

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE**

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

2016

Bc. Kristina Špinková



Fakulta životního
prostředí

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE**

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra aplikované ekologie

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vliv skládek na vybrané složky životního prostředí

- městská skládka Jáchymov / Popovská hora

-- -- --

Effect of landfill on selected environmental components

- municipal landfill Jáchymov / Popovhill

Vedoucí práce: doc. RNDr. Miroslav Martiš, CSc.

Diplomant: Bc. Kristina Špínková

2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Kristina Špinková

Regionální environmentální správa

Název práce

Vliv skládek na vybrané složky životního prostředí – městská skládka Jáchymov/ Popovská hora

Název anglicky

Effect of landfill on selected environmental components – municipal landfill Jáchymov / Popovhill

Cíle práce

Analýza rekultivované skládky a její vliv na okolní prostředí

Metodika

Předmětem DP bude analýza rekultivované skládky v Jáchymově na Popovské hoře. V DP bude skládka zmapována od dob jejího vzniku do současnosti. Skládka byla rekultivována v roce 2000 díky finanční podpoře EU – program Phare CBC. Nachází se ve výšce 750 m/nm, přímo nad lázeňským areálem a ohrožovala zdroje léčivých pramenů. Skládka se nachází ve svahu a bylo nutné zajistit nejen proti úniku škodlivin, ale také proti sesuvům půdy a erozi. Ve spolupráci s městským úřadem Jáchymov i s místním kronikářem bude excerpována příslušná projektová dokumentace. Na místě budou odebrány vzorky vody a půdy a proveden jejich rozbor v akreditované laboratoři. Výsledky budou porovnány s výsledky dosavadního monitoringu.

Doporučený rozsah práce

60 stran

Klíčová slova

rekultivace ,skládky odpadů, Jáchymov ,Krušné hory

Doporučené zdroje informací

Kronika města Jáchymov
Stavební dokumentace
Výroční zpráva města Jáchymov
Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech

Předběžný termín obhajoby**Vedoucí práce**

doc. RNDr. Miroslav Martiš, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 10. 4. 2013

doc. RNDr. Miroslav Martiš, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 12. 2013

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 18. 04. 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. RNDr. Miroslava Martiše, CSc., a že jsem uvedla veškeré literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze, dne 18.4.2016

.....

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala panu docentovi RNDr. Miroslavu Martišovi, CSc. za odborné vedení a cenné připomínky při zpracování diplomové práce.

Dále děkuji za spolupráci Městskému úřadu v Jáchymově a za vytrvalou podporu mému synovi, rodičům a JUDr. Jaroslavu Stádníkovi.

V Praze, dne 18.4.2016

.....

Abstrakt:

Cílem diplomové práce je zhodnocení současného vlivu rekultivované skládky na vybrané složky životního prostředí, zejména na kvalitu povrchové vody v Jáchymovském potoce, do kterého je bezejmennou vodotečí odváděna průsaková voda ze skládky.

Tato práce vychází z osobního průzkumu dané lokality a z chemických analýz povrchové vody.

V práci je popsána poloha daného území, klimatické, hydrologické a geologické poměry, historie a průběh rekultivace skládky. Dále je zde uvedena stručná charakteristika vybraných chemických ukazatelů, které mohou znečišťovat povrchové vody.

Vzorky povrchové vody byly odebrány celkem třikrát ve dvouletých intervalech. Výsledky laboratorního šetření byly vyhodnoceny podle normy environmentální kvality, která je uvedena v zákoně o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod.

Provedeným výzkumem bylo zjištěno, že povrchová voda v Jáchymovském potoce ve většině ukazatelů splňuje stanovená kritéria. K překročení povolených hodnot došlo u fosforečnanů a u arsenu, což by mohlo být zapříčiněno výluhy a průsakovou vodou z rekultivované skládky.

Klíčová slova: skládky odpadů, technická rekultivace, biologická rekultivace, kvalita povrchové vody, Jáchymov

Abstract:

The aim of this thesis is the evaluation of the current impact of reclaimed landfill on selected elements of the environment, in particular on the quality of surface water in the Jachymov creek into which the liquid is drained out nameless leachate from landfills.

This work is based on the personal research of the location and of the chemical analyses of surface water.

This work describes the position of the given territory, climate, hydrological and geological conditions, the history and progress of the reclamation of landfills. Furthermore, there are the characteristics of selected chemical parameters, which may pollute surface water.

Surface water samples have been taken three times in two-year intervals. The results of the research were assessed in accordance with the environmental quality standards, which are listed in the Act on indicators and values of allowable pollution of surface water and waste treatment.

The research has shown that surface water in the Jachymov creek in most indicators meets the criteria laid down. The limit has been exceeded for phosphates and arsenic, which could be caused by extracts and leachate from landfill reclaimed.

Keywords: landfill of waste, technical reclamation, biological reclamation, the quality of surface water, Jáchymov

Obsah

1. Úvod.....	11
2. Cíle práce	12
3. Literární rešerše	12
3.1 Odpady.....	12
3.1.1 Odpad.....	12
3.1.2 Druhy odpadů.....	13
3.1.3 Katalog odpadů	14
3.1.4 Komunální odpad.....	16
3.1.5 Nakládání s odpady.....	17
3.2 Skládky odpadů.....	19
3.3 Asanace skládek.....	21
3.3.1 Způsoby asanace	21
3.3.2 Rekultivace skládek	22
3.4 Program Phare CBC.....	23
4. Charakteristika zájmového území	24
4.1 Poloha	24
4.2 Klimatické podmínky.....	25
4.3 Hydrologické poměry	26
4.4 Geologické poměry	28
4.5 Vegetační kryt.....	28
5. Historie skládky TKO	29
5.1 Vznik skládky	29
5.2 Uživatelé skládky.....	30
5.3 Druhy ukládaných odpadů	30
5.4 Ukončení provozu skládky.....	32
6. Rekultivace skládky TKO.....	32
6.1 Účel rekultivace	32
6.2 Realizační fáze	33
6.2.1 Technická rekultivace	33
6.2.2 Ochranné příkopy.....	35
6.2.3 Biologická rekultivace	35

7.3	Následná fáze	36
7.3.1	Odplynění.....	36
7.3.2	Monitoring	37
7.4	Financování stavby	37
8.	Vlastní průzkum.....	37
8.1	Metodika	37
8.2	Šetření in situ	38
8.3	Odběr vzorků	41
8.4	Charakteristika vybraných ukazatelů	42
8.4.1	Amonné ionty.....	42
8.4.2	Dusičnany a dusitany	42
8.4.3	Arzen.....	42
8.4.4	Železo.....	42
8.4.5	Celkový organický uhlík.....	42
8.4.6	Chemická spotřeba kyslíku	43
8.4.7	Fosfor	43
8.4.8	Reakce vody pH.....	43
8.4.9	Elektrická konduktivita	43
8.5	Výsledky analýzy	43
8.6	Diskuse.....	46
9.	Závěr	49
10.	Přehled literatury a použitých zdrojů	51
	Přílohy.....	55

1. Úvod

Ve své diplomové práci jsem se zabývala reálným zhodnocením stavu rekultivované skládky tuhého komunálního odpadu Jáchymov – Popov. Skládky, ležící v rozsáhlém a členitém lesním komplexu Krušných hor, dlouhodobě poškozovala zdejší životní prostředí. Výluhy ze skládky značně znehodnocovaly povrchové i podzemní vody a kontaminovaly horninové podloží, což ohrožovalo kvalitu lázeňských pramenů.

Ze sdělení starousedlíků jsem zjistila, že především v letních měsících docházelo k emisím škodlivin do ovzduší z častého prohořívání jednotlivých vrstev skládky a k uvolňování polétavých částí odpadů, které znečišťovaly okolní prostředí. Hustý, zapáchající dým z hoření skládky klesal do údolí a obtěžoval nejen obyvatelé města, ale také pacienty lázní.

Práce obsahuje podrobný popis charakteru lokality, jejích klimatických podmínek, zabývá se místními hydrologickými a geologickými poměry a postupným vznikem a druhovým složením vegetačního krytu. Je zde uvedena historie skládky od jejího živelného vzniku, přes snahu o řízené ukládání odpadu, její rekultivaci až do současnosti. Zmiňuji se rovněž o jejích hlavních uživatelích a druhovém složení nejčastěji ukládaných odpadů. Součástí práce je rovněž popis technické a biologické rekultivace, odvodnění a odplynění skládky i kapitola pojednávající o programu Phare, z kterého byla z velké části rekultivace skládky financována.

V období od 50. let minulého století se v lokalitě Popov nalézala divoká skládka, do které byly sváženy odpady z místních průmyslových závodů bez jakéhokoli třídění a zjišťování jejich nebezpečnosti.

O průběhu neřízených chemických reakcí a biologických procesů jsem uvažovala proto, že skládkované byly mimo jiné i organické odpady z masokombinátu, které se mísily s komunálními a dalšími odpady. Vzhledem k poloze skládky ve strmém svahu se dalo předpokládat, že kontaminované výluhy se mohou dostávat až do Jáchymovského potoka a proto jsem si pro svou práci stanovila následující hypotézy:

H1 - V Jáchymovském potoce jsou překročeny limity dusičnanů a dusitanů.

H2 - V Jáchymovském potoce se vyskytují těžké kovy.

H3 - Lokalita bývalé skládky je již částečně zalesněna a bude téměř splývat s okolím

Diplomová práce vychází z platné legislativy, která řeší moderní způsob rekultivací a řízeného uzavírání skládek TKO, z osobního průzkumu dané lokality, z chemického rozboru odebraných vzorků a z archivních materiálů města Jáchymov.

2. Cíle práce

Cílem diplomové práce bylo vypracovat rešerši na téma odpady, skládky odpadů a asanace skládek, provést průzkum terénu, odebrat vzorky vody a na základě zjištěných hodnot posoudit vliv rekultivované skládky na kvalitu povrchové vody v Jáchymovském potoce, posoudit zapojení lokality do okolní přírody a potvrdit či vyvrátit stanovené hypotézy.

3. Literární rešerše

3.1 Odpady

„Odpady jsou vedlejší produkt civilizace a jeho objem vzrůstá s tím, jak jsme civilizovanější“.

Martin Hobrland

3.1.1 Odpad

Odpad je produktem lidské společnosti, vzniká jako nedílná součást výrobních činností a spotřeby. Odpad je vše, čeho se chce původce nebo vlastník zbavit, nebo věc, kterou je nutné odstranit z důvodu ochrany životního prostředí či ochrany zdraví člověka (Braniš, 1999).

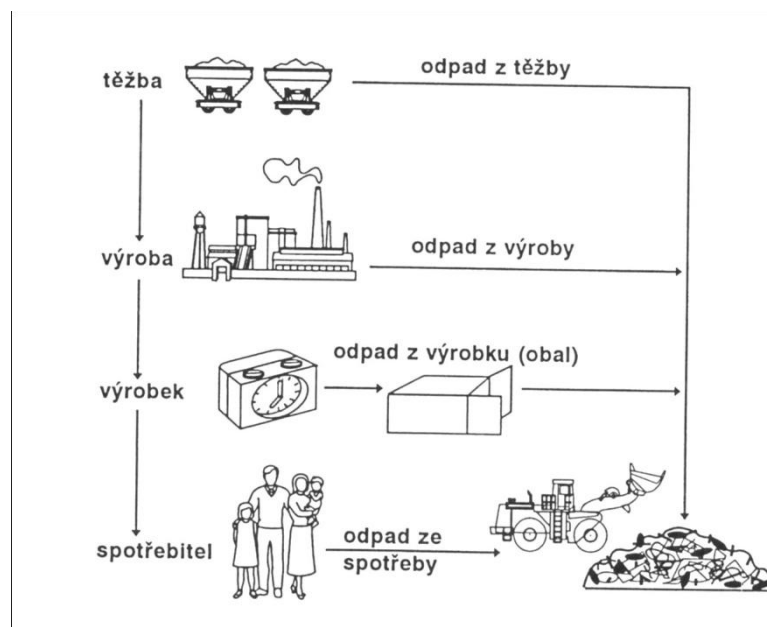
Problematika odpadů je v současné době v České republice upravena zákonem č. 185/2001 Sb., Zákon o odpadech. Pojem odpad definuje § 3, odst. 1: *„Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v Katalogu odpadů.“* (Zákon č. 185/2001 Sb., v platném znění).

První ucelený zákon o odpadech byl vydán dne 22. května 1991, do té doby byla problematika odpadů řešena v rámci různých právních předpisů.

Problematika ochrany čistoty vod byla řešena zákonem o vodách č. 138/1975 Sb., zákonem ČNR 130/1974 Sb., o státní správě ve vodním hospodářství a vyhláškou č. 16/1966 Sb., o náhradách za vypouštění nečištěných nebo nedostatečně čištěných odpadních vod.

Odpady vznikají při těžbě a zpracování surovin, při výrobě, z obalů, po skončení životnosti i při výrobě energie. Každá věc má svůj životní cyklus, který spočívá v získání, zpracování, využití a odstranění. Na obr. č. 1 je znázorněn tzv. metabolický proces odpadu.

Obrázek 1 - metabolický proces odpadu



Zdroj: *Základy ekologie a ochrany životního prostředí*, M. Braniš, 1999

3.1.2 Druhy odpadů

Odpady můžeme dělit podle nejrůznějších kategorií, např. podle:

- chemického složení
 - kyselé
 - zásadité
 - neutrální
 - organické
 - anorganické

- skupenství
 - plynné
 - kapalné
 - pevné
 - kaly

- původu
 - komunální

- průmyslové
- zemědělské
- nebezpečnosti
 - toxický
 - radioaktivní
 - hořlavý

Zákon o odpadech rozděluje odpady do dvou skupin podle jeho složení:

- ostatní odpad (OO)
- nebezpečný odpad (NO)

3.1.3 Katalog odpadů

Ministerstvo životního prostředí vydalo dne 17. října 2001 vyhlášku č. 381/2001, kterou se stanoví Katalog odpadů, podle kterého je každý původce či oprávněná osoba povinna odpad zařadit do příslušné kategorie. Odpady jsou v katalogu rozděleny do 20 základních skupin, které mají další podkategorie. V tabulce č. 1 jsou uvedeny základní skupiny odpadů.

Katalog odpadů

Tabulka 1 - Katalog odpadů, základní skupiny

01	Odpady z geologického průzkumu, těžby, úpravy a dalšího zpracování nerostů a kamene
02	Odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství a z výroby a zpracování potravin
03	Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy, papíru a lepenky
04	Odpady z kožedělného, kožesnického a textilního průmyslu
05	Odpady ze zpracování ropy, čištění zemního plynu a z pyrolytického zpracování uhlí
06	Odpady z anorganických chemických procesů
07	Odpady z organických chemických procesů
08	Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání nátěrových hmot, lepidel, těsnících materiálů a tiskařských barev
09	Odpady z fotografického průmyslu
10	Odpady z tepelných procesů
11	Odpady z chemických povrchových úprav, z povrchových úprav kovů a jiných materiálů a z hydrometalurgie neželezných kovů
12	Odpady z tváření a z fyzikální a mechanické úpravy povrchu kovů a plastů
13	Odpady olejů a odpady kapalných paliv (kromě jedlých olejů a odpadů uvedených ve skup. 05 a 12)

14	Odpady organických rozpouštědel, chladiv a hnacích médií (kromě odpadů uvedených ve skupině 07 a 08)
15	Odpadní obaly, absorpční činidla, čisticí tkaniny, filtrační materiály a ochranné oděvy jinak neurčené
16	Odpady v tomto katalogu jinak neurčené
17	Stavební a demoliční odpady
18	Odpady ze zdravotní nebo veterinární péče nebo z výzkumu
19	Odpady ze zařízení na zpracování odpadu, z čistíren odpadních vod, z výroby vody pro spotřebu lidí a vody pro průmyslové účely
20	Komunální odpady včetně složek z odděleného sběru

Příloha č. 1 k vyhlášce č. 381/2001 Sb.

Zdroj: www.zakonyprolidi.cz

Jestliže je u některého druhu odpadu zjištěna minimálně jedna z nebezpečných vlastností, které jsou uvedeny v příloze č. 2 zákona o odpadech (viz. tab. č. 2), nebo je odpad nebezpečnou látkou znečištěn či s ní smíšen, musí být tento odpad zařazen do kategorie nebezpečný odpad a podle toho s ním musí být dále nakládáno.

K hodnocení nebezpečných vlastností odpadů je Ministerstvem zdravotnictví pověřena právnická či fyzická osoba. Toto pověření se uděluje na dobu nejvýše pěti let.

Tabulka 2 - Nebezpečné vlastnosti odpadů

Kód	Nebezpečná vlastnost odpadu
H1	Výbušnost
H2	Oxidační schopnost
H3-A	Vysoká hořlavost
H3-B	Hořlavost
H4	Dráždivost
H5	Škodlivost zdraví
H6	Toxicita
H7	Karcinogenita
H8	Žíravost
H9	Infekčnost
H10	Teratogenita
H11	Mutagenita
H12	Schopnost uvolňovat vysoce toxické nebo toxické plyny ve styku s vodou, vzduchem nebo kyselinami
H13	Schopnost uvolňovat nebezpečné látky do životního prostředí při odstraňování
H14	Ekotoxicita

Zdroj: Zákon č. 185/2001 Sb., příloha č. 2

3.1.4 Komunální odpad

Komunálním odpadem se dle § 4 písm. b) zákona o odpadech rozumí veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání (zákon č. 185/2001 Sb., v platném znění).

Komunálního odpadu (dále jen KO) prošel v průběhu let velkou proměnou a jeho produkce neustále stoupá. Odpady se stávají globálním problémem a odpadovým hospodářstvím se zabývají odborníci i politici po celém světě. Růst produkce odpadů, emisí a znečišťování vod se výrazně podílí na zhoršování životního prostředí, což může mít za následek ohrožení zdraví lidí.

Největší změnou KO je jeho složení. Dříve většina lidí žila na vesnici, pracovali v zemědělství, využívali především obnovitelné zdroje a většinu zbytků dále upotřebili. Největší podíl KO tvořil popel (cca 75%).

V současné době žije většina lidí ve městech, a proto se také zvyšuje objem odpadu. Přibývá množství obalového odpadu, nespalitelných složek (kovy, sklo) a také závažně stoupá nebezpečný podíl odpadů v KO (Filip et al., 2003). Produkce komunálního odpadu je v současnosti cca 1,2 kg na osobu a den, což představuje 1,3 miliardy tun ročně. Odhaduje se, že do roku 2025 se produkce TKO zvýší asi na 1,42 kg na obyvatele za den, což je neuvěřitelných 2,2 miliardy tun odpadů ročně.

V katalogu odpadů patří komunální odpad do skupiny č. 20 a zahrnuje smetky, popel, odpady z domácností a podobné živnostenské a průmyslové odpady a odpady z úřadů.

Komunální odpad můžeme rozdělit do několika kategorií:

a) Tuhý komunální odpad (TKO)

TKO je odpad, který si za normálních atmosférických podmínek zachovává svůj tvar a objem.

b) Domovní odpad (DO)

Domovním odpadem se rozumí běžný odpad z domácností, tvořený především zbytky z kuchyně, obalovým materiálem a odpadem spojeným s úklidem. DO vzniká na území obcí a zaujímá největší podíl komunálního odpadu.

c) Živnostenský odpad

Živnostenský odpad je také nazýván odpad podobný domovnímu odpadu. Původci tohoto odpadu jsou právnické nebo fyzické osoby v nebytových prostorech, úřady, školy. Je produkován zaměstnanci i podnikateli, vzniká ve službách, obchodu i průmyslu.

d) Biologicky rozložitelný KO

Biologicky rozložitelný odpad tvoří odpady, které jsou anaerobně nebo aerobně rozložitelné. Patří sem odpad z údržby zeleně, parků, sadů, hřišť, hřbitovů, dále odpady z papíru, dřeva, přírodních textilií či potraviny.

e) Objemný odpad

Objemný KO je také domovním odpadem, ale kvůli objemu či hmotnosti ho nelze vkládat do běžných sběrných nádob, např. koberce, objemné obaly, sanitární keramika.

f) Směsný KO

Směsný KO je zbytkovým odpadem, který zůstává po oddělení dále využitelných složek, bioodpadů a nebezpečných složek. Směsný KO se nezařazuje do kategorie nebezpečný odpad a není povinnost s ním nakládat jako s nebezpečným.

3.1.5 Nakládání s odpady

Otázku „Co s odpady?“ bylo nezbytně třeba řešit s růstem populace. Lidé začali mít nové požadavky na výrobky a na jejich množství. Také stoupaly nároky na produkci nerostných surovin, jejich zpracování i následné využití. Při vytváření větších měst a obcí se odpady začaly rychle shromažďovat a bylo nutné hledat nějaké východisko. Avšak i ve 21. století je problematika nakládání s odpady obrovský problém, kterému musí lidstvo čelit. (Adhikari et al., 2000).

Odpadové hospodářství má na našem území relativně dlouhou historii. Už roku 1870 byly zdravotním komitétem fysiokratické společnosti magistrátu hlavního města Prahy vypracovány návrhy na lepší využití výkalů a jiných odpadků. Počátkem 20. století konstatuje pražský městský inženýr Eduard Zika, že „*zužitkování smetků děje se způsobem hospodářským, smetky odvázejí se buď na*

smetiště, kde se prodávají anebo na nádraží a rozvázejí se na venek, poptávka je však malá, cena klesá a smetky se hromadí na smetištích, což může vésti ke kalamitě. Je tedy nutno uvažovati o různých způsobech využití smetků a tu jest u nás výhodné buď třídění nebo spalování ...“ (Benešová, 2011).

V roce 1923 odváželo odpadky z Prahy 168 vozů taženými koňmi. Pevné odpady byly sváženy na 21 smetišť, která se ale nacházela v těsné blízkosti obytných domů. Pro rostoucí averzi obyvatel Praha větší smetiště postupně zrušila. Pro splašky se začaly stavět kanalizace.

První spalovna odpadů na území Rakouska – Uherska byla postavena roku 1905 v Brně. Při plném provozu spalovala téměř 28 tun odpadu za den. Už v této době bylo spalováním odpadů využito k výrobě elektrické energie. Tato spalovna sloužila ke svému účelu až do roku 1941, kdy byla i se sousední plynárnou a elektrárnou vybombardována.

V Praze se o výstavbě spalovny uvažovalo 20 let, ale teprve po epidemii úplavice v roce 1929 byla zahájena stavba spalovny a třídírny odpadů v Praze – Vršovicích. Zkušební provoz byl zpuštěn koncem roku 1933 a již o tři roky později zde bylo spáleno 96 000 tun odpadů ročně. Činnost vršovické spalovny byla ukončena roku 1997 a v roce 2003 musela budova ustoupit nové bytové výstavbě.

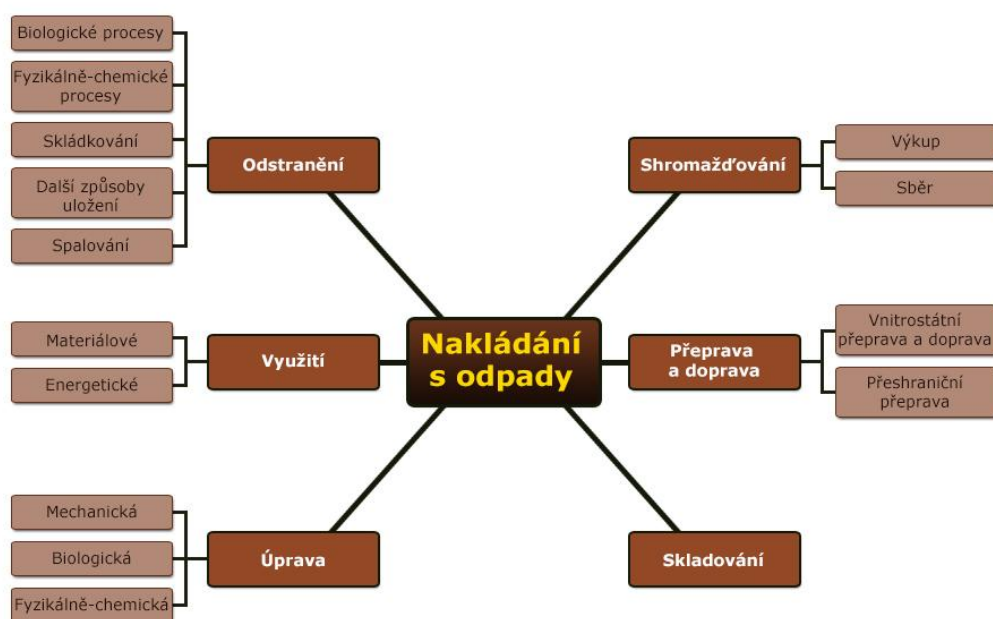
Po roce 1948 byla v tehdejším Československu postupně vybudována hustá síť provozoven Sběrných surovin. V polovině 80. let minulého století připadala jedna provozovna na 6000 obyvatel. Tyto sběrné dvory velmi efektivně zajišťovaly jak sběr, tak i využití druhotných surovin (Benešová, 2011).

Proces nakládání s odpady zahrnuje všechny činnosti, které s odpady souvisí, shromažďování, svoz a přepravu odpadů, úpravy a recyklaci odpadů, skladování a odstraňování odpadů. (viz obr. č. 2)

Zákon o odpadech stanovuje hierarchii způsobů nakládání s odpady, která musí být dodržována:

- 1) předcházení vzniku odpadů,
- 2) příprava k opětovnému použití,
- 3) recyklace odpadů,
- 4) jiné využití odpadů, například energetické využití,
- 5) odstranění odpadů.

Obrázek 2 - Schéma nakládání s odpady



Zdroj: <http://www.vitejtenazemi.cz/cenia>

3.2 Sklárky odpadů

Definice pojmu „sklárka“ je uvedena v § 4 písm. i), „Sklárkou je zařízení zřízené v souladu se zvláštním právním předpisem a provozované ve třech na sebe bezprostředně navazujících fázích provozu, včetně zařízení provozovaného původcem odpadů za účelem odstraňování vlastních odpadů a zařízení určeného pro skladování odpadů.“ (Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech, v platném znění).

Skládování je nejstarší a nejznámější způsob odstranění odpadu. Sklárky, dříve nazývané smetiště, vznikaly nekontrolovatelně v blízkosti měst a obcí. Z těchto živelných skládek často unikaly škodliviny, které poškozovaly životní prostředí.

V důsledku prosakování srážkové vody nezajištěnými sklárkami dochází ke kontaminaci horninového podloží, podzemních i povrchových vod (Kostakeva, Padenkova-Yaneva, 2008). Výluh je definován jako kapalina, která prochází sklárkou a extrahuje rozpuštěné a suspendované látky. Výluhy ze skládek obsahují velké množství organických a anorganických kontaminantů, vyznačují se vysokými hodnotami CHSK, ph, amoniakálního dusíku a většinou silně zapáchají (Raghab et al., 2013). Také mohou obsahovat různé sloučeniny toxických kovů (např. Hg, Pb, Zn, Cd, As, Cu), toxické organické látky, které vznikají při zpracování uhlí, ropy, při

výrobě barev a laků, nebo mohou být kontaminovány radioaktivními látkami z těžby a zpracování uranu (Braniš, 1999). Takto znečištěná voda má negativní účinky na faunu i flóru a může ohrozit i zdraví lidí.

Dalším velkým nebezpečím pro životní prostředí z nezabezpečených skládek je vznik požárů, emise mikroorganismů a únik skládkového plynu, který obsahuje vysoký podíl metanu, což přispívá ke vzniku skleníkového efektu (Zach et al., 2001).

V současné době již není možné zakládat živelné skládky, ale skládkování je stále nejvyužívanější formou odstraňování komunálního odpadu v celé evropské unii (Bulc et al., 2004).

Technické požadavky na dnešní řízené skládky jsou však velmi přísné a musí odpovídat mnoha technickým normám, které jsou v České republice stanoveny ve vyhlášce 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu, např. ČNS 83 8034 - těsnění skládek, ČNS 83 8033 - nakládání s průsakovými vodami ze skládek, ČNS 83 8035 -uzavírání a rekultivace skládek. Technické požadavky se liší podle druhů ukládaných odpadů.

Výhodou skládkování je jednoduchost ukládání odpadů, nevýhodou může být ztráta opětovně využitelných surovin, úlet materiálů (např. papír, lehké plasty) či zápach v okolí.

Skládky odpadů lze dělit podle různých hledisek (Filip *et al.* 2003):

- podle způsobu uložení odpadů
 - skládka jednodruhová
 - skládka vícedruhová
 - skládka sdružená

- podle úrovně terénu
 - podúrovňové
 - nadúrovňové
 - podzemní
 - svahové
 - násypové
 - kombinované

- podle ochrany před srážkami
 - otevřené
 - zastřešené

- podle zabezpečení
 - nezabezpečené (divoké, černé)
 - zabezpečené (řízené)

- podle třídy vyluhovatelnosti odpadů

Vyluhovatelnost odpadů znamená zjišťování koncentrací vybraných chemických látek ve vodném výluhu, který je připraven z analytického vzorku odpadu. Podle množství škodlivin, které se uvolní, jsou stanoveny čtyři třídy vyluhovatelnosti (I., IIa, IIb, III.). Nejvyšší přípustné hodnoty koncentrací těchto škodlivých látek představují limitní hodnoty pro jednotlivé výluhové třídy. Mezi základní ukazatele patří např. těžké kovy (As, Cd, Pb, Hg), organický uhlík, sírany, chloridy, pH.

Třída vyluhovatelnosti odpadů a následné parametry technického zabezpečení a provozování skládky se posuzují podle vyhlášky č. 383/2001 Sb. Dle stupně technického zabezpečení rozlišujeme:

- S - IO – inertní odpad (musí splňovat limity II. třídy)
- S - OO – ostatní odpad (musí splňovat limity III. třídy)
- S - NO – nebezpečný odpad (překračují limity III. třídy)

3.3 Asanace skládek

Asanace skládek je soubor opatření, které vedou ke zlepšení životního prostředí. Jedná se o odstraňování znečištění a zneškodňování škodlivin ze starých ekologických zátěží.

3.3.1 Způsoby asanace

Vhledem k tomu, že nezabezpečené skládky zamořují životní prostředí, je takové staré ekologické zátěže důležité sanovat. Před samotným zahájením sanace musí být nejdříve zvolena nejvhodnější metoda. Důležitými parametry výběru jsou celkové náklady, dostupnost technologických zařízení, efektivnost, čas na dokončení či dopad na okolní krajinu (Dahn, Reyes, 1992).

Asanaci lze realizovat třemi různými způsoby:

- a) Vytěžit a odklidit uložené odpady
- b) Převést skládku na řízený provoz
- c) Rekultivovat skládku

3.3.2 Rekultivace skládek

Nejdůležitějším aspektem při rekultivaci je zabránit průsaku vody skládkou. K dosažení tohoto cíle jsou důležité následující komponenty. Spodní syntetická pružná membrána, drenážní potrubí a kryt, složený z několika vrstev jílu, který je překryt velmi propustnou vrstvou písčité půdy a vrstvou ornice. Každá z těchto složek je rozhodující pro celkový efekt (Montague, 1989; Ghose, 2001).

Předpokladem pro minimální infiltraci je také vysázení optimální vegetace, která má co nejmenší hustotu kořenového systému, což ale může být v rozporu s požadavky na stabilitu terénu (Bieberstein et al., 2003). Vhodná vegetace také může podstatně ovlivnit koncentrace skládkového plynu a snížit teploty půdy v kořenové zóně (Bachmann, Von Felde, 1998).

Americká agentura EPA (Environmental Protection Agency) provedla řadu studií s cílem zjistit, proč všechny skládky začnou nakonec prosakovat. K úniku může docházet z různých důvodů, např. se mohou ucpat systémy sběru průsakové vody nebo se může dojít k porušení kompozitní fólie praskáním či vadnými švy. Pokládka fólie se provádí svařením dlouhých pásů. Studie EPA prokázala, že na každém akru plochy lze očekávat jeden až dva vadné švy. Matematickou analýzou bylo spočítáno, že ze skládky o velikosti 10 akrů bude únik mezi 0,2 až 10 litry za den, což je 73 - 3650 litrů znečištěné tekutiny za rok (Lee et al., 1992).

Rekultivace skládek sestává ze tří fází a zahrnuje soubor technických a biotechnických opatření:

a) Fáze přípravná

- Průzkum lokality
- Sběr a analýza dat
- Stanovení rizika
- Výběr nejlepší metody asanace

- Vypracování projektové dokumentace
- Zajištění stavebního povolení

b) Fáze realizační

Technická rekultivace:

- Hrubé terénní úpravy
- Pokládka izolačních vrstev
- Položení drenážních systémů
- Položení rekultivačních vrstev
- Vybudování ochranných příkopů

Biologická rekultivace

- Zatravnění
- Výsadba keřů
- Ochrana proti buření a škůdcům
- Následná péče

c) Fáze následná

- Monitoring
- Péče o rekultivovanou skládku

Rekultivace skládek odpadů jsou stálou výzvou pro projektanty. Monitorování pomocí vegetační ekologie napomáhá k vytvoření vhodné strategie používané při rekultivaci (Tintner, Klug, 2008).

Průzkumem biologické aktivity na rekultivovaných skládkách bylo prokázáno, že při použití efektivní metody rekultivace lze vytvořit nové, zcela fungující ekosystémy (Stuczynski T. et al. 2007).

3.4 Program Phare CBC

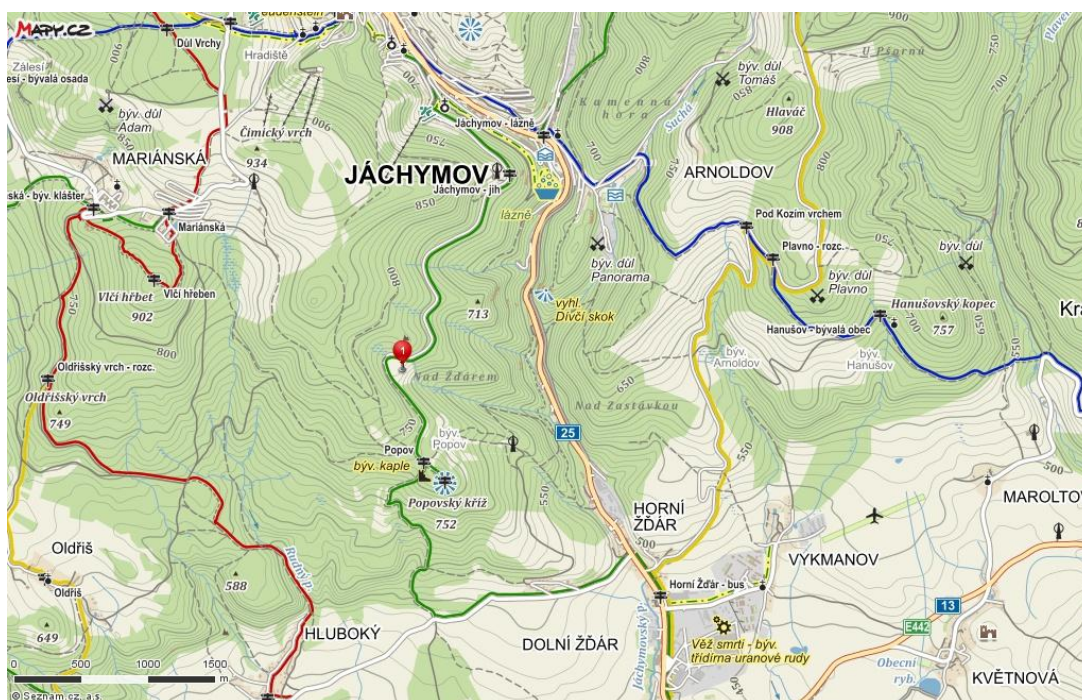
Programy Phare CBC (Cross-Border Co-operation) byly zahájeny v roce 1994, s cílem finančně podporovat projekty zaměřené na pomoc příhraničním oblastem, tzv. Euroregionů. Měly celkově oživit hospodářství i živnosti na obou stranách hranice, zvýšit životní úroveň obyvatel, pomoci s nedostatečnou infrastrukturou a v neposlední řadě zlepšit životní prostředí.

4. Charakteristika zájmového území

4.1 Poloha

Oblast bývalé skládky Popov se rozprostírá uprostřed zalesněných svahů Krušných hor v nadmořské výšce 697 – 750 m. n. m., asi 2 km JJZ od města Jáchymov (viz. obr. č. 3).

Obrázek 3 - Mapa zájmového území



Zdroj: mapy.cz

Zájmové území o výměře 42066 m² leží na parcele č. 530/3, pro obec Jáchymov, katastrální území č. 656470 Popov u Jáchymova, okres Karlovy Vary. V katastru nemovitostí je tento pozemek veden jako ostatní plocha a vlastníkem je město Jáchymov, č. LV 1.

V horní části pozemkové parcely se nachází bývalá provozní budova a nádvoří o výměře 209 m², parcelní číslo. st. 20, pro obec Jáchymov, k. ú. Popov u Jáchymova (viz. obr. č. 4).

Obrázek 4 - Katastrální území č. 530/3



Zdroj: katastr nemovitostí

Dnes již zrekultivovaná skládka odpadů, která zasypala celé údolí pod Popovskou horou, vznikla poblíž bývalé obce Popov směrem k Jáchymovu. Obec Popov (původní název Pfaffengrün) patřila od 13. století ke klášteru premonstrátů v Teplicích. Obec byla rozdělena na dvě části, mezi kterými bylo výškové převýšení téměř 200 metrů. Tzv. Dolní a Horní Popov se rozkládal podél stezky vzhůru k Popovské hoře (Mikšíček, 2005).

Z původní vesnice, zaniklé v 50. letech 20. století, se do současnosti zachovaly jen ruiny staveb, viditelné terénní úpravy a několik stromů, které jsou dnes památkově chráněné.

4.2 Klimatické podmínky

Podnebí v této oblasti je ovlivňováno vyšší nadmořskou výškou. Poměrně krátké léto je střídáno o to delší, vlhkou zimou s vydatnými srážkami, sníh zde padá a posléze leží i více než 100 dní v roce. Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi (s_k) dosahuje 3,72 kPa.

Rychlé změny počasí jsou způsobeny převládajícími západními větry. Průměrné roční teploty se pohybují pouze mezi 6 – 7 °C, zato relativně pravidelný roční úhrn srážek činí až 980 mm. Počet jasných dnů bývá v rozmezí 40 – 50, počet zamračených dnů mezi 150 – 170.

4.3 Hydrologické poměry

Sledovaná oblast je odvodňována poměrně vydatnou bezejmennou vodotečí, která pramení v údolnici pod patou tělesa skládky v nadmořské výšce okolo 700 m/m. Povodí této vodoteče má rozlohu přibližně jen 0,03 km². Celkový specifický odtok z tohoto relativně malého povodí dosahuje 15 – 16 l . s⁻¹ . km⁻², z toho výron podzemních vod činí asi 2,5 – 3 l . s⁻¹ . km⁻².

Zhruba po 1200 metrech se v nadmořské výšce 505 m/m tato vodoteč vlévá do Jáchymovského potoka, což je vodní tok 4. řádu o délce 11,04 km s plochou povodí o rozloze 32,58 km². Potok dále ústí do říčky Bystřice, která je levostranným přítokem řeky Ohře.

V níže uvedené tabulce č. 3 je uveden přehled rozvodnic 1.- 4. řádu zájmového území, plocha příslušného povodí a číslo jeho hydrologického pořadí.

Tabulka 3 - Rozvodnice 1.-4. řádu

Č. hydrologického pořadí	Název	Plocha povodí (v km ²)
1	povodí Labe	52 894,40
1-13	Ohře a Labe od Ohře po Bílinu	5 859,81
1-13-02	Teplá a Ohře od Teplé po Libocký potok	1 147,03
1-13-02-070	Jáchymovský potok	32,58

zdroj: hydro.chmi.cz

Hladina podzemní vody se v této oblasti vyskytuje přibližně 4 – 5 m pod povrchem. Část podzemních vod odvádí bývalá důlní štola, která vede v hloubce 80 – 100 m pod úrovní terénu, taktéž do Jáchymovského potoka.

V terénu krajiny nad skládkou se rozprostírá několik drobných mokřadů, voda z nich se vsakuje do horninového podloží.

Kvalitu podzemních i povrchových vod významně ovlivňoval průsak srážkových vod skládkou, který činí přibližně 9 500 m³ za rok.

V přímém okolí skládky nejsou žádné využívané vodní zdroje. V širším okolí byly při hydrologických vrtech naraženy aktivní radioaktivní termy. Jedná se o

hydrouhlíčitanové sodnoradonové vody s teplotou 6 – 30 °C a obsahem CO₂ – oxid uhličitý, N₂ – dusík a H₂S - sirovodík.

Zákonem č. 164/2001 Sb. o přírodních zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázních a lázeňských místech byla tato lokalita zařazena do ochranného pásma II. stupně přírodních účinných zdrojů minerálních pramenů lázeňského města Jáchymov.

Dále toto území spadá do chráněné oblasti akumulace povrchových vod – CHOPAV Krušné Hory.

Kvalita podzemních i povrchových vod byla značně ovlivněna výluhy ze skládky, což prokazovala vysoká koncentrace železa, vysoké hodnoty celkové mineralizace a elektrické konduktivity. Vody byly kontaminovány především amonnými ionty, chloridy, sírany, dusičnany a dusitany. V tabulce č. 4 jsou uvedeny naměřené hodnoty vybraných ukazatelů podzemní vody v kontrolních vrtech před rekultivací (4/2000) a po realizaci projektu (4/2001).

Tabulka 4 - Výsledky chemických rozborů podzemních vod

Ukazatel	Jednotka	4/2000	4/2001
amonné ionty	mg/l	8,56	0,23
chloridy	mg/l	190,0	4,3
dusičnany	mg/l	61,0	28,0
dusitany	mg/l	0,496	< 0,001
TOC – celkový uhlík	mg/l	13,6	< 2,5
železo	mg/l	0,11	< 0,08
sírany	mg/l	283,8	35,4
el. konduktivita	mS/l	183,0	14,9
pH		6,82	4,96

zdroj: MěÚ Jáchymov

Z výše uvedené tabulky je jasně patrné, že po rekultivaci skládky se výrazně snížila kontaminace podzemních vod ve všech ukazatelích. K extrémnímu poklesu hodnot došlo u chloridů, síranů či amonných iontů. Také došlo k velkému snížení elektrické vodivosti a pH.

4.4 Geologické poměry

Podloží zájmového území je tvořeno převážně muskovitickými či dvojslídnyými metamorfovanými svory, kterými pronikají žilné žulové horniny o mocnosti 10 – 20 metrů. V jihozápadní části lokality vede markantní tektonická linie a nacházejí se zde také výlevy tercierních čedičových vulkanitů.

Zvětralinová kůra o mocnosti 5 – 6 m je složena z písčito-jílovitých hlín a zahliněných štěrků, propustný pokryv je tvořen kamenito-hlinitými sutěmi a drnovou hlínou.

Pod sledovanou oblast vede od Jáchymova stará důlní štola šachty C.

4.5 Vegetační kryt

Zájmová oblast přísluší do ekoregionu Krušných hor. Původní charakteristická vegetace Krušných hor se v minulém století výrazně změnila. Rozsáhlé pralesovité porosty, v převážně složené ze smíšených lesů, byly většinou vykáceny během intenzivní těžby a následného zpracovávání rud a posléze nahrazeny smrkovými monokulturami, které byly koncem 20. století těžce poškozeny průmyslovými kyselými srážkami a souvisejícím následným přemnožením hmyzích škůdců, jakož i zimními vichřicemi se silnou námrazou. To vedlo k postupnému odlesnění velké části postiženého území. Vzniklé holiny jsou v poslední době systematicky zalesňovány dřevinami, které lépe snášejí místní klimatické podmínky.

Plocha lesů zaujímá v Krušných horách zhruba 75% území. Původní smíšené bikové bučiny byly postupně přeměněny na smrkové monokultury. Jen kolem příjezdové cesty k zájmovému území jsou viditelné pozůstatky tehdejších smíšených lesů. Z listnatých dřevin zde dnes najdeme např. javor klen (*Acer pseudoplatanus*), buk lesní (*Fagus sylvatica*), topol osiku (*Populus tremula*), břízu bělokorou (*Betula pendula*), jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*), olši lepkavou (*Alnus glutinosa*), modřín opadavý (*Larix decidua*) či jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*). Jehličnany zastupuje borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a smrk ztepilý (*Picea abies*).

V údolí pod skládkou se vyskytují významné exempláře klenů a jasanů. Na místě zaniklé obce Popov stojí dvě památné lípy. Horní lípa malolistá (*Tilia cordata*) je stará přibližně 500 let, dosahuje výšky 27 m a obvod kmene má 905 cm. Stáří dolní

popovské lípy velkolisté (*Tilia platyphylla*) o výšce 28 m a obvodem kmene 900 cm, se odhaduje na téměř 600 let. Dnes je tato lípa puclá. Obě lípy jsou od roku 1985 památkově chráněny. Dále zde roste asi 200 roků starý jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), který je s výškou 35 m, obvodem kmene 862 m a korunou rozloženou do šířky cca 24 m jedním největších na území České republiky. Popovský jasan byl v roce 2000 vyhlášen jako strom roku (David, Soukup, 2010).

Bylinný podrost byl značně ovlivněn skládkou, proto zde převažují ruderalní a nitrofilní druhy, jako např. podběl lékařský (*Tussilago farfara*), kakost smrdutý (*Geranium robertianum*), ostružiník maliník (*Rubus idaeus*) či starček (*Senecio*).

V současné době jsou okolní lesy ve vlastnictví města Jáchymov a plní nejen funkci produkční, ale také mimoprodukční, zejména vodohospodářskou a rekreační.

5. Historie skládky TKO

5.1 Vznik skládky

Počátky neregulovaného ukládání odpadů do hlubokého erozního údolí na Popově se datují již od poloviny 50. let minulého století. Až do roku 1965, kdy skládku začaly provozovat Technické služby města Jáchymov, sem byl odpad ukládán zcela živelně.

K úplné legalizaci skládky došlo roku 1983, kdy se jí ujal Národní výbor v Jáchymově, se snahou o zavedení částečného řízeného skládkování. Při té příležitosti byla upravena a zpevněna původní stará silnice, která vedla do bývalé obce Popov, a na okraji deponie byla vystavěna provozní budova. Vzhledem k dobré dostupnosti postupně docházelo k intenzivnějšímu využívání skládky mnoha průmyslovými podniky. Skládky v průběhu let vytvořila 2 etáže s velkými čelními svahy (1:3 – 1:4). Nejdříve vznikla horní etáž a po jejím nasypání byla o 20 – 25 m níže založena etáž druhá.

Skládka však nespĺňovala základní požadavky nových předpisů, nebyla například zabezpečena vodohospodářským těsněním, takže docházelo k pravidelnému úniku kontaminovaných vod a jejich následnému průsaku do vod podzemních i povrchových a do horninového podloží. Nevyhovující bylo také technologie zakládání dalších vrstev i jejich krytí.

5.2 Uživatelé skládky

Popovskou skládku využívalo k uskladnění tuhých komunálních odpadů dvanáct přilehlých obcí i se svozovými oblastmi, s počtem obyvatel převyšujícím 27 tisíc osob. Dále sem byl odvážen odpad z mnoha různých podniků, sídlících v blízkém i vzdálenějším okolí.

Hlavními uživateli skládky byly:

- Technické služby Jáchymov
- Technické služby Ostrov
- Technické služby Pernink
- Technické služby Abertamy
- Státní léčebné lázně Jáchymov
- Doly Jáchymov
- Tesla Praha Karlín, provozovna Jáchymov
- fa Spoldeka Jáchymov - broušení a leštění kovových odlitků
- fa Media Mera Jáchymov - výroba plastových van
- Škoda Ostrov
- Subterra Ostrov
- Papírny Ostrov
- Tesla Ostrov
- Sbor nápravné výchovy Ostrov
- Masokombinát Hroznětín
- Zelenina Karlovy Vary

5.3 Druhy ukládaných odpadů

Jak je již uvedeno výše, na skládku nebyl ukládán jen odpad komunální, ale také nejrůznější odpad z firem a podniků, zabývajících se různorodou činností, což podstatně ovlivňovalo jeho skladbu. Vzhledem k tomu, že v době fungování skládky, zejména v jejích prvopočátcích nebylo třeba zjišťovat skladbu ani nebezpečné vlastnosti ukládaných odpadů, bylo do hlubokého údolí „vyhozeno“ prakticky vše. Např. různé barvy, pneumatiky, zdravotnický materiál z lázní, odpady z uranových dolů, atd.

V tabulce č. 5 jsou uvedeny druhy ukládaných odpadů na danou skládku s jejich katalogovými čísly tak, jak bychom je zařadili dnes.

Tabulka 5 - Seznam odpadů ukládaných na Popovskou skládku

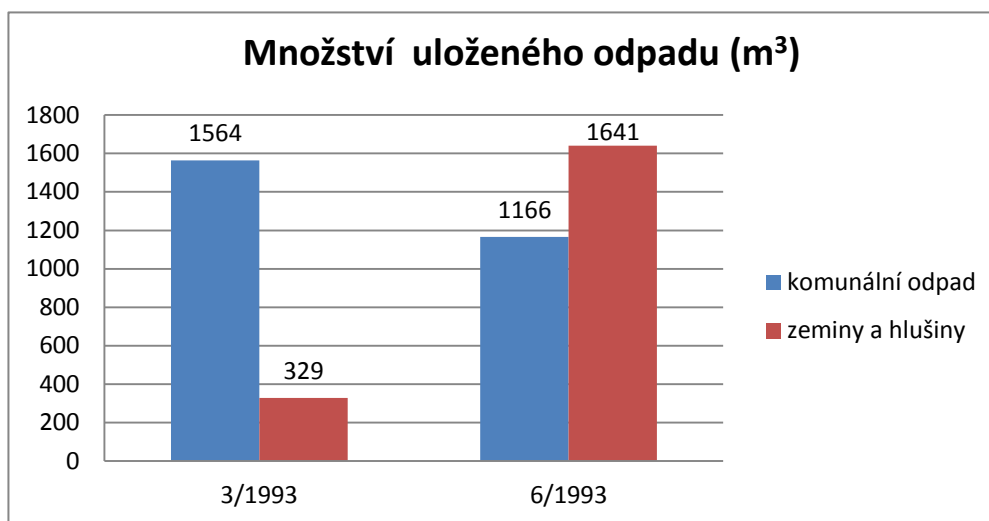
Katalog. č.	Skupiny katalogu odpadů
02	Odpady ze zemědělství zahradnictví, rybářství, lesnictví, myslivosti a z výroby a zpracování potravin
02 01	Odpady z lesnictví
02 02	Odpady z výroby a zpracování masa
02 03	Odpady z výroby a ze zpracování ovoce a zeleniny
03	Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy papíru a lepenky
03 03	Odpady z výroby a zpracování celulózy, papíru a lepenky
04	Odpady z kožedělného, kožešnického a textilního průmyslu
04 02	Odpady z textilního průmyslu
10	Odpady z tepelných procesů
10 01	Škvára, struska a kotelní prach
10 11	Odpady z výroby skla a skleněných výrobků
15	Odpadní obaly
15 01	Obaly
16	Odpady jinak neurčené
16 01	Pneumatiky, odpad pryže, železný šrot
17	Stavební a demoliční odpady
17 01	Beton, cihly, tašky a keramika
17 02	Dřevo, sklo
17 03	Asfaltové směsi
17 05	Zemina, hlušina, kamení
20	Komunální odpady
20 02	Odpady ze zahrad a parků
20 03	Ostatní komunální odpady

zdroj: katalog odpadů

Množství jednotlivých druhů odpadů bylo rovněž ovlivňováno zimní topnou sezonou, která v této nadmořské výšce trvá průměrně 9 měsíců. To přinášelo velký nárůst popela ze spalování uhlí a koksů. Oproti tomu v teplejším období výrazně

převládalo skládkování zemin a hlušin, převážně z výkopových prací. Na grafu č. je znázorněn rozdíl v objemu ukládaného odpadu v březnu a červnu roku 1993.

Obrázek 5 - Množství uloženého odpadu 1993



zdroj: MěÚ Jáchymov

5.4 Ukončení provozu skládky

Provoz skládky byl z důvodu jejího zaplnění ukončen v roce 1996. Odpady byly do Popovského údolí nesystematicky a později snad už i částečně řízeně ukládány více než 40 let, plocha skládky dosáhla rozlohy kolem 3,6 ha a celková využívaná kapacita čítala 200 000 m³. Skládka ovšem nebyla nijakým způsobem zabezpečena či uzavřena a tak i nadále poškozovala okolní životní prostředí.

6. Rekultivace skládky TKO

6.1 Účel rekultivace

Základním úkolem tvorby nové krajiny prostřednictvím rekultivací terénu, poznamenaného těžbou, stavebními činnostmi či skládkováním, bylo navrácení pokud možno původní krajinné tvárnosti obnovením zemědělských pozemků a kultur, lesů, vodních ploch a toků a jejich uvedení zpět do produktivního sociálně-ekonomického využívání. Snahou bylo při tom zároveň zachovat pestrou a obyvatelnou krajinu pro další generace. V první fázi projektu se tudíž provedla

technická rekultivace, jejímž cílem bylo vymodelování nového reliéfu krajiny, odpovídajícímu širokému okolí.

Vzhledem k tomu, že skládka měla negativní vliv na životní prostředí, docházelo ke kontaminaci povrchových i podzemních vod, ke zvyšování koncentrace toxických látek v podloží, k unikání škodlivin do ovzduší z častého samovznícení části odpadů i k úniku větších obřích předmětů či polétavého odpadu mimo vyhrazený prostor skládky, bylo v roce 2000 rozhodnuto o rekultivaci a asanaci této lokality.

Sanační práce zahrnovaly izolaci skládky, zabezpečení odvodu plynů, přesun zemin, ukládání, rozprostírání, hutnění a navezení skrývkové ornice. Důraz se kladl především na to, aby nový terén nebyl monotónní a přiblížil se co nejvíce původnímu přirozenému prostředí. V druhé fázi se prováděla biologická rekultivace, která měla za úkol nové území oživit a vhodně ho včlenit do okolní krajiny.

Cílem rekultivace tedy bylo:

- zabránit vymývání a splachům z povrchu skládky
- zabránit vniku dešťové vody do tělesa skládky a následnému vyluhování
- zabránit možnému sesuvu půdy
- zabránit únosu větrem a sprašování
- zabránit šíření pachů
- zabránit samovolného vznícení uloženého odpadu a plynů
- zabránit přenosu infekcí hmyzem, ptáky, hlodavci
- zabránit přístupu osob k uloženému odpadu
- zlepšit vzhled a začlenit poškozené území zpět do přírody

6.2 Realizační fáze

6.2.1 Technická rekultivace

K hlavním cílům technické rekultivace patřilo zřízení celkové izolace, která měla zabránit prosakování a následnému vnikání srážkových vod do tělesa skládky a odstranit tak znečišťování podzemních i povrchových vod.

Vzhledem k tomu, že skládka je umístěna ve velmi příkrém svahu, bylo nutné ji také důkladně zabezpečit proti sesuvu. Velký sklon svahu působil problémy i při navážení jílové vrstvy. Ta musela být navážena dvakrát, protože po navezení první vrstvy přišel vydatný déšť, který ji spláchl do údolí.

Hrubé terénní úpravy probíhaly na ploše o rozloze 8 990 m². K prvním pracím patřilo odstraňování vzrostlé náletové vegetace, vysbírání kamení a urovnání terénu skládky. Během tohoto procesu se v rámci skládky přesunulo cca 50 000 m³ materiálu. Na upravený povrch pak bylo položeno 3 205 m² hydroizolačního těsnění s velkou sorpční schopností.

Izolační fólie Bentofix je složena ze dvou vrstev netkané geotextilie s vrstvou vysoce bobtnavého bentonitu, zbytkové horniny vznikající zvětráváním sopečných hornin. Bentonit je tedy velmi jemnozrný jíl se značnou pohlcovací schopností, používaný k čištění odpadních vod. Propustnost zmíněné fólie činí méně než 1.10⁻¹⁰ m/sec.

Na izolační fólii byla navedena těsnící jílová vrstva, na kterou byl umístěn drenážní systém, skládající se z hlavního drénu o délce 120 m a tří sběrných drénů o celkové délce 212 m.

Plocha skládky o výměře 39 000 m² byla zakryta nepropustnou PEHD fólií a zavezena rekultivační humózní zeminou s mocností cca 1 m.

V tabulce č. 6 jsou uvedeny velikosti ploch, na kterých probíhaly jednotlivé fáze hrubých terénních úprav.

Tabulka 6 - Plochy hrubých terénních úprav

	plocha
hrubé terénní úpravy	8 990 m ²
sejmutí humózní vrstvy	755 m ²
úprava pláně	5 035 m ²
sběr kamene	5 035 m ²
odstranění křovin	2 100 m ²
pokládka těsnící fólie	3 205 m ²

6.2.2 Ochranné příkopy

K zabránění promývání skládky srážkovou vodou byly vybudovány dva otevřené ochranné příkopy. Oba odvodňovací příkopy jsou z části opevněny kamenným pohozením prolitým cementovou maltou a z části opevněny příkopovou tvárnici s obkladní deskou, uložené do štěrkopískového lože (viz obr. č. 6).

Levostranný příkop má celkovou délku 225 m, pravostranný 280 m. Podélný sklon se pohybuje od 2,8% až po 40%, podél závěrného svahu.

Obrázek 6 - Ochranný příkop



6.2.3 Biologická rekultivace

Po technické rekultivaci následovala biologická, jejímž hlavním úkolem bylo vytvořit na technicky zrekultivovaných plochách v co nejkratší době produkční půdu, která by umožnila růst rostlin a život fauny. Hlavním předpokladem bylo, aby zrekultivovaná plocha co nejlépe zapadla do okolní krajiny.

Plán biologická rekultivace spočíval v zatravnění celé plochy skládky a poté výsadbou keřů. Výsadba stromového patra nebyla plánována pro svou malou úspěšnost. Počítalo se, že sukcesí dojde během několika let k náletu pionýrských dřevin z okolních zdrojů, které budou nejlépe vyhovovat daným podmínkám a mají největší šanci na úspěšné odrůstání.

Před samotným výsevem travních semen bylo nutné připravit pozemek a poté zkyprřit půdu. Směs travních semen odpovídala ČSN 46 0300 a výsev se provedl strojově do hloubky 5 až 10 mm. Travní porost byl kombinací trsnatých a výběžkatých trav, například: lipnice luční (*Poa pratensis*), kostřavy červené výběžkaté (*Festuca rubra*), kostřavy červené trsnaté (*Festuca rubra*), jílku vytrvalého (*Lolium perenne*), ovsíku vyvýšeného (*Arrhenantherum elativ*) či psárky luční (*Alopecurus pratensis*).

V dalším kroku rekultivace bylo v plánu vysázet keře např.: břízu (*Betula verucosa*), ptačí zob obecný (*Ligustrum vulgare*), šerík (*Syringa vulgaris*), lísku

(*Corylus avellana*), hloh (*Crataegus oxyacantha*), dřívák obecný (*Berberis vulgaris*), vrba (*Salix repens*) či škumpu (*Rhus typhina*).

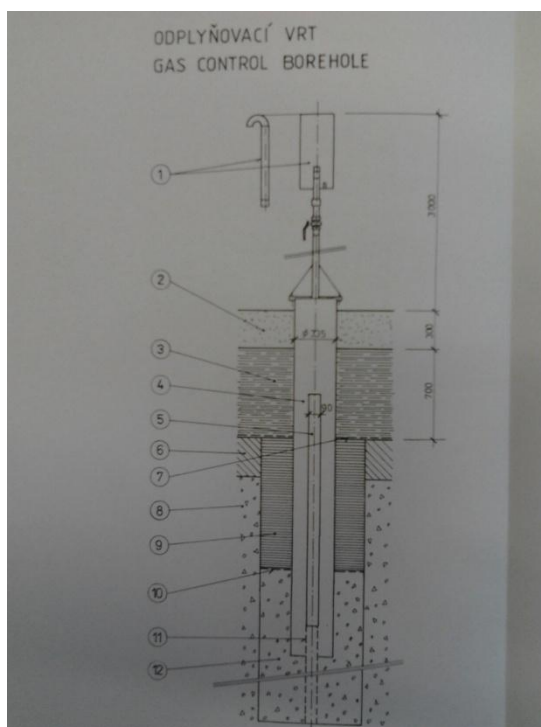
Předpokládá se, že na dotčeném území vznikne postupem času smíšený les. Druhá skladba by měla být složena ze 60% z jehličnanů a ze 40% z listnatých a melioračních dřevin. Z jehličnanů jako obvykle smrk ztepilý (*Picea abies*) a modřín opadavý (*Larix decidua*), z listnáčů javor klen (*Acer pseudoplatanus*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*), bříza bělokorá (*Betula alba*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*) a dub letní (*Quercus robur*).

7.3 Následná fáze

7.3.1 Odplynění

K odplynění tělesa skládky a k povrchovému průzkumu slouží tzv. odplyňovací vrt (viz obr. č. 7), které dávají informace o kvalitě plynu vznikajícího rozkladem organického materiálu. Na základě tohoto průzkumu lze vyhodnotit míru ekologické nebezpečnosti skládky a rozhodnout, zda nechat plyn unikat volně do ovzduší nebo zda je ho nutné odčerpávat a spalovat.

Obrázek 7 - Odplyňovací vrt



Legenda:

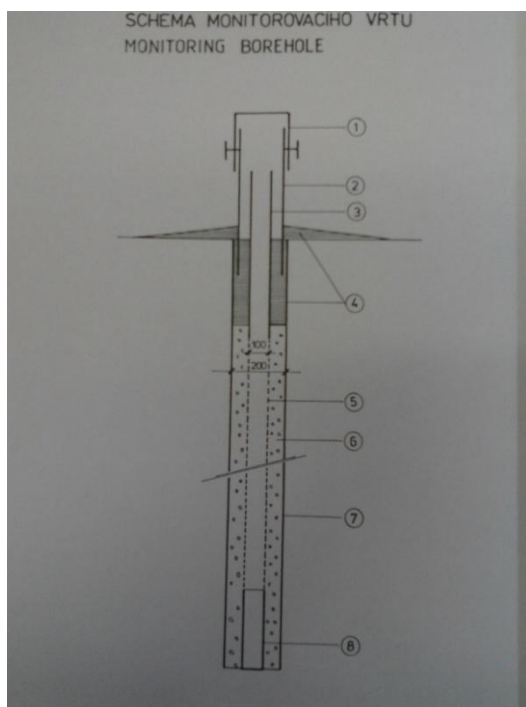
1. Hořák nebo odvětrávaná trubka
2. Rekultivační vrstva
3. Krycí vrstva
4. Hlavice vrtu
5. Trubka
6. Vyrovnávací vrstva
7. Přivařená isolační fólie
8. Odpad
9. Jílové těsnění
10. Geotextilie
11. Perforované potrubí
12. Štěrka bez jílových příměsí

Zdroj: MěÚ Jáchymov

7.3.2 Monitoring

K monitorování skládky jsou využívány 10 m hluboké monitorovací vrty, které jsou umístěny pod patou skládky i nad skládkou, čímž je možné lépe kontrolovat kvalitu a znečištění vod. Na obr. č. 8 je znázorněno schéma monitorovacího vrhu.

Obrázek 8 - Monitorovací vrt



Legenda:

1. Uzavíratelné zhlaví
2. Ocelová chránička
3. Neperforovaná část výstroje
4. Jílové těsnění
5. Perforovaná část výstroje
6. Štěrkový obsyp
7. Vlastní vrt
8. Kalník

Zdroj: MěÚ Jáchymov

7.4 Financování stavby

Rekultivaci skládky Popov, která trvala od března do září 2000, zrealizovala firma Eurovia CS, a. s., odštěpný závod obl. Čechy západ. Celkové náklady na stavbu byly vyčísleny na více než šestnáct milionů korun. Na financování této ekologické stavby se podílela z velké části Evropská unie programem Phare CBC č. CZ 9701/0304 a město Jáchymov.

8. Vlastní průzkum

8.1 Metodika

K dosažení stanovených cílů byly provedeny odběry vzorků povrchové vody z Jáchymovského potoka, a to v roce 2012, 2014 a 2016. Odběry jsem provedla vždy na stejných místech vyznačených v mapě body A a B (viz příloha č. 10).

Odběrné místo A se nachází před zaústěním bezejmenné vodoteče (bod A - Jáchymov - lázně), odběrné místo B je po zaústění vodoteče v obci Horní Žďár (bod B).

Analýza odebraných vzorků povrchové vody byla provedena akreditovanou laboratoří.

Výsledky analýzy byly porovnány s výsledky chemického rozboru z odběru povrchové vody z roku 1999. Vyhodnocení jednotlivých ukazatelů bylo provedeno dle normy environmentální kvality (zák. č. 61/2003 Sb., novelizovaném nařízením vlády č. 23/2011 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod.)

Dále byl v roce 2012, 2014 a 2016, to je po uplynutí intervalu 10 - 15 roků od ukončení rekultivace skládky, proveden osobní průzkum terénu s popisem aktuální situace stavu zatravnění, popř. zalesnění tělesa skládky a jeho porovnání s předpokládaným vegetačním krytem.

8.2 Šetření in situ

První podrobný průzkum lokality byl proveden dne 2. srpna 2012, dále pak v srpnu 2014 a v dubnu 2016, před prvním vstupem do prostoru tělesa skládky jsem si vyžádala písemný souhlas Městského úřadu v Jáchymově (viz příloha č. 11). Další vstupy do tohoto prostoru mi byly odsouhlaseny ústně pracovníky odboru výstavby MěÚ Jáchymov.

Cílem první pochůzky v srpnu 2012 bylo zjistit, zda na tělese skládky byly vysazeny dřeviny v souladu s projektem (bříza, ptačí zob, šeřík, líska, hloh a další), který byl zadán Městským úřadem v Jáchymově pro projekt Phare, dohledání bezejmenné vodoteče, ochranných příkopů a identifikace monitorovacího vrtu HV3, který je zakreslen ve stávající stavební dokumentaci.

Šetření bylo prováděno po celém tělese skládky, a to směrem horizontálním po vrstevnicích, na úpatí tělesa, ve střední části tělesa a vrcholu tělesa, až ke stávající opuštěné budově, která sloužila pro potřeby obsluhy a řízení provozu skládky.

Dále byla pochůzka provedena vertikálním směrem po celém obvodu skládkového tělesa.

Bylo zjištěno, že na úpatí tělesa skládky se v podélném pruhu o šíři cca 3 m nalézají divoce rostoucí maliníky, ostružiníky a kopřivy. Na samotném tělese skládky se oproti předpokládanému stavu nenacházejí žádné křoviny v projektu uvedené. Tento stav byl zapříčiněn pravděpodobně neprovedením výsadby keřů, v souladu s vypracovaným projektem. Nedošlo tak k předpokládanému zapojení křovin do stávajícího systému, s prognózou průniku náletových dřevin, zejména v sousedství bujně rostoucích bříz, jeřábů, olší a smrků.

Těleso skládky bylo po celém obvodu ohraničeno již vzrostlými jasaný, olšemi, jeřáby a dalšími náletovými dřevinami, které neměly tendenci prorůst do tělesa skládky. Obvod tělesa skládky byl v terénu zřetelně vymezen.

Traviny byly v prvním roce sledování zastoupeny v celém rozsahu v souladu s osevním plánem. Zejména se dařilo kostřavám a jílku. Avšak na tělese skládky se nalézaly části, na kterých traviny dosud nevzešly.

Dále jsem se podél výše umístěného ochranného příkopu prodrala hustým porostem k bezejmenné vodoteči, která se nalézá severovýchodním směrem přibližně 2 m od tělesa skládky. Průtok vodoteče byl v inkriminovaný den v terénu téměř nezatelný, a tudíž odběr vzorku vody na místě samém nemohl být proveden.

Dva ochranné příkopy jsou umístěny tak, jak je uvedeno v projektu. Oba příkopy byly značně zarostlé náletovými travami, neudržované, čímž může být ohrožena jejich funkčnost pro budoucí období.

V souladu s projektovou dokumentací jsem se pokusila dohledat monitorovací vrt s označením HV3, který se měl nalézat v prostoru nad skládkou. I přes značné úsilí se mi tento vrt nepodařilo dohledat. Lze usuzovat, že buď nebyl proveden, nebo se nalézá na jiném místě, které neodpovídá jeho zakreslení v dokumentaci, kterou jsem měla k dispozici.

Druhé šetření jsem provedla na místě v srpnu 2014, s tím že šetření bylo prováděno stejně podrobným způsobem jako v roce 2012.

Konstatuji, že na úpatí skládky došlo k rozšíření křovinného pásu, směrem do tělesa skládky. Výsadba dřevin ani uchycení náletových dřevin nebylo na tělese skládky zjištěno. Travní porost byl doplněn náletovými divoce rostoucími autochtonními druhy, např. bodlák obecný (*Carduus acanthoides*), divizna obecná (*Verbascum phlomoides*), jetel luční (*Trifolium pratense*), mateřídouška (*Thymus serpyllum*), řebříček obecný (*Achillea millefolium*), vlčí bob mnoholistý (*Lupinus*

polyphyllus), vratič obecný (*Tanacetum vulgare*) a vrbovka úzkolistá (*Epilobium angustifolium*) které vytvořily harmonický celek, vzhledem srovnatelný s okolními loukami a nezalesněnými porosty (viz příloha č. 11).

Opakovaně jsem se pokusila o odběr vzorku vody z bezejmenné vodoteče, avšak vzhledem k extrémnímu suchu, opět neúspěšně. V terénu byla vodoteč při tomto průzkumu zcela neznatelná.

Ochranné příkopy byly nadále neudržované, ve zvýšené míře zarostlé travinami.

Obrázek 9 - Těleso skládky 2014



Poslední šetření in situ proběhlo dne 4.4.2016. K dalšímu rozšíření pásu křovin v dolní části skládky již téměř nedošlo. Na svažité části tělesa skládky, které bylo v době pochůzky nasáklé vodou z tajícího sněhu, byly nalezeny ojediněle rostoucí náletové břízy malého vzrůstu. Další dřeviny nebyly na tělese skládky nalezeny.

Po jarním tání sněhu došlo k revitalizaci bezejmenné vodoteče. Podle polehlé trávy v ochranných příkopech bylo možné usuzovat, že i přes jejich značné znečištění svoji ochrannou funkci plní a srážkovou vodu odvádí do vodoteče, která následně ústí do Jáchymovského potoka.

8.3 Odběr vzorků

Odběry vzorků povrchové vody z Jáchymovského potoka byly provedeny celkem 3x, a to dne 5.8.2012, dne 5.10.2014 a dne 4.4.2016, vždy na dvou odběrných místech. (viz příloha č.10)

Vzorky č. 1 až č. 4 byly odebrány do vyvařených sklenic o objemu 650 ml. (viz. obr. č. 10), vzorky č. 5 a č. 6 do odběrových nádob zkušební laboratoře. Vzorky povrchové vody byly odebrány vždy před zaústěním vodoteče ze skládky a po jejím zaústění.

Vzorek č. 1, č. 3 a č. 5 byl odebrán v lokalitě Jáchymov - lázně (bod A, příloha č. 10) v nadmořské výšce 575 m/m. Odběr vzorků č. 2, č. 4 a č. 6 byl proveden v obci Horní Žďár v nadmořské výšce 480 m/m (bod B, příloha č. 10).

U všech vzorků byly určeny organoleptické vlastnosti vody - barva, pach a zákal. Ve všech případech byla voda průzračná, bez výrazného pachu a bez zákalu.

Obrázek 10 - Vzorky povrchové vody č. 1 a č. 2



Všechny odebrané vzorky byly chemicky analyzovány v akreditované zkušební laboratoři Praha, Zdravotního ústavu se sídlem v Ústí nad Labem, pracoviště v Kladně, Františka Kloze 2316.

8.4 Charakteristika vybraných ukazatelů

V následující kapitole je uvedena základní charakteristika vybraných chemických ukazatelů a jejich výskyt v povrchových vodách.

8.4.1 Amonné ionty

Obsah kationtů NH_4^+ ve vodách většinou znamená jejich znečištění. Vznikají rozkladem dusíkatých organických látek, především močoviny a proteinů. Do vod se nejčastěji dostávají průsakem z kanalizací, žump či hnojením půd.

8.4.2 Dusičnany a dusitany

Dusičnany NO_3^- vznikají rozkladem organicky vázaného dusíku, který se do vodního prostředí dostává zejména z průmyslových hnojiv. Dusitany NO_2^- vznikají nitrifikací amoniakálního dusíku a na rozdíl od dusičnanů jsou již od několika desítek miligramů toxické. Vyšší koncentrace dusičnanů i dusitanů ve vodě většinou ukazují na průnik vody vrstvami, kde probíhají velmi aktivní biologické děje.

8.4.3 Arzen

Arzen (As) je velmi jedovatý, karcinogenní polokov, tzv. metaloid. Mezi největší antropogenní zdroj arzenu patří hutní a rudný průmysl, výroba barviv, textilní a sklářský průmysl. Nezanedbatelné množství arzenu obsahují také důlní vody, především při těžbě stříbra, zlata a uranu.

V půdách se arzen vyskytuje nejvíce kolem rudních revírů. V oblasti Jáchymova, Oloví či Horního Slavkova převyšuje hodnota arzenu 100 mg na 1 kg půdy. Na Příbramsku a Rožmitálsku dosahuje obsah arzenu v půdě až k 1000 mg/kg (Pazdera, 2006).

8.4.4 Železo

Železo (Fe) se vyskytuje běžně v podzemních i v povrchových vodách, kam se dostává především ze železných rud. Jeho rozpustnost závisí na pH. Vyšší koncentrace železa způsobuje hnědo-červené zbarvení vody a může mít vliv na zvýšení počtu kolonií bakterií, které způsobují nepříjemný zápach.

8.4.5 Celkový organický uhlík

TOC (Total Organic Carbon) je jedním ze základních ukazatelů kvality povrchových a odpadních vod. Vysoký obsah TOC výrazně ovlivňuje vodní

ekosystémy, kde napomáhá anaerobním mikroorganismům, které spotřebovávají rozpuštěný kyslík ve vodě, což může vést až ke vzniku tzv. mrtvé vody.

Největšími producenty TOC v České republice jsou čističky odpadních vod a průmyslové podniky, např. Škoda Auto či Pivovary Staropramen.

8.4.6 Chemická spotřeba kyslíku

CHSK je spotřeba kyslíku, která je potřeba k oxidaci všech látek a stanovuje míru znečištění vody organickými a oxidovatelnými anorganickými látkami. Ke stanovení CHSK se používá jako titrační činidlo manganistan draselný a provádí se tzv. Kubelovou metodou.

8.4.7 Fosfor

Fosfor (P) se ve vodě vyskytuje pouze v organických či anorganických sloučeninách a je jedním z ukazatelů, které slouží k hodnocení jakosti povrchových i podzemních vod. Zdrojem fosforu a jeho sloučenin ve vodách jsou především odpadní průmyslové vody, hnojiva a odpady z výroby papíru, chemických látek, polovodičů či z hutního průmyslu.

8.4.8 Reakce vody pH

Zásaditost či kyselost vody je významný faktor, který ovlivňuje nejen biotu pod hladinou, ale také chemické formy ostatních látek. Vodné roztoky mohou nabývat pH (potenciál vodíku) v rozmezí 0 -14. Neutrální pH je rovno sedmi. U kyselin je pH menší než 7, naopak u zásaditých roztoků je pH větší než 7.

8.4.9 Elektrická vodivost

Konduktivita nepřímo vyjadřuje obsah minerálních solí ve vodě. Vodivost roztoku závisí na celkové koncentraci iontů, jejich náboji, mobilitě a na teplotě. Změna teploty o 1°C zapříčiní změnu konduktivity minimálně o 2%.

8.5 Výsledky analýzy

Výsledky laboratorních šetření vzorků povrchové vody jsem vyhodnotila podle kritérií uvedených v zákoně č. 61/2003 Sb., novelizovaném nařízení vlády č. 23/2011 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod.

V tabulce č. 7 jsou uvedeny hodnoty z chemického rozboru pro vzorky č. 1 (odběrové místo A) a č. 2 (odběrové místo B), které byly odebrány dne **5.8.2012** ve 14:00 hodin a ve 14:30.

Tabulka 7 - Výsledky chemického rozboru (odběr 5.8.2012)

Ukazatel	Jednotka	Hodnota vzorku č.1	Hodnota vzorku č.2	Norma environmentální kvality	Použitá metoda
Amonné ionty	mg/l	0,04	< 0,02	0,23	SOP KO 002
Chloridy	mg/l	29	28	150	SOP KO 017
Fosforečnany	mg/l	1,5	0,45	0,15	SOP KO 007
Arzen (As)	µg/l	0,023	0,063	10	SOP KO 200.01
CHSK - Mn	mg/l	1,1	1,1	< 5	SOP KO 016
Elektrická vodivost	mS/m	23,7	33,1	< 50	SOP KO 011

Z uvedených hodnot je patrné, že norma environmentální kvality byla překročena pouze u fosforečnanů, a to u vzorku č. 1 o 1,35 mg/l, u vzorku č. 2 o 0,30 mg/l. V tomto případě je zcela zřejmé, že na obsah fosforečnanů ve vodě nemá rekultivovaná skládka vliv, protože obsah fosforečnanů je vyšší na odběrném místě A, tedy před zaústěním vodoteče.

Z dalších ukazatelů stojí za zmínku arzen, kde se hodnoty mezi vzorky liší o 0,04 µg/l, ale z daleka nedosahují limitní hodnoty.

Vzorek č. 2 vykazuje oproti vzorku č. 1 zvýšenou elektrickou vodivost.

Ukazatelé amonné ionty, chloridy a chemická spotřeba kyslíku nevykazují žádné nebo jen minimální rozdíly mezi srovnávanými vzorky (viz příloha č.1 a č. 2).

Tabulka č. 8 zobrazuje hodnoty pro vzorky č. 3 (odběrné místo A) a č. 4 (odběrné místo B), které byly odebrány dne **5.10.2014**, v 15:30 a v 15:50 hod.

Tabulka 8 - Výsledky chemického rozboru (odběr 5.10.2014)

Ukazatel	Jednotka	Hodnota vzorku č.3	Hodnota vzorku č.4	Norma environmentální kvality	Použitá metoda
Amonné ionty	mg/l	< 0,02	< 0,02	0,23	SOP 002 část A
Dusičnany	mg/l	3,9	3,5	5,4	SOP 009.01
Dusitany	mg/l	< 0,01	0,02	0,50	SOP 010
Železo (Fe)	mg/l	< 0,02	< 0,02	1	SOP 200 část A

Ukazatel	Jednotka	Hodnota vzorku č.3	Hodnota vzorku č.4	Norma environmentální kvality	Použitá metoda
Celkový organický uhlík (TOC)	mg/l	3,5	4,8	10	SOP 307
pH		7,5	7,5	5-9	SOP 033

Z chemického rozboru vzorků, které byly odebrány o dva roky později než vzorky první, vyplynulo, že povrchová voda v Jáchymovském potoce je bez jakéhokoli většího znečištění. Hodnoty všech ukazatelů jsou hodně podlimitní (viz příloha č. 3 a č. 4)

Mírný rozdíl hodnot je zaznamenán u dusičnanů, ve vzorku č. 3 bylo zjištěno 3,9 mg/l, u vzorku č. 4 je obsah dusičnanů 3,5 mg/l.

Obsah celkového organického uhlíku se liší o 1,3 mg/l. Na odběrném místě A byl jeho obsah ve vodě 3,5 mg/l, na druhém odběrném místě se jeho obsah zvýšil na 4,8 mg/l.

Hodnoty u amonných iontů, dusitanů, železa a pH jsou u obou vzorků téměř shodné.

Z tohoto odběru (5.10.204) byla také provedena zkouška na obsah mikroorganismů *Escherichia coli* a koliformní bakterie, která se však provádí pro pitnou vodu. Vzhledem k tomu, že se jedná o vodu povrchovou, jsou limity pitné vody samozřejmě překročeny, ale přesto nijak závažným způsobem (viz tab. č. 9).

Tabulka 9 - Výsledky chemického rozboru na obsah mikroorganismů

Ukazatel	Jednotka	Hodnota vzorku č.3	Hodnota vzorku č. 4	Mezní hodnota Třída I.	Použitá metoda
<i>Escherichia coli</i>	KTJ/100 ml	0	0	0	SOP 900
Koliformní bakterie	KTJ/100 ml	8	0	0	SOP 900
Počty kolonií při 22 °C	KTJ/ml	460	600	500	SOP 908
Počty kolonií při 36 °C	KTJ/ml	150	250	100	SOP 908

KTJ – kolonie tvořící jednotka

V tabulce č. 10 jsou uvedeny hodnoty pro vzorky č. 5 (odběrné místo A) a č. 6 (odběrné místo B), které byly odebrány 4.4.2016, ve 14:00 a ve 14:30.

Tabulka 10 - Výsledky chemického rozboru (odběr 4.4.2016)

Ukazatel	Jednotka	Hodnota vzorku č.5	Hodnota vzorku č. 6	Norma environmentální kvality	Použitá metoda
Amonné ionty	mg/l	< 0,02	< 0,02	0,23	SOP 002 část B
Arzen (As)	µg/l	< 3	30	10	SOP 201.01 část A
Fosforečnany	mg/l	< 0,05	0,17	0,15	SOP 007.01
CHSK - Mn	mg/l	1,5	2,0	< 5	SOP 016
Dusičnany	mg/l	3,0	3,0	5,4	SOP 009
Dusitany	mg/l	< 0,02	< 0,02	0,50	SOP 010

Poslední kontrolní odběry byly provedeny začátkem dubna 2016, tedy v období, kdy je mnohem větší půdní vlhkost, způsobená táním sněhu. Také v Jáchymovském potoce byl vyšší stav hladiny a větší průtok.

Norma environmentální kvality nebyla překročena u dusitanů, dusičnanů, CHSK a amonných iontů. Hodnoty těchto ukazatelů nabývají na obou odběrných místech stejných hodnot, kromě CHSK. U tohoto ukazatele činí rozdíl mezi vzorky 0,5 mg/l.

Fosforečnany překročily limitní hodnotu pouze o 0,02 mg/l, a to ve vzorku č. 6, kde byl jejich obsah ve vodě 0,17 mg/l.

Obsah arzenu se však zvýšil velmi výrazně. Rozdíl obsahu arzenu mezi vzorky č. 5 a č. 6 činí 27 µg/l. U vzorku č. 6 byla výrazně překročena limitní hodnota stanovená výše citovaným zákonem. Norma environmentální kvality povoluje obsah arzenu v povrchových vodách 10 µg/l, ale ve vzorku č. 6 bylo chemickou analýzou zjištěno 30 µg/l, což znamená, že limit pro tento jedovatý prvek byl překročen 3x (viz příloha č. 5 a č. 6).

8.6 Diskuse

Cílem chemické analýzy bylo zjistit kvalitu povrchové vody Jáchymovského potoka před a za zaústěním bezejmenné vodoteče, která odvádí vodu z prostoru rekultivované skládky odpadů. Dle mých informací se jedná o prvotní analýzu tohoto druhu, vztahující se k provedené rekultivaci dané skládky.

V tabulce č. 11 jsou pro srovnání ještě doplněny výsledky z chemického rozboru povrchové vody z Jáchymovského potoka, odebrané 18.10.1999 z říčního profilu po soutoku s bezejmennou vodotečí, tedy v době, kdy řešená lokalita nebyla zrehabilitována a výluhy volně vytékaly z tělesa skládky (viz. příloha č. 7).

Hodnoty ukazatelů za rok 2012, 2014 a 2016 odpovídají vzorkům č. 2, č. 4 a č. 6, tedy vzorkům odebraných na odběrném místě B, za zaústěním vodoteče.

Tabulka 11 - Výsledky chemických rozborů - srovnání 1999, 2012, 2014, 2016

Ukazatel	Jednotka	18.10.1999	5.8.2012	5.10.2014	4.4.2016	Limit
ammoné ionty	mg/l	0,08	0,02	0,02	0,02	0,23
chloridy	mg/l	54,4	28	-	-	150
dusičnany	mg/l	26,0	-	3,5	3,0	5,4
dusitany	mg/l	0,449	-	0,02	< 0,02	0,50
el. konduktivita	mS/m	55,0	33,1	-	-	< 50
pH		7,56	-	7,5	-	5 - 9
TOC	mg/l	4,00	-	4,8	-	10
železo	mg/l	0,66	-	< 0,02	-	1
arsen	μg/l	-	0,063	-	30	10
fosforečnany	mg/l	-	0,45	-	0,17	0,15

Zdroj: MěÚ Jáchymov a vlastní

Z porovnání výsledků chemických rozborů vody, která byla odebrána před rekultivací a po rekultivaci skládky vyplývá, že téměř ve všech sledovaných ukazatelích došlo k celkem velkému poklesu hodnot.

K největšímu rozdílu hodnot obsahu sledovaných látek došlo u dusičnanů, které v roce 1999 překračovaly limitních 5,4 mg/l o více než 20 mg/l. Jejich obsah ve vodě činil 26 mg/l. V roce 2014 byl obsah dusičnanů 3,5 mg/l, v roce 2016 poklesl na 3,0 mg/l. V obou těchto případech splňuje daný limit.

Dalším ukazatelem, který byl před zabezpečením skládky vyšší než povolený limit, byla elektrická konduktivita. V roce 1999 byla její hodnota 55,0 mS/m, což značí, že ve vodě bylo velké množství rozpuštěných látek. Hodnota elektrické vodivosti z vlastního měření v roce 2012 nabývá hodnoty 33,1 a daný limit tedy splňuje.

Podstatné snížení hodnot téměř na polovinu proběhlo u chloridů. Obsah chloridů ve vodě sice nepřekračoval limity, ale oproti 54,4 mg/l v roce 1999 klesl při měření v roce 2012 na 28 mg/l.

Obsah dusitanů v roce 1999 byl 0,449 mg/l, což je těsně pod limitní hranicí. Při kontrolních měření v roce 2014 a 2016 se obsah dusitanů ustálil na 0,02 mg/l.

Také poklesl obsah amonných iontů, z 0,08 mg/l v roce 1999 se ustálil na 0,02 mg/l. Tato hodnota byla naměřena ve všech kontrolních odběrech, tedy v roce 2012, 2014 i 2016.

K velmi mírnému poklesu došlo u pH a snížil se i obsah železa.

Překvapivý výsledek byl naměřen u celkového obsahu uhlíku (TOC), který v roce 2014 vykazuje o 0,8 mg/l vyšší hodnotu než v roce 1999.

Arsen a fosforečnany byly hodnoceny jen v roce 2012 a 2016. Obsah fosforečnanů překročil stanovený limit v obou případech, ale přesto lze konstatovat, že i u fosforečnanů došlo ke zlepšení. V roce 2012 byla naměřena hodnota 0,45 mg/l, v roce 2016 0,17 mg/l, což představuje pokles obsahu o 0,28 mg/l.

Po vyhodnocení prvních dvou odběrů jsem nabyla dojmu, že v Jáchymovském potoce teče téměř pitná voda. Poté jsem odebrala a nechala chemicky analyzovat ještě jeden kontrolní odběr ze dne 4.4.2016.

Touto analýzou bylo zjištěno, že se mnohonásobně zvýšil obsah nejjedovatějšího ukazatele - arzenu. Při předchozím měření v roce 2012 činil jeho obsah ve vodě na odběrném místě B 0,063 $\mu\text{g/l}$. Ze vzorku, který byl odebrán na identickém místě v roce 2016 byl naměřen jeho obsah **30 $\mu\text{g/l}$** , což je hodnota, která stanovený limit 3x převyšuje.

Hodnoty arzenu ze vzorků, které byly odebrané v letním (tedy sušším) období v roce 2012 a hodnoty ze vzorků z dubna 2016 (po jarním tání) se řádově pohybovaly ve stejné výši, avšak byly téměř **500 x** vyšší.

	odběrné místo A	odběrné místo B
8/2012	0,023 $\mu\text{g/l}$	0,063 $\mu\text{g/l}$
4/2016	3 $\mu\text{g/l}$	30 $\mu\text{g/l}$

Z chemických analýz je jasně zřejmé, že obsahy dusitanů a dusičnanů v povrchové vodě se od roku 1999 výrazně snížily a v současné době nepřekračují stanovené limity. **Stanovená hypotéza č. H1 se nepotvrdila.**

Sledované těžké kovy železo a arzen se ve vodě vyskytují. Obsah železa je ke vztahu k limitní hodnotě nepatrný. Obsah arzenu je naopak velmi alarmující. S určitostí nemohu prokázat, že na jeho obsah v povrchové vodě Jáchymovského potoka má vliv rekultivovaná skládka, ale vzhledem k druhu ukládaných odpadů se lze domnívat, že tomu tak být může. Navíc se obsah arzenu ve vodě rapidně zvýšil v období tání sněhu, což zapříčiňuje i větší průnik vody skládkovým tělesem. **Stanovená hypotéza č. H2 se potvrdila.**

Hlavní příčinou, proč se nevyskytují na tělese skládky keře, je pravděpodobně neprovedení výsadby. Zjištění, z jakého důvodu nedošlo ani ke vzrůstu odolných náletových dřevin, např. bříz a jeřábů, by si vyžádalo řešení v další samostatné práci.

Příčinou může být například nedostatečná vrstva humusu, neboť zde nebyl zaznamenán ani výskyt smetanky obecné (*Taraxacum officinale*), která má celkem hluboký kořenový systém. Ke splynutí lokality s okolním prostředím tedy zatím nedošlo. **Stanovená hypotéza č. H3 se nepotvrdila.**

9. Závěr

Závěrem uvádím, že rekultivací bylo dosaženo značného zlepšení jakosti povrchových vod, o čemž svědčí výsledky chemických rozborů, které jsem provedla ve výše uvedeném období.

Obsahy dusičnanů a dusitanů v odebraných vzorcích povrchové vody lze považovat za ustálené pod hranicí stanovené normou. Tyto závěry podporují i analýzy vzorků vody, které provádí Povodí Ohře, a.s. (viz příloha č. 9). Tedy konstatuji, že mnou stanovená hypotéza H1 se nepotvrdila.

Sledované hodnoty železa se objevovaly pod stanoveným limitem, avšak jako mimořádně závažné zjištění se ukázal výsledek chemického rozboru pro ukazatel

arzen ze dne 4.4.2016, kdy stanovený limit 10 $\mu\text{g/l}$ byl překročen 3x - jeho hodnota činila 30 $\mu\text{g/l}$. Naměřená hodnota se oproti roku 2012 (0,063 $\mu\text{g/l}$) do roku 2016 zvýšila **476 x**. Tento rozsah znečištění povrchové vody mimořádně jedovatým těžkým kovem má pravděpodobně negativní účinky na faunu i flóru v Jáchymovském potoce. Konstatuji, že hypotéza H2 o výskytu těžkých kovů v povrchové vodě se potvrdila.

Před provedeným šetřením in situ, jsem vycházela především z toho, že od doby dokončení rekultivace skládky do provedení prvního šetření uplynulo přibližně 12 roků. Za předpokladu, že by k rekultivaci skládkového tělesa došlo projektovaným způsobem, bylo možné předpokládat již poměrně značný vzrůst jak křovin, tak i výskyt náletových dřevin, zejména břízy, jeřábu či smrku.

Ve sledovaném období od srpna 2012 do dubna 2016 nedošlo k žádné výraznější změně ve výskytu vegetace na celé ploše tělesa skládky. Nadále je i po provedené rekultivaci celý dotčený prostor striktně ohraničen náletovými dřevinami. Celé těleso skládky je mimo úzkého pruhu na jejím úpatí porostlé jen vysetými travinami, částečně doplněnými autochtonním náletem. Konstatuji proto, že hypotéza H3 se nepotvrdila.

Výsledky provedeného výzkumu rozboru povrchové vody a výsledky šetření in situ považuji pro město Jáchymov za podnětné a přínosné. Zjištěné vysoce překročené limity u obsahu arzenu si patrně vyžádají další analýzy a zřejmě provedení vhodných technických opatření.

Bylo mimo mé možnosti se zabírat příčinami, pro které nedochází k růstu dřevin na celém tělese skládky. Těleso skládky za současného stavu má charakter horské louky, v dané lokalitě však nepřiměřených rozměrů. Z hlediska krajiny nebyly splněny předpoklady v uvedené projektu. Ke splynutí s okolními lesními porosty nedošlo, což ale v budoucnu nelze vyloučit.

Již před dokončením této práce jsem s výsledky provedených analýz povrchové vody i výsledky šetření in situ seznámila pověřeného pracovníka Městského úřadu v Jáchymově, který je bude dále prezentovat vedoucím pracovníkům města a na zasedání zastupitelstva Města Jáchymova.

10. Přehled literatury a použitých zdrojů

ADHIKARI B., De D., MAITI S., 2000: Reclamation and resysling of waste rubber. Progress in Polymer Science 25: 909 - 948.

ALTMANN V., VACULÍK P., MIMRA M., 2010: Technika pro zpracování odpadu. Česká zemědělská univerzita, Praha: 120 s. ISBN 978-80-213-2022-2

BACHMANN J., VON FELDE D., 1998: Comparasion of different surface sealing systems for municipal waste landfills with respekt to gas emission and recultivation. Inst. für Bodenkunde, Universität Hannover, Germany. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung 39: 220 - 227.

BENEŠOVÁ L. et al., 2011: Komunální a podobné odpady. ENZO, Praha: 93 s. ISBN 978-80-901732-1-7

BIEBERSTEIN A., REITH H., SAUCKE U., 2003: Stability and settlement behaviour of uncompacted soil for the recultivation of landfill capping systems. Institute of Soil mechanics and Rock mechanics, Universite of Karlsruhe, Germany: Bautechnik 80: 372 - 379.

BRANIŠ M., 1999: Základy ekologie a ochrany životního prostředí. Informatorium, spol. s.r.o., Praha: 169 s. ISBN 80-86073-52-1

BULC T., FERFILA N., VRHOVŠEK D., 2004: Management of Environmental Quality: An International Journal 15: 55 - 61.

DAHAN C. J. et REYES B. N., 1992: Soil Remediation Methods. Minutes of the Twenty - Fifth Explosives Safety Seminar Held in Anaheim 1: 18 - 20.

DAVID P. et SOUKUP V., 2010: Velká turistická encyklopedie, Karlovarský kraj. Euromedia Group, k.s. - Knižní klub, Praha: 256 s. ISBN 978-80-242-2843-3

DOLÁKOVÁ L. et JANÝŠKOVÁ R., 2012: Chemická rozbor vody, Hydrobiologie. Střední škola přírodovědná a zemědělská, Nový Jičín.

FILIP J., KOTOVICOVÁ J., BOŽEK F., 2003: Komunální odpad a skládkování. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno: 121 s. ISBN 80-7157-712-X

GHOSE M., 2001: Management of topsoil for geo-environmental reclamation of coal mining areas. Environmental Geology 40: 1405 - 1410.

KOLEKTIV AUTORŮ, 1999: Environmentální politika v Německu a v České republice: příspěvky pro PHARE projekt / Umweltschutzpolitik in Deutschland und der Tschechischen Republik : Beiträge für PHARE-Projekt. Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem: 131 s. ISBN 80-7044-262-X

KOSTAKEVA E. C. et PADENKOVA-YANEVA M., 2008: Remediation of contaminated soils and industrial sites. Proceedings of the 2008 Global Symposium on recycling, Waste Treatment and Clean Technology, REWAS, Cancun, Mexico: 1207 - 1212.

LEE G. F. et JONES A. R., 1992: Municipal solid waste management in lined, „Dry tomb“ landfills: A technologically flawed approach for protection of groundwater quality. El Macero, California: 67 s.

MIKŠÍČEK P., 2005: Znovu objevené Krušnohoří. Obec Boží Dar a Služby Boží Dar, s.r.o., Boží Dar.

MINISTERSTVO HOSPODÁŘSTVÍ ČR, 1995: Program Phare v České republice. Ministerstvo hospodářství ČR, Praha: 62 s.

MONTAGUE P., 1989: Analyzing why all landfills leak. Rachel's hazardous waste news 116, Annapolis. Electronic edition.

RAGHAB S. M., EL MEGUID A. M., HEGAZI H. A., 2013: Treatment of leachate from municipal solid waste landfill. HBRC Journal 9: 187 - 192.

STUCZYNSKI T. et al., 2007: Biological aspekt of metal waste reclamation with biosolids. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society 4: 1154 - 1162.

TINTNER J. et KLUG B., 2008: Monitoring and future use planning of a MSWI bottom ash landfill by means of vegetation ecology. Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Abfallwirtschaft. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 60: 123 - 128.

VANÍČEK I., 2002: Sanace skládek, starých ekologických zátěží. Vydavatelství ČVUT Praha: 247 s. ISBN 80-01-02438-5

ZACH A., HUMER M., GOMISCEK T., HEISS-ZIEGLER C., GRASSINGER D., LECHNER P., 2001: Approaching sustainable landfillinf. Department of Waste management, Universität für Bodenkultur, Wien, Austria. Journal of Solid Waste Technology and Management 27: 121 - 128

Internetové zdroje:

ARNIKA, 2016: Praha, online:

<http://arnika.org/celkovy-organicky-uhlik-toc>, cit. 10.4.2016

<http://arnika.org/arsen>, cit. 11.4.2016

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2016: Hydrologický seznam povodí, online:

http://hydro.chmi.cz/opv/doc/hydrologicky_seznam_povodi.pdf, cit. 28.3.2016

ČÚZK 2016: Nahlížení do katastru nemovitostí, online:

<http://nahliznidokn.cuzk.cz/>, cit. 2.9.2015

EUROVIA CS, a. s., 2015: Rekultivace skládky Jáchymov - Popov, Karlovy Vary, online:

<http://www.eurovia.cz>, cit. 13.11.2015

MAPY, 2016: Mapa Jáchymova, online:

<https://mapy.cz/turisticka>, cit. 20.3.2016

MEGA, a.s., 2016: Rekultivace starých skládek odpadů, Praha, online:

<http://www.mega.cz/rekultivace-starych-skladek-odpadu.html>, cit. 2.2.2016

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2016: Legislativa, Praha, online:

<http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/100313691.html>, cit. 23.3.2016

PAZDERA J., 2006: Arzen je zákeřnější než se myslelo - brání opravám DNA, online:

<http://www.osel.cz/1937-arzen-je-zakernejsi-nez-se-myslelo-brani-opravam-dna.html>

POVODÍ OHŘE, 2016: Obsah dusičnanů, Jáchymovský potok, online:

http://www.poh.cz/popis/vyvoj_jakosti_vody/Jachymovsky_potok_Ostrov_nad_Ohri-1558

SBÍRKA ZÁKONŮ ČR, online:

<http://www.zakonyprolidi.cz/>, cit. 21.2.2016

SOBOL P., 2016: Analýza a úprava vody, online:

<http://www.analyzavody.cz/vlastnosti-vody/>, cit. 10.4.2016

UTAG GREEN ENERGY: How can we solve our Waste and Landfill Problems? online:

<http://www.utagtechnology.com/>, cit. 14.4.2016

VÍTEJTE NA ZEMI, 2016: Schéma nakládání s odpady, online:

<http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/>, cit. 5.2.2016

Zákony a vyhlášky:

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách, v platném znění

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech, v platném znění

Zákon č. 61/2003 Sb., novelizovaný nařízením vlády č. 23/2011 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod, v platném znění

Zákon č. 164/2001 Sb., o přírodních léčivých zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázních a lázeňských místech

Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb., katalog odpadů, v platném znění

Vyhláška č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu,

Normy:

ČSN ISO 5667-6 Jakost vod – Odběr vzorků, Český normalizační institut, Praha 2008

ČNS 83 8033 Skládání odpadů – Nakládání s průsakovými vodami ze skládek, Český normalizační institut, Praha 2002

Městský úřad Jáchymov: archiv

Přílohy

Seznam příloh:

- Příloha č. 1 Protokol o zkoušce - odběrné místo Jáchymov - 5.8.2012
- Příloha č. 2 Protokol o zkoušce - odběrné místo Horní Žďár - 5.8.2012
- Příloha č. 3 Protokol o zkoušce - odběrné místo Jáchymov - 5.10.2014
- Příloha č. 4 Protokol o zkoušce - odběrné místo Horní Žďár - 5.10.2014
- Příloha č. 5 Protokol o zkoušce - odběrné místo Jáchymov - 4.4.2016
- Příloha č. 6 Protokol o zkoušce - odběrné místo Horní Žďár - 4.4.2016
- Příloha č. 7 Protokol o zkoušce - 18.10.1999
- Příloha č. 8 Srovnání chem. rozborů podzemní vody před a po rekultivaci skládky
- Příloha č. 9 Dusičnany - Jáchymovský potok 1994-2014
- Příloha č. 10 Mapa odběrových míst A a B
- Příloha č. 11 Povolení MěÚ Jáchymov
- Příloha č. 12 Fotodokumentace z roku 2014