbušninami, chlorovanými rozpouštědly, ropnými produkty a dalšími polutanty. Pro účinnou biodegradaci je nutno zajistit vhodné podmínky (poměr uhlíku a dusíku, zajištění přívodu kyslíku, živin, teplota apod.). Kontaminovaný materiál je nutno

smíchat s organickým materiálem jako je např. sláma, kůra, zelený odpad, aby bylo dosaženo dobré pórovitosti. Je nutné také upravit poměr uhlíku a dusíku. Podle technického vybavení je zakládka umístěna do figur a do zakládky se intenzivně dodává kyslík. Přítomné polutanty se aerobně biologicky rozkládají nebo jsou transformovány za termofilních podmínek. V praktických podmínkách byla tato metoda zkoušena v 90. letech minulého století i v ČR a je v současnosti používána.

U některých skládek nebezpečných odpadů, např. v Benátkách nad Jizerou jsou vybudovány dekontaminační plochy, na kterých jsou některé kontaminované zeminy čištěny. Dekontaminační plochy existují i jako samostatné objekty mimo areály skládek. Vyčištěná zemina je užívána jako technický materiál na skládce (Avescz, 2010; Matějů et al., 2006).

Matějů et al. (2006) uvádí některé příklady využití technologie kompostování ze zahraničí. Kompostování kontaminovaných zemin bylo použito ve Velké Británii, jedna z největších akcí bylo čištění půdy z plynárny Hythe Quay, Colchester v Essexu, kde bylo ošetřeno 8500 m<sup>3</sup> půdy kontaminované ropnými látkami.

V ČR minulosti byly v některých případech dekontaminační plochy vybudovány přímo v areálu kontaminované lokality. Např. při sanaci areálu bývalého letiště Triangle Žatec v roce 2000 byla jako dekontaminační plocha použita vzletová dráha (Vaněk 2010, in verb). Jak uvedl Topinka (2010, in verb) v současné době zřizování dekontaminačních ploch v blízkosti sanovaného území není povolováno.

#### **2.3.4.2 Některé další sanační technologie s využitím biodegradace**

Matějů et al. (2006) uvádí další sanační technologie využívající biodegradaci k odstranění nebo snížení toxicity kontaminovaného materiálu. Jednou z nejstarších je landfarming. Jedná se o technologii, která je založena na aerobním biologickém rozkladu polutantů v tenké vrstvě kontaminovaného materiálu. Ten je intenzivně provzdušňován přeoráváním, kypřením a ošetřován dalšími mechanickými postupy, při kterých je do kontaminovaného materiálu zapravován kyslík ze vzduchu.

To podporuje biologickou aktivitu mikroorganismů a urychluje dobu čištění. Technologie je využívána po celém světě, nejvíce v USA a Austrálii. V současnosti slouží hlavně k ošetřování kalů z rafinerií, ve kterých je vysoká koncentrace ropných

uhlovodíků a u některých zemin kontaminovaných těžko biologicky odbouratelnými polutanty. V 90. letech minulého století byla tato technologie využívána i v České republice, v současnosti se využívá jen výjimečně (Matějů et al., 2006).

#### **2.3.4.3 Patentová ochrana**

Úřad průmyslového vlastnictví ČR registruje v souvislosti s biodegradabilitou v souvislosti s čištěním nebezpečných odpadů a kontaminované zeminy dva patenty. Jedná se o patent číslo 279021 zveřejněný dne 17. 11. 1993, kterým je patentově chráněna směs mikroorganismů, schopných biodegradace uhlovodíků a způsob biodegradace uhlovodíků. Podstatou patentu je směs mikroorganismů *Pseudomonas putida* a *Geotrichum candidum* v poměru 5:1 až 1:1. Tato směs má velkou degradační schopnost a lehkou kultivovatelnost (ÚPV, 2010).

Dalším je patent číslo 279 140 zveřejněný 13.4. 1994, který chrání způsob rekultivace půd poškozených ropnými produkty in situ. Postatou patentu je ve způsobu odvedení kontaminované vody z půdního profilu systémem drénů, kterými následně je možno do půdy vpravovat roztok aktivních mikroorganismů a živin (ÚPV, 2010).

### 3 Metodika

V rámci diplomové práce byl na základě rešerše zhodnocen současný stav nakládání s odpady formou odstraňování na skládkách odpadů, případně alternativně kompostováním, k odstraňování nebezpečných odpadů zvláště ze starých ekologických zátěží jsou též využívány některé sanační technologie.

Výsledky této analýzy zaměřené na zhodnocení výhod a nevýhod skládek IV. generace byl pak ilustrován na konkrétním typovém příkladu tak, aby byly zjištěny východy tohoto nového typu skládkování.

Pro zjištění a ověření výhodnosti využití skládek IV. generace při odstraňování starých ekologických zátěží byl stanoven modelový příklad ekologické zátěže, která bude řešena zvolenou metodou in situ, odstraněním na skládce nebezpečného odpadu, biodegradací na dekontaminační ploše a biodegradací na bioreaktorové skládce.

Prvním úkolem bylo zvolit vhodnou technologii. Dále bylo nutno zjistit náklady na odtěžení a odvoz kontaminované zeminy, vypočítat množství kontaminované zeminy, zjistit náklady na zvolenou technologii, výši poplatků za uložení nebezpečného odpadu na skládku a výši poplatků za uložení odpadů stanovené v zákoně o odpadech.

Dalším úkolem bylo zjistit cenu za prodej technologického materiálu, který vznikne na dekontaminační ploše, množství bioplynu, který lze získat při biodegradaci ropných látek v bioreaktoru a ceny za prodej elektrické energie do distribuční sítě.

Ze zjištěných dat byly sestaveny tabulky a grafy, které slouží k vyhodnocení jednotlivých způsobů odstranění z hlediska ekonomického a environmentálního.

## 4 Modelový příklad

### 4.1 Podmínky provozu skládky IV. generace

Pro zjištění výhodnosti využití skládek IV. generace byl stanoven následující modelový příklad.

Stanovení modelového příkladu:

Druh kontaminace:	ropné látky
Plocha kontaminované lokality:	10 ha
Hloubka kontaminace:	5 m
Množství kontaminace.	50 000 mg/kg NEL v sušině
Vzdálenost na dekontaminační plochu:	5 km
Vzdálenost na bioreaktorovou skládku:	5 km
Vzdálenost na skládku NO:	30 km
Druh zeminy:	Těžké půdy

Pro další postup byl proveden výpočet množství kontaminované zeminy v m<sup>3</sup> a v tunách. Podle druhu půdy je koeficient v rozmezí 1, 5 (u lehkých půd) až 1,8 (u půd těžkých). Byl zvolen převodní koeficient  $1 \text{ m}^3 = 1,8 \text{ t}$ .

Výpočet množství kontaminované zeminy v m<sup>3</sup> a tunách

Množství kontaminované zeminy v m <sup>3</sup> :	50 000 m <sup>3</sup>
Množství kontaminované zeminy v t:	90 000 t

### 4.2 Ekonomické parametry a ocenění nákladů

Pro řešení zadaného příkladu byla zvolena technologie, kterou je možno použít pro technologii in situ, sanaci na dekontaminační ploše a v bioreaktoru. Sanace na dekontaminační ploše a v bioreaktoru jsou považovány za skládky IV. generace.

V měsících únoru a březnu 2010 byla prostudována publikace Kompendium sanačních technologií a materiály o sanačních technologiích dostupné na internetu. Dále byly prostudovány webové stránky firem provádějící sanace zemin kontaminovaných ropnými látkami.

Vaněk (III. 2010, in verb) ze sanační firmy Dekonta Kladno a.s. a Topinka (III. 2010, in verb) z MŽP doporučili použít technologii biodegradace s nainstalováním sítě víceúčelových vrtů pro injektáž bakteriálního preparátu, roztoku nutrientů a provzdušňování nesaturované zóny pro podporu biodegradčních procesů.

Sanace s využitím bioreaktoru vychází z předpokladu, že tato technologie je aplikována v USA a dalších státech k odstraňování komunálního odpadu. Dále vychází ze skutečnosti, že skládkový plyn se tvoří i na skládkách nebezpečných odpadů, kde dochází k jeho jímání a následném využití (Avecz, 2010; Gomez, 2009).

#### **4.2.1 Náklady na zvolenou sanační technologii**

Vaněk (III. 2010, in verb) odhadl náklady na zvolenou technologii v rozmezí 650 – 700 Kč/1 m<sup>3</sup>. Topinka (III. 2010, in verb) odhadl náklady na vyčištění 1 m<sup>3</sup> v rozmezí 1000 – 1100 Kč. Pro řešení modelového výpočtu bude počítáno s částkou 1 000 Kč. Na základě tohoto byly vypočteny náklady na sanaci kontaminované plochy.

*Tab. č. 4: Náklady na sanaci metodou in situ.*

Náklady na sanaci metodou in situ	50 000 000,00 Kč
-----------------------------------	------------------

#### **4.2.2 Náklady na odtěžení a dopravu kontaminovaného materiálu**

Pro zjištění nákladů na odtěžení a dopravu byly od 5. dubna do 7. dubna 2010 osloveny 4 velké firmy zabývající se zemními pracemi s žádostí o přibližné stanovení nákladů. Jedná se o firmy Metrostav a.s., Švestka a.s., Pozemní stavby a.s. a 1. Geologická v.o.s.

Zástupci všech firem uvedli v telefonických odpovědích, že cena je obvykle dojednávána na základě dohody. Ze zaslaných ceníků bylo zjištěno, že je většinou počítána hodinová cena za nasazení techniky (bagrů, nákladních vozů apod.). Záleží na druhu odvážené zeminy a lokalitě. V orientačním výpočtu, který zaslal zástupce firmy Metrostav spolu s ceníkem je stanovena cena za odtěžení 30 – 35 Kč/m<sup>3</sup>, doprava do vzdálenosti 30 km 180 – 235 Kč/ m<sup>3</sup> a 100 – 135 Kč za složení. Velmi orientační ceny pro výpočet uvedl zástupce firmy 1. Geologická v.o.s. Sýkora

(III. 2010, in verb) za odtěžení 60 Kč/m<sup>3</sup> a 1 Kč za km a tunu odvezeného materiálu. Upozornil však, že tyto ceny jsou skutečně jen velice orientační. Pro stanovení nákladů na odtěžení a dopravu byl zvolen právě tento způsob. Náklady na odtěžení a odvoz kontaminované zeminy jsou uvedeny v tabulce č. 4.

*Tab. č. 5: Náklady na odtěžení a odvoz kontaminovaného materiálu.*

Náklady na odtěžení	3 000 000,00 Kč
Náklady na odvoz na dekontaminační plochu	900 000,00 Kč
Náklady na odvoz na bioreaktorovou skládku	900 000,00 Kč
Náklady na odvoz na skládku nebezpečných odpadů	5 400 000,00 Kč

### **4.3 Poplatky za uložení nebezpečného odpadu**

Pro výpočet poplatků za uložení nebezpečného odpadu byly na webových stránkách vyhledány skládky nebezpečných odpadů a byly staženy ceníky. U skládek, kde nebyly ceníky zveřejněny na internetu, byly cestou emailové korespondence vyžádány. Ze zasláných ceníků byly vybrány skládky, na kterých přijímají sypký nebezpečný odpad. Toto splňovaly skládky provozované firmou AVE v Benátkách nad Jizerou a v Čáslavi.

Porovnáním ceníků byla zjištěna výše poplatku. Poplatek za uložení tuny nebezpečného odpadu na skládku v Benátkách nad Jizerou je pro rok 2010 stanoven poplatek 7 865 Kč, pro skládku Čáslav je poplatek 9 620 Kč bez DPH. V této částce jsou zahrnuty poplatky stanovené zákonem o odpadech (1 700 Kč, 4 500 Kč a 100 Kč). Ceníky těchto firem jsou uvedeny v příloze č. 3 a 4.

Pro řešení modelového příkladu bude počítáno s poplatky za uložení nebezpečných odpadů na skládce v Benátkách nad Jizerou. Ze zjištěných cen byly vypočítány náklady za uložení nebezpečných odpadů, které jsou v tabulce č. 6.



Tab. č. 6: Poplatky za uložení nebezpečného odpadu na skládky.

Poplatky za uložení NO na skládku Benátky n. Jizerou	707 850 000,00 Kč
Z toho zákonem stanovené poplatky celkem	567 000 000,00 Kč
- základní poplatek	153 000 000,00 Kč
- rizikový poplatek	405 000 000,00 Kč
- finanční rezerva	9 000 000,00 Kč

#### 4.4 Stanovení zisku

Zisk u dekontaminační plochy vznikne prodejem technologického materiálu z vyčištěné zeminy. U bioreaktoru zisk vznikne jednak z prodeje technologického materiálu a z prodeje energií z jímaného bioplynu.

Pro stanovení výše zisků byly zjišťovány ceny vyčištěné zeminy z dekontaminační plochy a bioreaktoru prodávané jako technologický materiál. Vaněk (III. 2010, in verb) uvedl, že se cena pohybuje přibližně okolo 300 – 350 Kč/t. V modelovém příkladu byla stanovena cena technologického materiálu 300 Kč/t a byl vypočítán zisk vzniklý prodejem vyčištěné zeminy. Technologický materiál vzniká na dekontaminační ploše a v bioreaktoru.

Tab. č. 7: Zisk z prodeje technologického materiálu.

Zisk z prodeje technologického materiálu	27 000 000,00 Kč
--	------------------

Pro stanovení množství metanu byly v dostupných materiálech a informačních zdrojích zjišťovány údaje o množství, které lze z kontaminované zeminy získat. Na základě výpočtu, který provedla Hejtmánková (IV. 2010, in verb) z katedry chemie AF ČZU, byly získány následující hodnoty:

1 t kontaminované zeminy      39,6 m<sup>3</sup> metanu      61 m<sup>3</sup> bioplynu

Z těchto výpočtů bylo zjištěno množství bioplynu, který lze z kontaminované plochy získat.

Množství získaného bioplynu      5 490 000 000 m<sup>3</sup>

Byl proveden výpočet, při kterém bylo vycházeno z předpokladu, že z 1 m<sup>3</sup> bioplynu se vyrobí 3,2 Kwh<sub>el</sub> a stejné množství tepla. Dále byly v internetových zdrojích zjištěny současné garantované výkupní ceny elektřiny z alternativní zdrojů, které jsou 12,15 -12,25 Kč/kWh (EKOSOLARS, 2010). Pro stanovení zisku v modelovém příkladě bylo počítáno s výkupní cenou 12,2 Kč/ kWh.

V tab. č. 8 je uveden výpočet množství vytvořeného bioplynu získaného z kontaminované zeminy a zisk, který vznikne prodejem elektrické energie do distribuční sítě.

*Tab. č. 8: Výpočet množství metanu, množství vyrobené el. energie a zisků z prodeje elektrické energie.*

Množství vytvořeného bioplynu	5 490 000 m <sup>3</sup>
Množství vyrobené el. energie	17 568 000 Kwh <sub>el</sub>
Zisk z prodeje el. energie	214 329 600,00 Kč

#### **4.5 Doba čištění/odstranění odpadů obsahující ropné látky**

Vaněk (III. 2010, in verb) uvedl, že doba čištění kontaminovaného materiálu zvolenou technologií u metody in situ a na dekontaminační ploše je přibližně 4 roky. EPA (2009) a SCS Enginners (2010) uvádí dobu čištění v bioreaktoru 5 – 10 let. Při stanovení doby odstranění nebezpečného odpadu na skládku je počítáno s dobou, po kterou musí být skládka podle zákona o odpadech monitorována po ukončení provozu, tedy 30 a více let. Při určení délky čištění kontaminovaného odpadu na bioreaktorové skládce bylo nutno vycházet z informací, zveřejněných v internetových zdrojích, kde Gomez (2009) uvádí, že největší produkce bioplynu z bioreaktorové skládky je mezi 5 – 10 rokem. Pro řešení modelového příkladu byla stanovena doba 10 let.

Tab. č. 9: Délka čištění/odstranění kontaminovaného materiálu.

Biodegradace metodou in situ	4 roky
Odstranění na skládce NO	30 a více let
Biodegradace na dekontaminační ploše	4 roky
Biodegradace na bioreaktorové skládce	10 let

## 4.6 Řešení modelové příkladu

Ze zjištěných údajů byly zpracovány následující přehledy, tabulky a grafy:

### ➤ Náklady a poplatky

V tabulce č. 10 je uveden souhrn všech nákladů a poplatků jednotlivých způsobů řešení příkladu.

Tab. č. 10: Souhrnný přehled nákladů a poplatků.

Náklady na sanaci zvolenou biodegradační metodou in situ	50 000 000,00 Kč
Náklady na odtěžení	3 000 000,00 Kč
Náklady na odvoz na dekont. plochu a bioreaktorovou skládku	900 000,00 Kč
Náklady na odvoz na skládku NO	5 400 000,00 Kč
Poplatky za uložení NO na skládku Benátky n.Jizerou	707 850 000,00 Kč
Z toho zákonem stanovené poplatky celkem	567 000 000,00 Kč
- základní poplatek	153 000 000,00 Kč
- rizikový poplatek	405 000 000,00 Kč
- finanční rezerva	9 000 000,00 Kč

Ze souhrnného přehledu byly sestaveny tabulky č. 11, 12 a 13, ve kterých jsou uvedeny náklady a poplatky u posuzovaných způsobů odstraňování kontaminované zeminy.

Tab. č. 11: Náklady na odstranění kontaminovaného materiálu na skládkách NO v Benátkách n. Jizerou.

	Náklady v Kč	Náklady v %
Náklady na odtěžení	3 000 000,00 Kč	0,42%
Náklady na odvoz na skládku NO Benátky n. Jiz.	5 400 000,00 Kč	0,75%
Poplatky za uložení na skládku NO Benátky n.Jiz.	707 850 000,00 Kč	98,82%
<b>Náklady celkem</b>	<b>716 250 000,00 Kč</b>	<b>100,00%</b>

Tab. č. 12: Náklady na biodegradaci metodou in situ.

Náklady na biodegradaci metodou in situ	50 000 000,00 Kč
---	------------------

Tab. č. 13: Náklady při využití bioreaktorové skládky vyjádřené v Kč a procentech.

Druh nákladu	Náklady v Kč	Vyjádřeno %
Náklady na odtěžení	3 000 000,00 Kč	0,48%
Náklady na odvoz na bioreaktorovou skládku	900 000,00 Kč	0,15%
Náklady na sanaci	50 000 000,00 Kč	8,05%
Poplatky stanovené zákonem	567 000 000,00 Kč	91,39%
Z toho - základní poplatek	153 000 000,00 Kč	24,64%
- rizikový poplatek	405 000 000,00 Kč	65,23%
- Finanční rezerva	9 000 000,00 Kč	1,45%
<b>Celkové náklady</b>	<b>620 900 000,00 Kč</b>	<b>100,00%</b>

Z údajů v tabulce č. 13 byl sestaven graf č. 2 (viz příloha).

#### ➤ Stanovení zisků

Zisk je možný pouze z technologií čištění na dekontaminační ploše a v bioreaktoru. Pokud bude vyčištěná zemina dosahovat požadovaných limitů pro technologický materiál, bude ji možno prodat. To platí u obou technologií. U bioreaktorové skládky je možné z jímaného metanu v bioplynové stanici vyrábět elektrickou energii a teplo. Prodejem těchto energií do distribuční sítě je možno získat další zisky.

V tabulce č. 14 je přehled způsobů nakládání s nebezpečnými odpady a výpočet možných zisků.

Tab. č. 14: Zisky z jednotlivých způsobů řešení.

	<b>Zisk</b>
Biodegradace in situ	0,00 Kč
Odstranění na skládku NO Benátky n.Jizerou	0,00 Kč
Biodegradace na dekontaminační ploše	27 000 000,00 Kč
Využití bioreaktorové skládky	241 329 600,00 Kč

➤ **Porovnání jednotlivých způsobů řešení modelového příkladu**

V tabulce č. 15 jsou porovnány náklady, zisk z jednotlivých způsobů sanace a doba čištění.

Tab. č. 15: Porovnání nákladů, zisků a doby čištění/odstranění kontaminovaného materiálu.

	<b>Náklady</b>	<b>Zisk</b>	<b>Doba čištění/odstranění</b>
Biodegradace in situ	50 000 000,00 Kč	0,00 Kč	4 roky
Odstranění na skládku NO Benátky n.Jiz.	716 250 000,00 Kč	0,00 Kč	30 let a více
Dekontaminační plocha	620 900 000,00 Kč	27 000 000,00 Kč	4 roky
Bioreaktor	620 900 000,00 Kč	241 329 600,00 Kč	10 let

V tabulce č. 16 jsou porovnány náklady na jednotlivé způsoby řešení vyjádřené v procentech.

Tab. č. 16: Výše nákladů na jednotlivé způsoby sanace vyjádřené v procentech.

	<b>Výše nákladů</b>	<b>Vyjádřeno v %</b>
Skládka NO	716 250 000,00 Kč	100,00%
Bioreaktorová skládka	620 900 000,00 Kč	86,69%
Dekontaminační plocha	620 900 000,00 Kč	86,69%
Sanace metodou in situ	50 000 000,00 Kč	6,98%

V tabulce č. 17 je porovnání nákladů a zisku při použití biodegradace in situ, odstraněním na skládce NO v Benátkách nad Jizerou, na dekontaminační ploše a v bioreaktorové skládce.

Tab. č. 17: Porovnání celkových nákladů a poplatků za uložení nebezpečného odpadu stanovených v zákoně o odpadech.

Způsob	Náklady	Poplatky stanovené zákonem	Poplatky v procentech
Biodegradace in situ	50 000 000,00 Kč	0	0
Odstranění na skládce NO Benátky n.Jizerou	716 250 000,00 Kč	567 000 000,00 Kč	79,16%
Dekontaminační plocha	620 900 000,00 Kč	567 000 000,00 Kč	91,32%
Bioreaktorová skládka	620 900 000,00 Kč	567 000 000,00 Kč	91,32%

V tabulce č. 18 jsou porovnávány celkové náklady na jednotlivé způsoby s výší poplatků stanovených zákonem o odpadech. Porovnání je v procentech.

Tab. č. 18: Porovnání nákladů a jednotlivých složek poplatků stanovených zákonem o odpadech (v procentech).

Způsob nakládání	Náklady	Poplatky ze zákona celkem	Rizikový poplatek	Poplatek	Finanční rezerva
Odstranění na skládku NO Benátky n.Jizerou	100,00%	79,16%	56,40%	21,36%	1,26%
Dekontaminační plocha	100,00%	91,32%	65,23%	24,64%	1,45%
Bioreaktorová skládka	100,00%	91,32%	65,23%	24,64%	1,45%

Tab. č. 19: Náklady po odečtení zisků.

Způsob nakládání	Náklady	Zisk	Náklady po odečtení zisku	Vyjádřeno v %
Metoda in situ	50 000 000,00 Kč	0	50 000 000,00 Kč	100,00%
Odstranění na skládce NO Benátky n.Jiz.	716 250 000,00 Kč	0	716 250 000,00 Kč	100,00%
Dekontaminační plocha	620 900 000,00 Kč	27 000 000,00 Kč	593 900 000,00 Kč	95,65%
Bioreaktorová skládka	620 900 000,00 Kč	241 329 600,00 Kč	454 761 440,00 Kč	73,24%

## 5 Výsledky a diskuse

### 5.1 Vyhodnocení výsledky

Při řešení modelového příkladu byly zjištěny tyto skutečnosti, které lze rozdělit na:

➤ Ekonomické vyhodnocení

1. Nejvyšší náklady **716 250 000 Kč** (tj. 100 %) byly při využití skládky nebezpečného odpadu.
2. Nejnižší náklady byly při použití sanační technologie metodou in situ, které dosáhly **50 000 000,00 Kč** tj. 6,98 % v porovnání s odstraněním na skládce nebezpečných odpadů.
3. Při odstranění kontaminovaného materiálu na bioreaktorové skládce a na dekontaminační ploše dosáhly náklady **620 900 000,00 Kč**, tj. **86,69 %** nákladů na odstranění na skládce NO.
4. Nejvyšší zisk **241 329 600,00 Kč** byl vytvořen při využití bioreaktorové skládky. Zisk vznikl prodejem elektrické energie do distribuční sítě a prodejem technologického materiálu z vyčištěné zeminy. Prodejem technologického materiálu vznikl zisk také při čištění na dekontaminační ploše **27 000 000,00 Kč** (viz tab. č. 14).
5. Náklady na odstranění kontaminovaného materiálu v bioreaktorové skládce budou po odečtení zisků z prodeje energie a technologického materiálu **454 761 440,00 Kč**, klesnou o **26,76 %** (viz tab. č. 19).
6. Náklady na odstranění kontaminovaného materiálu na dekontaminační ploše budou po odečtení zisků z prodeje technologického materiálu **593 900 000,00 Kč**, klesnou o **4,35 %**. (viz tab. č. 19).
7. V modelovém příkladu tvořily nejvyšší položky poplatky stanovené ze zákona. V tab. č. 15 a 16 je porovnání nákladů a poplatků u jednotlivých způsobů odstranění zátěže. Při odstranění odpadu na bioreaktorové skládce a na dekontaminační ploše tvoří poplatky **91,32 %** všech nákladů, u skládek nebezpečného odpadu představují **79,16 %** nákladů. Největší podíl na tom má rizikový poplatek, který u skládky nebezpečných odpadů tvořil **56,40 %**



nákladů, v bioreaktorové skladce a dekontaminační ploše **65,23 %**.

➤ Porovnání doby odstranění kontaminovaného materiálu

1. Při porovnání bylo zjištěno, že nejkratší doba odstranění kontaminace je sanační technologií in situ a na dekontaminační ploše, kde je zátěž odstraněna asi za 4 roky.
2. Doba zdržení kontaminovaného materiálu na bioreaktorové skladce je přibližně 10 let.
3. Nejdelší doba je uložení na skládky nebezpečného odpadu, kde je určená doba, po kterou musí být skládka monitorována po jejím uzavření, tedy 30 let.

## **5.2 Diskuse**

Hlavová et al. (2009) uvádí, že zřizování skládek IV. generace by bylo výhodné z ekonomického a environmentálního hlediska, protože by umožňovalo využívat nebezpečné odpady jako zdroj energie. S tímto názorem souhlasím. V modelovém příkladu bylo zjištěno, že ze zeminy kontaminované ropnými produkty lze biodegradací získat bioplyn, kterého je možno využít k výrobě energie, jejím prodejem je možno snížit náklady na prováděnou sanaci. V řešeném příkladu došlo k snížení nákladů o 26,76 %.

Topinka (III. 2010, in verb) uvádí, že v současné době zřizování skládek IV. generace není možné, protože to platná legislativa neumožňuje. S tímto názorem souhlasím, zákon o odpadech a navazující legislativa stanoví způsoby, jak s nebezpečnými odpady nakládat. Umožňuje však zřizovat dekontaminační plochy, které jsou v areálech skládek nebezpečných odpadů nebo jako samostatné objekty, které jsou určeny pro biologickou úpravu nebezpečných odpadů. Tyto plochy je možno považovat za skládky IV. generace tak, jak je představuje Hlavová et al. (2009).

Vaněk (III. 2010, in verb) uvádí, že v minulých letech byla prováděna sanace areálu

bývalého vojenského letiště Triangle Žatec, kde byla jako dekontaminační plocha využita vzletová dráha. Je přesvědčen, že v současné době toto řešení legislativa neumožňuje. Dále uvádí, že v současné době jsou často uplatňovány sanační technologie in situ, které jsou z hlediska nákladů asi o 60 % levnější, než náklady sanační technologie ex situ. Toto potvrdil i Topinka (III. 2010, in verb).

Topinka (III. 2010, in verb) je přesvědčen, že by bylo výhodné zřizovat dekontaminační plochy přímo v areálech kontaminovaných závodů. Toto řešení by bylo výhodné z hlediska úspor nákladů. Pokud kontaminované látky neopustí areál firmy, nejsou posuzovány jako nebezpečný odpad, proto by nebyly placeny poplatky stanovené zákonem za nebezpečný odpad. Jak vyplývá z řešení modelového příkladu, náklady na poplatky tvořily 91,32 % z celkových nákladů. Povolení ke zřízení takové zařízení vydává příslušný krajský úřad, v poslední době však neví o případu, kdy by takové povolení bylo vydáno. Domnívám se, že tento způsob řešení by byl vhodný nejen pro zřizování dekontaminačních ploch v areálech závodů, ale také pro zřízení bioreaktorových skládek, ve kterých by mohl být nebezpečný odpad odstraňován. Současně by umožnil výrobu energie z bioplynu, která by mohla být využita nejen na provoz závodu a přebytek by mohl být prodáván odběratelům do distribuční sítě.

Hlavová et al. (2010) se domnívá, že by bylo výhodné zřizovat skládky IV. generace v blízkosti lokalit starých ekologických zátěží. S tímto názorem souhlasím, neboť by to vedlo k snížení nákladů na dopravu. V modelovém příkladu byl řešen odvoz 90 000 tun kontaminované zeminy na vzdálenost 5 km a 30 km, přičemž cenový rozdíl byl 4 500 000 Kč. Kromě těchto přímých nákladů na dopravu vznikají i náklady nepřímé, které souvisí např. s poškozením pozemních komunikací. Sýkora (111. 2010, in verb) uvádí, že k přepravě takového množství zeminy by muselo být použito 3 000 – 6 000 nákladních vozidel. Domnívám se, že přepravou takového množství materiálu by došlo k poškození pozemních komunikací, mělo by vliv na životní prostředí, zvýšila by se hladina hluku v okolí komunikace.

## 6 Závěr

Staré ekologické zátěže jsou v některých regionech velkým problémem. V současnosti je aplikována řada sanačních technologií, které si kladou za cíl odstranění nebo snížení rizika. Dekontaminační plochy, které jsou v České republice provozovány, jsou jednou z technologií využívající schopnosti některých mikroorganismů rozkládat i toxické látky, a tím snížit jejich nebezpečnost. Princip biodegradace je možno využít v bioreaktorech, které je možno označit jako skládky IV. generace. Jak bylo na modelovém příkladu ukázáno, skládky IV. generace plní současně dvě funkce. Dochází v nich k snížení nebo odstranění polutantů z kontaminovaného materiálu a vzniká další produkt, bioplyn, který je možno jímat a využít na výrobu energií. Na tomto principu pracují bioreaktorové skládky v USA, které jsou využívány k odstraňování komunálního odpadu. Na stejném principu jsou založeny i bioplynové stanice, které se v České republice používají jako alternativní zdroj energie. Jsou v nich využívány různé druhy biomasy, ale i některé druhy odpadů (močůvka, kejda, podestýlka z chovů hospodářských zvířat).

Dalšími alternativními zdroji je sluneční záření, využívání větru, geotermálního tepla a dalších. Všechny alternativní zdroje energie přináší úsporu surovin z neobnovitelných zdrojů (ropa, zemní plyn). K jejich zřízení je možno čerpat dotace z některých fondů. Byla by tedy škoda nevyužít také staré ekologické zátěže jako zdroj energie.

Zřizování skládek odpadů, zvláště skládek nebezpečných odpadů naráží na odpor veřejnosti, který provází většinu projednávání spojených s novými skládkami. Otevírání nových skládek i jejich rozšiřování je spojeno s poněkud zdoluhavou povolovací procedurou. Proto možnost zřizovat skládky IV. generace, které by přinesly užitek, by bylo možná jednodušší.

## 7 Seznam literatury:

- BERGDOLF K., 2002: Černá smrt v Evropě. Vydalo nakladatelství Vyšehrad, spol. s.r.o., 1. vydání
- DELOUCHE et al., 1996: Dějiny Evropy. Vydalo nakladatelství Argo ve spolupráci s nakladatelstvím Odeon, 1. vydání
- LANDA I., 2007: Klasifikace ekologických zátěží. Speciální hydrogeologie. Vydala ČZU, FŽP Praha. 1. vydání
- MATĚJŮ V. et al., 2006: Kompendium sanačních technologií. Vydalo nakladatelství Ekomonitor, 2006, 1. vydání.
- VÁŇA J., BALÍK J. et TLUSTOŠ P., 2005: Pevné odpady. Vydala ČZU Praha, katedra agrochemie a výživy rostlin, 2. vydání
- VOŠTOVÁ V. et FRIES J., 2005: Zpracování pevných odpadů. Vydalo České vysoké učení technické v Praze, Česká technika - nakladatelství ČVUT Praha., dotisk 1. vydání
- WITTLINGEROVÁ Z. et JONÁŠ J., 1999: Životní prostředí, vydala ČZU 1999

### Legislativa:

- ZÁKON č. 185/2001 Sb. v platném znění, o nakládání s odpady,
- VYHLÁŠKA č. 294/2005 Sb. v platném znění, o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb.,
- VYHLÁŠKA č. 381/2001 Sb. v platném znění, kterou se stanoví Katalog odpadů, seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů),
- VYHLÁŠKA č. 382/2001 Sb. v platném znění, o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě.
- VYHLÁŠKA č. 383/2001 Sb. v platném znění, o podrobnostech nakládání s odpady.

### Časopisy:

- BAART A., 2006: Ruhende Werte im Salz (Hodnoty spočívající v soli). UmweltMagazin, 36, 2006 č. 9, s. 12-13.
- HLAVOVÁ A., BORÝSEK A., LANDA I. et VOŽENÍLEK D., 2009: Skládky čtvrté generace a sanace ekologických zátěží. Inovační sanační technologie ve výzkumu a praxi II, vydáno 7.10.2009. Ekomonitor, s. 146-147.
- MIKULOVÁ V., 2005: Podmínky uzavírání a rekultivace skládek odpadů. Staré ekologické zátěže. Konference životní prostředí České republiky – stav a perspektiva. Zveřejněno Planeta 2005, ročník XII, číslo 10/2005, vydavatel MŽP, s. 16-20.
- VUČKA P., 2005: Staré ekologické zátěže minulost, současnost a budoucnost. Staré ekologické zátěže. Konference životní prostředí České republiky – stav a perspektiva. Zveřejněno Planeta 2005, ročník XII, číslo 10/2005, vydavatel MŽP, s.11-12.

### Internetové zdroje:

- AGENTURA 42, 2010: Třídění a recyklace. Cit.: 2.3.2010. Dostupné na [www: http://a42.cz/stu\\_ref1.html](http://a42.cz/stu_ref1.html)
- A.S.A., 2007: Skládka Dáblice. O společnosti. Cit.: 2.4.2010. Dostupné na [www: http://www.a42.cz](http://www.a42.cz)

[http://www.bipro.de/waste-events/doc/events07/cz\\_presentation\\_18asa.pdf](http://www.bipro.de/waste-events/doc/events07/cz_presentation_18asa.pdf)  
ASSOCIATES LANDFFILS, 2010: Kořenová skládka ve Skotsku. Cit. 14.4.2010.  
Dostupné na www: <http://landfills-site.com/>  
AVESZ, 2010: Skládka Benátky nad Jizerou. O společnosti, Cit. 2.4.2010.  
Dostupné na www: <http://www.avecz.cz/>  
AVESZ, 2010: Čáslav. O společnosti. Cit. 2.4.2010. Dostupné na www:  
<http://www.avecz.cz/>  
BĚLOCH, 2010: Účast na Blokovém cvičení "Základy technologií a odpadového hospodářství, Německo 1 – 2.3.2010, cestovní zpráva ze zahraniční pracovní cesty. ČIŽP. Cit: 14.4.2010. Dostupné na www:  
<http://www.cizp.cz/default.aspx?id=2593&sh=-476259532>  
CEHO V.Ú.V. T.G.M. 2006, 2009: Produkce odpadů a nebezpečných odpadů v letech 2002 – 2008. Cit. 3.3.2010. Dostupné na www:  
[http://www.cenia.cz/C12571B20041E945.nsf/\\$pid/MZPMSFGSJOP7](http://www.cenia.cz/C12571B20041E945.nsf/$pid/MZPMSFGSJOP7)  
CENIA, 2009: Příčiny změn životního prostředí a ovlivňující faktory, Odpady A3, in Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2008. Cit. 2.1.2010.  
Dostupné na www:  
[http://www.cenia.cz/C12571B20041E945.nsf/\\$pid/MZPMSFGSJOP7](http://www.cenia.cz/C12571B20041E945.nsf/$pid/MZPMSFGSJOP7)  
ČSÚ, 2009: Příčiny změn životního prostředí a ovlivňující faktory, Odpady. Cit. 20.3.2010. Dostupné na www:  
<http://www.czso.cz/csu/2009edicniplan.nsf/kapitola/0001-09-2009-0300>  
EKOSOLARIS, 2010: Výkupní ceny, podmínky připojení k distribuční soustavě. Cit.: 15.4.2010. Dostupné na www: <http://www.ekosolaris.cz/solrni-page.php?de=25>  
ENVERONMENT, 2009: Landfill of waste. Cit. 2.4.2010. Dostupné na www:  
[http://ec.europa.eu/environment/waste/landfill/\\_index.htm](http://ec.europa.eu/environment/waste/landfill/_index.htm)  
EPA, 2009: Bioreaktory. Cit.: 20.4.2010. Dostupné na www:  
<http://www.epa.gov/wastes/nonhaz/municipal/landfill/bioreactors.htm>  
GOMEZ R., 2009: Jak získat více ze skládek. Progressive engineer. Cit.: 18.4.2010.  
Dostupné na www: Progressive energineer Feature.mht  
MŽP ČR, 2009: Zpráva o stavu životního prostředí ČR za rok 2008. Vydalo MŽP ČR, Praha. Cit.: 10.1.2010. Dostupné na www:  
[http://www.mzp.cz/cz/zpravy\\_o\\_stavu\\_zivotniho\\_prostredi](http://www.mzp.cz/cz/zpravy_o_stavu_zivotniho_prostredi)  
MŽP ČR, 2010 a.: Inventarizace starých ekologických zátěží. Cit. 6.2.2010.  
Dostupné na www:  
[http://www.mzp.cz/cz/narodni\\_inventarizace\\_starých\\_ekologických\\_zatezi](http://www.mzp.cz/cz/narodni_inventarizace_starých_ekologických_zatezi)  
MŽP ČR, 2010 b: Legislativa, legislativa EU. Cit.: 15.2.2010. Dostupné na www:  
<http://www.mzp.cz/cz/legislativa>  
MŽP ČR, 2010 c: Legislativa, platná legislativa. Cit.: 15.2.2010. Dostupné na www:  
<http://www.mzp.cz/cz/legislativa>  
PÍŠKOVÁ M. et NEJEPSA M., 2007: Odpady a jejich využití. ČZU. Cit.: 12.4.2010. dostupné na www:  
<http://czu.kbx.cz/4.rocnik/Odpady%20a%20jejich%20vyu%9Eit%ED/Odpady%20a%20jejich%20vyu%9Eit%ED.pdf>  
PLÍVA P. et KOLLÁROVÁ M., 2006, Kompostování na volné ploše. VÚZT Praha. Cit.: 4.3.2010. Dostupné na www: <http://www.vuzt.cz/?menuid=69>  
SCS ENGINNERS, 2010: Bioreaktory. Cit.: 19.4.2010. Dostupné na www:  
<http://www.scsengineers.com/bioreactor.html>  
SLEJŠKA A., 1999: Vermikompostování. Regena 5/99, IX ročník, s. 19. Cit.:

8.3.2010. Dostupné na www: [http://stary.biom.cz/clen/as/a\\_regena99.html](http://stary.biom.cz/clen/as/a_regena99.html)  
STŘIHAVKOVÁ J., 2010: Novela vyhlášky o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu. Třetí ruka podnikatele. Cit:15.4.2010. Dostupné na www: <http://www.tretiruka.cz/news/novela-vyhlasky-o-podminkach-ukladani-odpadu-na-skladky-a-jejich-vyuzivani-na-povrchu-terenu1/>  
ÚPV, 2010: Patenty. Cit.: 10.4.2010. Dostupné na www: <http://www.upv.cz/cs/sluzby-uradu/databaze-on-line/databaze-patentu-a-uzitnych-vzoru/narodni-databaze.html>  
VÁŇA J., 2002: Kompostování odpadů. Biom.cz. Cit. 4.3.2010. Dostupné na www: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-odpadu>.  
WASTEONLINE, 2004: Historie nakládání s odpady a recyklace. Cit. 14.4.2010. Dostupné na www: <http://www.wasteonline.org.uk/resources/InformationSheets/HistoryofWaste.htm>

#### **Ostatní zdroje:**

AVE, 2010: Ceníky za uložení odpadů na skládky NO Benátky nad Jizerou a Čáslav  
HEJTMÁNKOVÁ K, IV.2010: Výpočet  
METROSTAV a.s, 2010: Ceník za zemní práce.  
POZEMNÍ STAVBY, 2010: Ceník za zemní práce  
STŘIHAVKOVÁ J., 2010: Osobní rozhovor, MŽP, odbor odpadového hospodářství  
SÝKORA J., 2010: Osobní rozhovor. 1. Geologická v.o.s.  
ŠVESTKA a.s., 2010: Ceníky zemních prací  
TOPINKA D., 2010: Osobní rozhovor, MŽP, odbor ekologických škod  
VALTA J., 2010: Osobní sdělení, CENIA  
VANĚK J., 2010: Konzultace. Dekonta Kladno a.s.

## 8 Seznam grafických příloh

### Seznam grafických příloh:

Fotografie č. 1: Bioreaktorová skládka komunálních odpadů, Florida.....	20
Fotografie č. 2: Kořenová skládka ve Skotsku.. ..	47
Fotografie č. 3: Skládka odpadů skupiny S-OO Praha – Ďáblice, kterou provozuje firma A.S.A. 47	
Fotografie č. 4: Skládka skupiny S-NO v Benátkách nad Jizerou, kterou provozuje firma AVE.....	48
Graf č. 1: produkce odpadů na území ČR v letech 2002 – 2008 (v tisíci t).....	51
Graf č. 2: Náklady a zákonem stanovené poplatky za uložení nebezpečného odpadu při využití bioreaktorové skládky.....	51
Graf č. 3: Porovnání nákladů a zisků při použití biodegradace in situ, odstraněním na skládce NO v Čáslavi, vyčištění na dekontaminační ploše ..... a na bioreaktorové skládce.....	52
Mapa č. 1: Rozmístění starých ekologických zátěží na území ČR podle evidence MŽP v prvním pololetí roku 2008.....	53
Mapa č. 2: Rozmístění skládek S-OO, S-NO a víceskupinových skládek na území ČR v roce 2007 .....	54
Mapa č. 3: Rozmístění skládek odpadů skupiny S-IO na území ČR v roce 2007 ....	55
Mapa č. 4: Rozmístění kompostáren a zařízení na biologickou dekontaminaci na území ČR v roce 2007.....	56
Obrázek 1: Schéma bioreaktorové skládky odpadů.....	22
Obrázek 2: Ceník ukládání odpadů na Řízenou skládku Benátky nad Jizerou platný od 1.1.2010.....	49
Obrázek 3: Ceník ukládání odpadů na řízenou skládku Čáslav platný od 1.1.2010. 50	

### Seznam tabulek

Tab. č. 1: Plánovaný rozpočet na dotace z Operačního programu Životní prostředí 2007 – 2013 na odstraňování starých ekologických zátěží.....	10
Tab. č. 2: Produkce odpadů na území ČR v letech 2002 – 2008 (v tisíci t).....	14
Tab. č. 3: Srovnání využití a odstranění odpadů vybranými způsoby (v %) .....	15
Tab. č. 4: Náklady na sanaci metodou in situ.....	29
Tab. č. 5: Náklady na odtěžení a odvoz kontaminovaného materiálu.....	30
Tab. č. 6: Poplatky za uložení nebezpečného odpadu na skládky. ....	31
Tab. č. 7: Zisk z prodeje technologického materiálu. ....	31
Tab. č. 8: Výpočet množství metanu, množství vyrobené el. energie a zisků z prodeje elektrické energie. ....	32
Tab. č. 9: Délka čištění/odstranění kontaminovaného materiálu. ....	33
Tab. č. 10: Souhrnný přehled nákladů a poplatků.....	33
Tab. č. 11: Náklady na odstranění kontaminovaného materiálu na skládkách NO	

v Benátkách n. Jizerou .....	34
Tab. č. 12: Náklady na biodegradaci metodou in situ .....	34
Tab. č. 13: Náklady při využití bioreaktorové skládky vyjádřené v Kč a procentech. .....	34
Tab. č. 14: Zisky z jednotlivých způsobů řešení. ....	35
Tab. č. 15: Porovnání nákladů, zisků a doby čištění/odstranění kontaminovaného materiálu.....	35
Tab. č. 16: Výše nákladů na jednotlivé způsoby sanace vyjádřená v procentech.....	35
Tab. č. 17: Porovnání celkových nákladů a poplatků za uložení nebezpečného odpadu stanovených v zákoně o odpadech .....	36
Tab. č. 18: Porovnání nákladů a jednotlivých složek poplatků stanovených zákonem o odpadech (v procentech) .....	36
Tab. č. 19: Náklady po odečtení zisků .....	37



## 9 Přílohy

Fotografie, obrázky, grafy:



*Fotografie č. 2: Kořenová skládka ve Skotsku. V pravé části snímku je porost rákosí, který je využíván k čištění. Zdroj: Associates landfills, 2010.*



*Fotografie č. 3: Skládka odpadů skupiny S-OO Praha – Ďáblice, kterou provozuje firma A.S.A. V popředí snímku je příjezdová komunikace a technické zařízení skládky,*

*skládkové těleso je postupně uzavíráno a rekultivováno, v zadní části je ukládán odpad. Zdroj: A.S.A., 2007.*



*Fotografie č. 4: Skládka skupiny S-NO v Benátkách nad Jizerou, kterou provozuje firma AVE. Uprostřed snímku je vidět technické zařízení skládky a jímka pro jímání skládkové vody. V levé části snímku je skládkové těleso. Zdroj: Avez, 2010.*

## Ceník ukládání odpadů na Řízenou skládku Benátky nad Jizerou (platný od 1.1.2010)

Cena plnění je stanovena v souladu se zák. 526/90 Sb.

ODPADY KATEGORIE "O" (technologické odpady na zabezpečení skládky)	Cena za uložení bez DPH	Poplatek ze zákona č. 185/2001Sb	Finanční rezerva na rekultivaci	Rizikový poplatek ze zákona č. 185/2001 Sb.	Cena celkem bez DPH
Zemina a/nebo kameny	250,- Kč/t		35,- Kč/t		285,- Kč/t
Stavební odpad tříděný (cihla, stř. taška, beton)	615,- Kč/t		35,- Kč/t		650,- Kč/t
Směsný stavební odpad	400,- Kč/t	500,- Kč/t	35,- Kč/t		935,- Kč/t
Odpad ze zeleně	585,- Kč/t				585,- Kč/t
<b>ODPADY KATEGORIE "O"</b>					
Směsný komunální odpad (odpady skup. 20 03 xx)	865,- Kč/t	500,- Kč/t	100,- Kč/t		1 465,- Kč/t
Ostatní odpad kat. "O"	845,- Kč/t	500,- Kč/t	35,- Kč/t		1 380,- Kč/t
<b>ODPADY KATEGORIE "N"</b>					
Nebezpečné odpady	1565,- Kč/t	1700,- Kč/t	100,- Kč/t	4500,- Kč/t	7865,- Kč/t
Odpady obsahující azbest (060701, 061304, 101309, 101310, 170601, 170605)	1995,- Kč/t	500,- Kč/t	35,- Kč/t		2530,- Kč/t

*K výše uvedeným cenám bude účtováno vážení vozidla v ceně 50 Kč + DPH. Výše uvedené ceny je možno aktualizovat na základě konkrétních dodávek odpadů (tj. množství, objemová hmotnost, charakter vodního výluhu).*

Mgr. Roman Mužík  
jednatel společnosti

Bc. Radek Kruml  
ředitel provozovny Benátky n/Jizerou

*Obrázek 2: Ceník ukládání odpadů na Řízenou skládku Benátky nad Jizerou platný od 1.1.2010. Zdroj Avescz, 2010*



## Ceník ukládání odpadů na Řízenou skládku Čáslav (platný od 1.1.2010)

Cena plnění je stanovena v souladu se zák. 526/90 Sb.

ODPADY KATEGORIE "O" (technologické odpady na zabezpečení skládky)	Cena za uložení bez DPH	Poplatek ze zákona č. 185/2001Sb	Finanční rezerva na rekultivaci	Rizikový poplatek ze zákona č. 185/2001 Sb.	Cena celkem bez DPH
Zemina a/nebo kameny	240,- Kč/t		35,- Kč/t		275,- Kč/t
Stavební odpad tříděný (cihla, stř. taška, beton)	275,- Kč/t	500,- Kč/t	35,- Kč/t		810,- Kč/t
Směsný stavební odpad	300,- Kč/t	500,- Kč/t	35,- Kč/t		835,- Kč/t
ODPADY KATEGORIE "O"					
Směsný komunální odpad (200301)	890,- Kč/t	500,- Kč/t	100,- Kč/t		1 490,- Kč/t
Ostatní odpad skupiny 2003.. (200302, 200303, 200304, 200306, 200307, 200399)	790,- Kč/t	500,- Kč/t	100,- Kč/t		1 390,- Kč/t
Ostatní odpad (bez skupiny 2003..)	810,- Kč/t	500,- Kč/t	35,- Kč/t		1 345,- Kč/t
ODPADY KATEGORIE "N"					
Nebezpečné odpady	3320,- Kč/t	1700,- Kč/t	100,- Kč/t	4500,- Kč/t	9 620,- Kč/t
Odpady obsahující azbest (060701, 061304, 101309, 101310, 170601, 170605)	3135,- Kč/t	500,- Kč/t	35,- Kč/t		3 670,- Kč/t

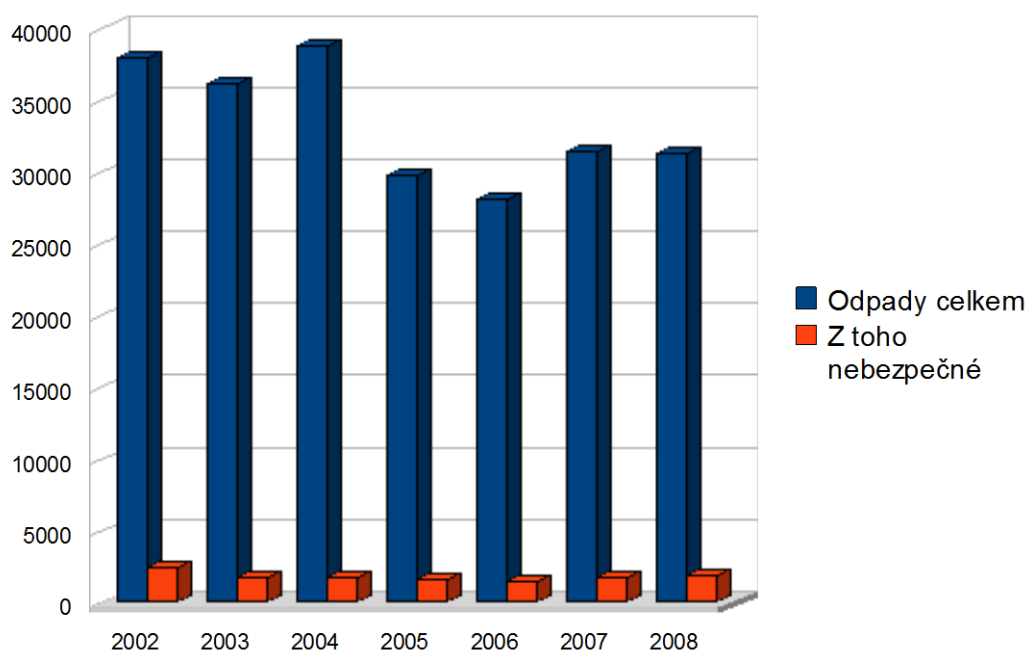
K výše uvedeným cenám bude účtováno vážení vozidla v ceně 50,- Kč + DPH. Výše uvedené ceny je možno aktualizovat na základě konkrétních dodávek odpadů (tj. množství, objemová hmotnost, charakter vodního výluhu).

Mgr. Roman Mužik  
Jednatel společnosti

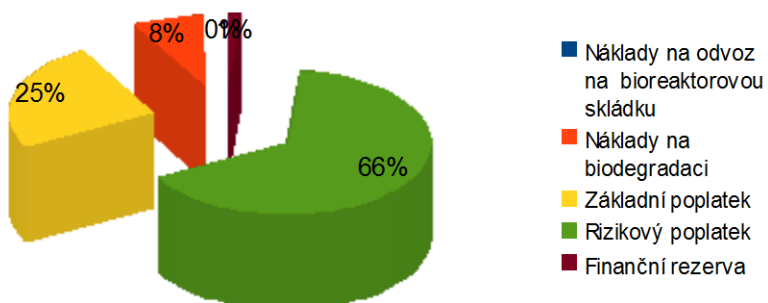
Ing. Radek Doležal  
Ředitel provozovny Čáslav

Obrázek 3: Ceník ukládání odpadů na řízenou skládku Čáslav platný od 1.1.2010  
Zdroj: Avescz, 2010

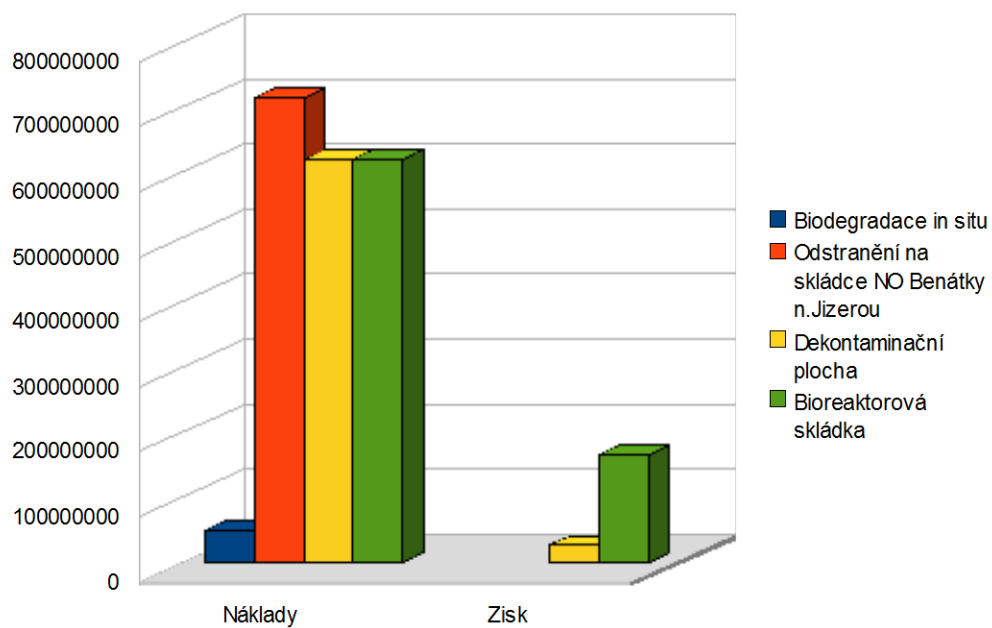
## Grafy



Graf č. 1: produkce odpadů na území ČR v letech 2002 – 2008 (v tisíci t) Zdroj: CeHo-VÚV T.G.M., 2006; CeHo-VÚV T.G.M., 2009 – upravila Machátová



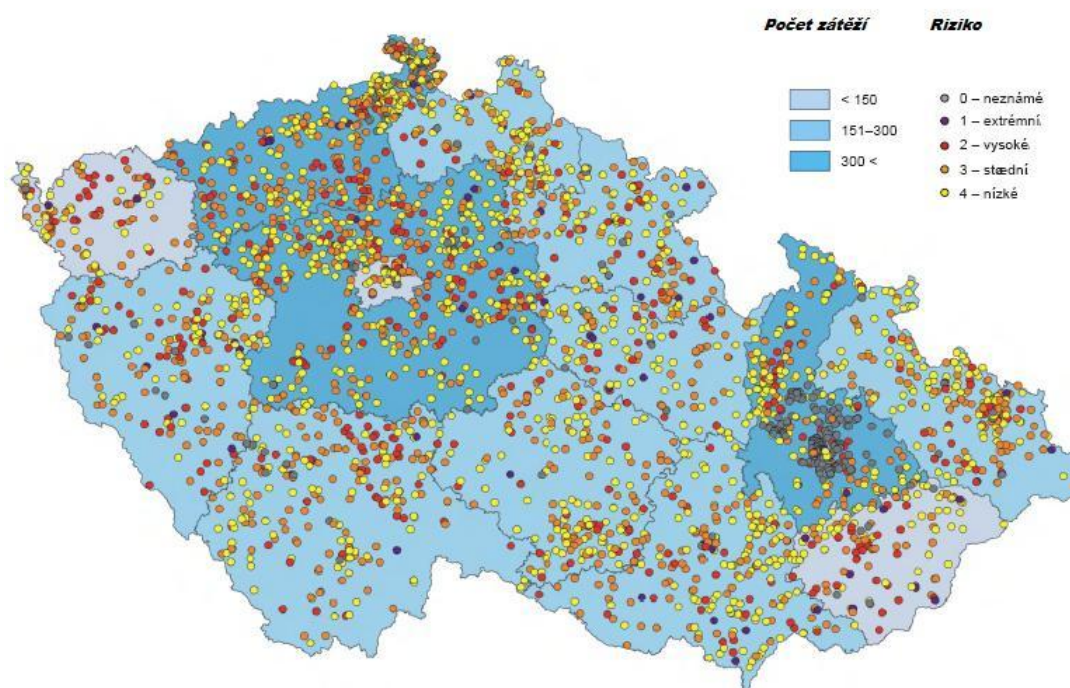
Graf č. 2: Náklady a zákonem stanovené poplatky za uložení nebezpečného odpadu při využití bioreaktorové skládky



Graf č. 3: Porovnání nákladů a zisků při použití biodegradace in situ, odstraněním na skládce NO v Čáslavi, vyčištění na dekontaminační ploše a na bioreaktorové skládce.



## Mapy:



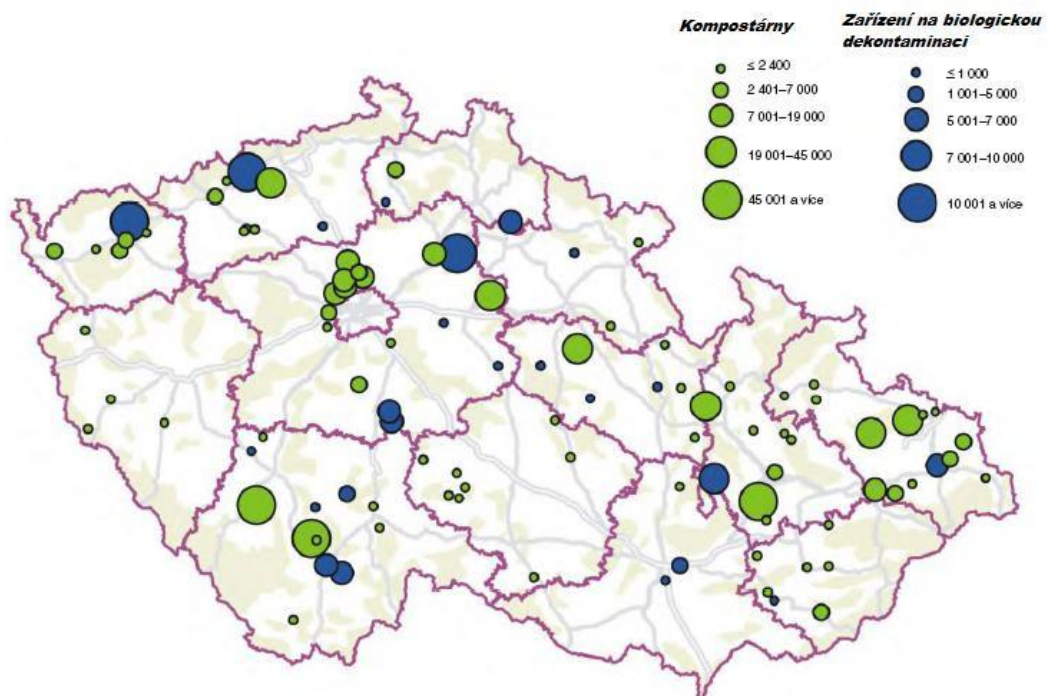
Mapa č. 1: Rozmístění starých ekologických zátěží na území ČR podle evidence MŽP v prvním pololetí roku 2008. Zdroj: CENIA, 2009 - upravila Machátová.



Mapa č. 2: Rozmístění skládek S-OO, S-NO a víceskupinových skládek na území ČR v roce 2007. Zdroj: CENIA, 2009 – upravila Machátová







Mapa č. 4: Rozmístění kompostáren a zařízení na biologickou dekontaminaci na území ČR v roce 2007. Zdroj: CENIA, 2009 – upravila Machátová