

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

Fakulta stavební

Inženýrství životního prostředí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh uzavření a rekultivace skládky nebezpečného odpadu Stoh V

Vyhotovila: **Adéla Joštová**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Dočkal, Ph.D.**

Praha 2017

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Návrh rekultivace a uzavření skládky nebezpečného odpadu STOH V zpracovala samostatně za použití uvedené literatury a pramenů.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 zákona č. 121/200 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících a právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne:

Adéla Joštová

Poděkování:

Zcela určitě si můj velký dík za spolupráci a přívětivost zaslouží celý odbor Životního prostředí společnosti Sythesia a.s., jmenovitě děkuji panu Ing. Janu Pokornému za projevenou důvěru a poskytnuté materiály. Dále děkuji svému vedoucímu Ing. Martinu Dočkalovi Ph.D. A samozřejmě rodině za vydržení mé chvilkové nesoustředěnosti a nezodpovědnosti vůči jiným věcem než psaní.

**Návrh uzavření a rekultivace skládky
nebezpečného odpadu STOH V**

Closure and reclamation of hazardous waste
landfill

Anotace:

Návrh uzavření a rekultivace skládky nebezpečného odpadu STOH V. Ve spolupráci se společností Synthesia a.s., která je vlastníkem skládky. Součástí práce je finanční analýza návrhu. Teoretická část se věnuje nejen nebezpečnému odpadu a jeho skládkování, ale i starým ekologickým zátěžím.

Klíčová slova:

Skládka, Skládka nebezpečného odpadu

Staré ekologické zátěže

Odpad

Rekultivace

Těsnící prvek

Izolační vrstva

Summary:

The main aim of the bachelor thesis is to design sealing and reclamation of dangerous waste landfill site called STOH V. Concept of this thesis results from cooperation with Synthesia a.s., which owns the landfill site. Financial analysis of the design is another part of this thesis. Theoretical part deals with dangerous waste and its landfilling, moreover it focuses on old ecological burdens.

Key words:

Landfill site, Dangerous waste landfill site

Old ecological burdens

Waste

Reclamation

Sealing component

Insulation layer

Obsah

1.	Úvod	9
2.	Terminologie.....	10
3.	SYNTHESIA, a.s.....	12
3.1.	Profil společnosti	12
3.2.	Historie společnosti	12
3.3.	Lokalita	13
4.	Staré ekologické zátěže	15
4.1.	Sanační metody	17
5.	Skládka odpadu	19
5.1.	Skládkový plyn	20
6.	Rekultivace skládek	22
6.1.	Uzavření skládky	22
6.2.	Postup při rekultivaci.....	22
	Technická etapa.....	23
	Biologická etapa	24
	Monitoring.....	24
7.	STOH V	26
7.1.	Stávající stav	26
7.2.	Odpad	27
7.3.	Popis areálu skládky	27
	Pozemek	27
	Provozní objekty.....	29
	Hala K – 18.....	29
	Příjezdová komunikace.....	30
7.4.	Vývoj objektu v čase	30
	Stavební objekty.....	31
	Rekultivace a změna kubatury (1996).....	32
	Navýšení kapacity skládky STOH V (2003).....	32
7.5.	Základní těsnící prvek skládky	34
	Geologická bariéra.....	34
	Technická bariéra	34

7.6.	Monitoring.....	35
8.	Samotný návrh rekultivace skládky STOH V.....	37
8.1.	Průběh stavby.....	37
1.	Provoz skládky do vyčerpání navržené kapacity.....	37
2.	Rekultivace skládky po ukončení jejího provozu.....	37
8.2.	Stabilita systému skládky.....	39
	Drenážní systém.....	39
	Těsnicí systém.....	39
	Skládkové těleso.....	40
8.3.	Technické řešení.....	40
	SO 1 – Terénní úpravy.....	40
	SO 2 – Odplynění skládky.....	40
	SO 3 – Technická rekultivace.....	41
	SO 4 - Odvodnění.....	45
	SO 5 – Biologická rekultivace.....	45
9.	Finanční analýza.....	49
10.	Závěr.....	50
11.	Použité zkratky a znaky.....	51
	Seznam obrázků a tabulek.....	51
	Seznam příloh.....	52
	Citace.....	52
	Zdroje.....	53
	Neveřejné zdroje poskytnuté odborem Životního prostředí Synthesia a.s.	53
	Veřejně dostupné zdroje.....	53

1. Úvod

Odpad lidská společnost produkovala vždy. Skutečnost, že jeho množství stále narůstá, nás již dlouhou dobu nutí otázku odpadu řešit. Tuto otázku lze řešit vícero způsoby. Když pomineme předcházení vzniku odpadu, jako nejvhodnější varianta se jeví recyklace. Zde je ale třeba hledat pro recyklovaný materiál využití, což je ne vždy tak snadné. Dalším způsobem je spalování odpadů. To probíhá ve spalovnách, přizpůsobených ke spalování konkrétních typů odpadů. A slouží převážně ke zmenšení objemu odpadu a zbavení ho nežádoucích vlastností. Dalším řešením je skládkování odpadu.

V České Republice je toto řešení stále nejrozšířenějším způsobem konečné fáze nakládání s odpady. To by se sice mělo změnit na základě senátní novely odpadového zákona, schválené poslaneckou sněmovnou v roce 2014, která zavádí úplný zákaz skládkování určitých druhů odpadů od roku 2024. Je otázkou zda, či v jaké míře k tomuto kroku dojde. Minimálně do té doby však musíme se skládkováním odpadu nadále počítat.

Na skládkách dnes končí většina produkovaných druhů odpadů. Existuje snaha ze strany státu (povinnost obcí umožnit separaci bio odpadu, sběrná hnízda s nádobami na separovaný odpad atd.) i ze strany občanů množství odpadu, které se dostává na skládky eliminovat. I přesto však na skládkách končí odpadu nezanedbatelné množství.

Dnes konstrukce skládek podléhají striktním pravidlům (v dnešní době nemůže být provozována žádná skládka nevyhovující požadavkům stanovených směrnicí Evropské Rady – 1999/31/ES, pozměněná směrnicí 2011/97/EU). Nebylo tomu ovšem tak vždy. Konkrétně do roku 1991, kdy byl schválen první zákon o odpadech č. 238/1991 Sb.. Do té doby vznikaly na území České republiky skládky bez dostatečného technického zabezpečení a bez jakékoli evidence na ně ukládaných odpadů. Zákon určoval například, že od roku 1996 mohou být provozovány jen technicky zabezpečené skládky. Následně byly v roce 1998 vydány technické normy ČSN - Skládkování odpadů. V rámci vstupu České Republiky do Evropské Unie bylo povinností implementovat evropské předpisy do naší české legislativy. Proto bylo třeba zákon o odpadech novelizovat na aktuálně stále platné znění: zákon č. 185/2001 Sb. – Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů.

Platná vyhláška 294/2005 Sb. rozděluje skládky podle technického zabezpečení na tři kategorie. Kategorie skládky pak určuje, jaký druh odpadu smí být na skládku ukládán.

- S-IO – Skládka inertního odpadu.
- S-OO – Skládka ostatního odpadu, tato skupina se dělí na 2 podskupiny (S-OO1 a S-OO3) podle množství ukládaného biologicky rozložitelného odpadu.
- S-NO – Skládka nebezpečného odpadu

Moje práce se týká kategorie poslední – skládky nebezpečného odpadu, konkrétně návrhu jejího uzavření a následné rekultivace (technické a biologické). Součástí práce je, kromě finanční analýzy návrhu, i ohlédnutí za způsobem nakládání s nebezpečnými odpady v minulosti. Minulostí je myšlena doba, kdy se na dopady na životní prostředí nehledělo a mohlo tak vzniknout něco, čemu my dnes říkáme staré ekologické zátěže.

2. Terminologie

- **Skládka** – Zařízení pro trvalé uložení odpadu.
- **Rekultivace** – Proces začlenění uzavřené skládky zpět do okolního prostředí a zabránění jeho kontaminace.
- **Fond rekultivace** – Finanční jistina daná zákonem O odpadech 185/2001 Sb. vznikající v průběhu života skládky, ze které je hrazena její poslední fáze – uzavření a rekultivace.
- **Uzavírání skládky** – Proces ukončování skládkování, který zajistí neprodyšné uzavření tělesa skládky, a zamezí tak kontaminaci vnějšího prostředí.
- **Nebezpečný odpad** – Druh odpadu, který má alespoň jednu nebezpečnou vlastnost, který je smíšen nebo znečištěn nějakou ze složek uvedených v zákoně č. 7/2005 Sb. – Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů, který je jako nebezpečný uveden v katalogu odpadů – označení * (vyhláška č. 93/2016 Sb.)
- **Inertní odpad** – Odpad, který nemá nebezpečné vlastnosti a u něhož za normálních klimatických podmínek nedochází k žádným významným fyzikálním, chemickým nebo biologickým změnám. Inertní odpad nehoří ani jinak chemicky či fyzikálně nereaguje, nepodléhá biologickému rozkladu ani nezpůsobuje rozklad jiných látek, s nimiž přichází do styku, a to způsobem ohrožujícím lidské zdraví a ohrožujícím nebo poškozujícím životní prostředí nebo vedoucím k překročení limitů znečišťování stanovených zvláštními právními předpisy¹. Směsný odpad nelze hodnotit jako inertní.
- **Katalog odpadů** – Jmenný seznam odpadů podle daného šestimístného číselného kódu. Příloha vyhlášky č. 93/2016 Sb.
- **Stará ekologická zátěž** – Závažná kontaminace půdního a horninového prostředí, ke které došlo nevhodným nakládáním s nebezpečnými látkami v minulosti, u které není znám, či neexistuje původce.
- **Sorpce** – Schopnost pevné fáze poutat chemické látky z plynů či vody. Adsorpce – Látka se vyskytuje pouze na povrchu pevné fáze (např. poutání anorganických kontaminantů na povrchu půdních zrn). Absorpce – Látka se dostane až dovnitř do struktury pevné fáze (např. chemická absorpce, kdy se kontaminant stává součástí pevné fáze).
- **Pedosféra** – Půdní obal země.
- **Hydrosféra** – Vodní obal země (atmosférická, povrchová, povrchová voda, včetně vody obsažené v živých organismech).
- **Biosféra** – Živý obal země.
- **Atmosféra** – Vzdušný obal země.

¹ Citace z Vyhlášky č. 294/2005 Sb.

- **Návrhová srážka** – Veličina sloužící pro návrh. Hodnoty maximálních denních úhrnů srážek z pravděpodobností opakování N let.
- **Skládkový plyn** – Plyn podobného složení jako zemní plyn, vznikající přirozenými biologickými procesy uvnitř tělesa skládky.
- **Skleníkový plyn** – Plyn způsobující skleníkový efekt.
- **Biologicky rozložitelný odpad (bioodpad)** – Odpad podléhající aerobnímu či anaerobnímu biologickému rozkladu. (při jeho anaerobním rozkladu dochází ke vzniku bioplynu).
- **Koeficient propustnosti** – Veličina charakterizující propustnost horninového prostředí.
- **Evapotranspirace** – Výpar: kombinace výparu z povrchu listů rostlin (transpirace) a z půdního povrchu (evaporace).
- **Srážkový úhrn** – Výška vodního sloupce spadlá za časovou jednotku (např. [mm.hod⁻¹]).
- **Koks** – Zbytkový produkt při zpracování černého uhlí, zde užívaný jako redukční činidlo.
- **Koksokompostový filtr** – Redukční filtr, jehož aktivní složkou je koks.
- **Bentonit** – Přírodní jílovitý materiál (Montmorillonit) upravený do podoby těsnícího/izolačního materiálu. Materiál při kontaktu s vodou zvětšuje svůj objem.
- **Biotop** – Český stanoviště, je soubor všech abiotických (neživých) a biotických (živých) činitelů, vytvářejících životní prostředí určitému organismu či organismům. (Vždy vztaženo ke konkrétnímu druhu či společenstvu.)
- **Ruderál** – Přejídné přírodní společenstvo, které se utváří na člověkem velmi pozmeněném a opuštěném místě, či přirozeně například po povodních.

3.SYNTHESIA, a.s.

Po celou dobu práce spolupracuji s vedením odboru Životního prostředí společnosti Synthesia, a.s. Řešená skládka STOH V je ve vlastnictví společnosti.

V této kapitole je popis společnosti, lokalizace, atd. Hlavním bodem je výroba, kterou se zde zabývají, aby bylo zřejmé, jakého druhu je většina odpadu ukládaného na skládku.

3.1. Profil společnosti

Společnost je předním evropským výrobcem kvalifikované chemie. Organizační struktura firmy je rozdělena do čtyř strategických výrobně obchodních jednotek (SBU-Strategic Business Unit).

- SBU Pigmenty a barviva – Výroba vysoce jakostních organických pigmentů a barviv pro přírodní a syntetické materiály.
- SBU Nitrocelulóza – Výroba průmyslové nitrocelulózy (nátěrové hmoty a laky), energetické celulózy (těžební a zbrojní průmysl), anorganických kyselin a solí a oxycelulózy (zdravotnické, biomedicínské a technické využití). Výroba nitrocelulózy má ve firmě dlouhou tradici.
- SBU Organická chemie – Výroba produktů pro farmacii, výroba pesticidů, polotovarů a zákaznických syntéz (individuální řešení pro konkrétní zákazníky).
- SBU Energetika – Výroba a distribuce energie a páry z vlastní tepelné elektrárny.

Součástí společnosti je i Výzkumný ústav organických syntéz. Zde dochází, za vysokého počtu odborníků z oblasti kvalifikované chemie, k neustálému vývoji a výzkumu při hledání nových technických a technologických řešení v oblasti aplikované chemie.

3.2. Historie společnosti

Začátek společnosti se datuje do roku 1920, kdy v obci Semtín nedaleko města Pardubice vzniká Československá akciová továrna na látky výbušné. V roce 1928 je založen sesterský závod Synthesia, který se specializuje na anorganické produkty pro výrobu výbušnin. Roku 1994 probíhá transformace na akciovou společnost Synthesia, a.s. V roce 2009 se jediným majoritním vlastníkem společnosti stává Agrofert Holding, a.s.

Po celou dobu fungování společnosti dochází k neustálému rozšiřování a modernizování jak výroby, tak i výrobních prostor. Poslední rozsáhlá modernizace teplárny byla ukončena v roce 2016.

Již před rokem 2000 bylo pro společnost jedním z předních zájmů ochrana životního prostředí. Za nejvýznamnější investice v tomto směru jsou považovány tyto výstavby: biologická čistírna odpadních vod, ekologizace teplárny s ohledem na emise

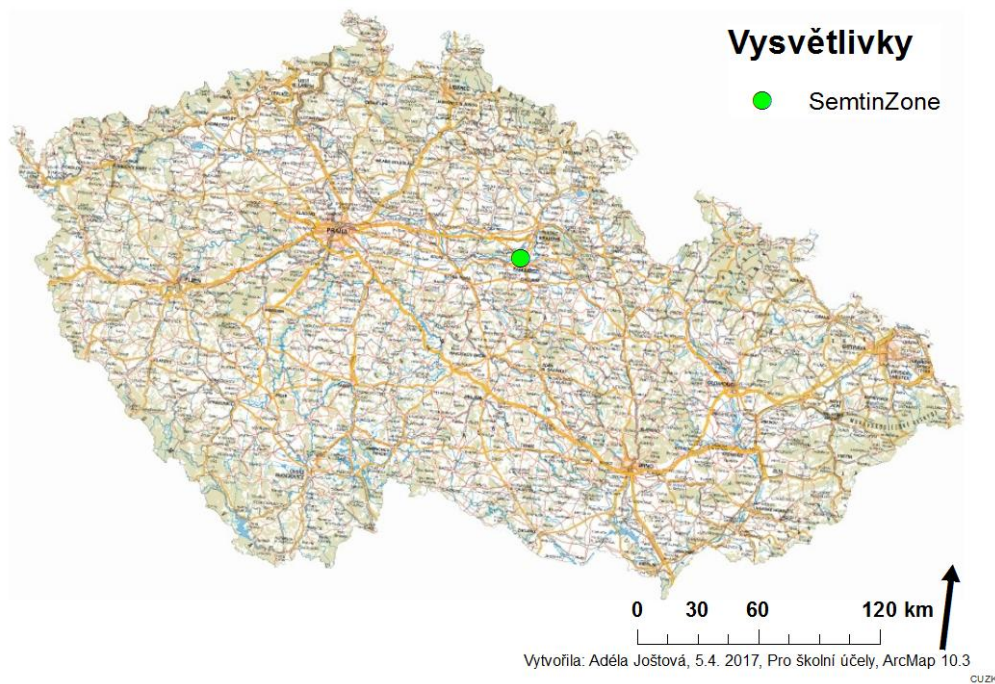
vypouštěné do ovzduší a spalovna odpadů (ta v dnešní době již ukončila provoz).
„Výsledkem těchto aktivit jsou trvale klesající hodnoty znečištění především u odpadních vod a emisí.“²



Obrázek 1: Historický pohled na prostor areálu

3.3. Lokalita

Celá společnost se nachází v areálu **SemtinZone**.



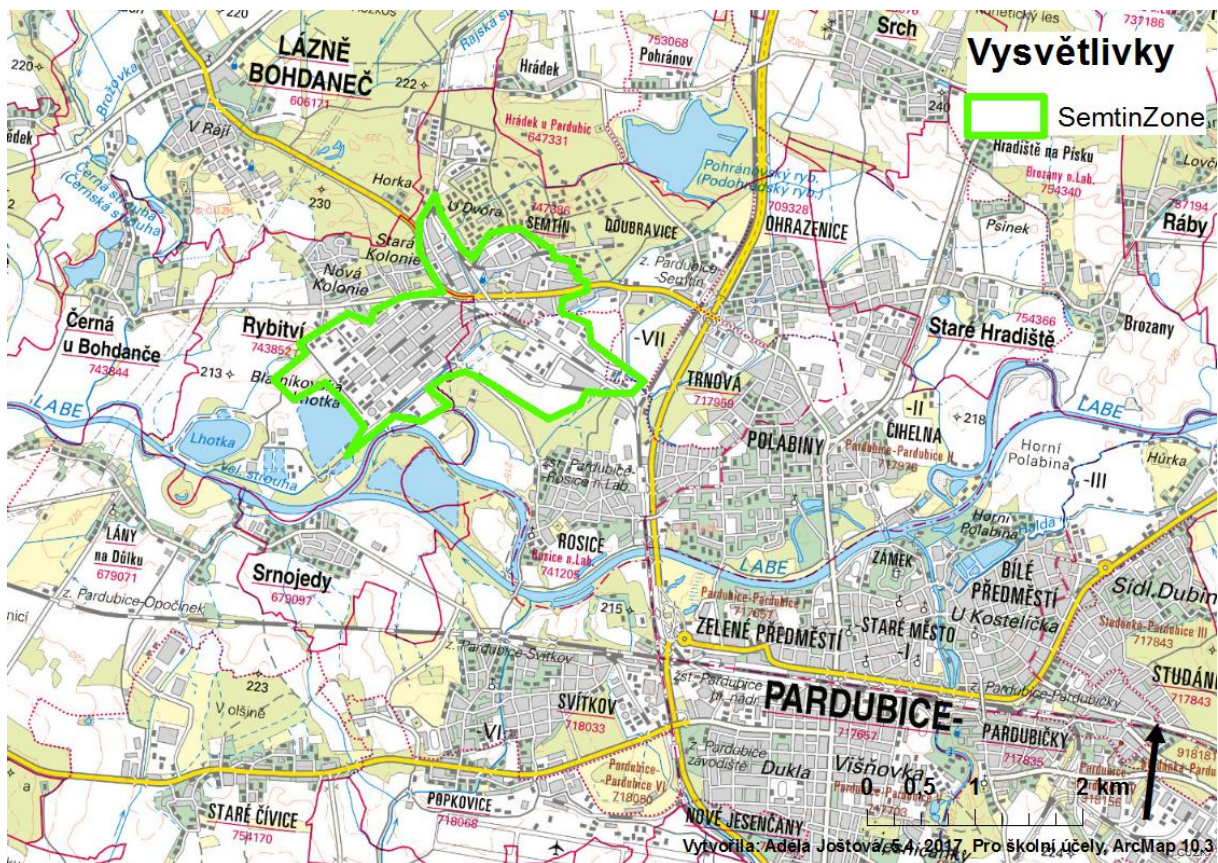
Obrázek 2: Lokalizace v rámci ČR

² Citace z knihy Pohled do historie Synthesie

SemtinZone je nejstarší a nejrozsáhlejší průmyslovou zónou ve východních Čechách. Velikost areálu činí přibližně 7,5 km². Areál se rozkládá severozápadně od centra krajského města Pardubice v části Semtín, mezi městem Lázně Bohdaneč, obcí Rybitví a městskou částí Pardubice Doubravicemi.

Areál nabízí velké množství doplňkových služeb. Mezi nimi například požární ochranu, ostrahu majetku, údržbu, oplocení atd. Celý areál je protkán kompletní infrastrukturou – sítí silnic a železnic. Velkou výhodou je zde i bezproblémový územní plán.

V areálu má své závody nejen společnost Synthesia. Areál využívá i velké množství menších soukromých podniků. Za zmínku stojí společnost Explosia a.s. Původně tato společnost, specializující se na výrobu a vývoj výbušnin, byla součástí Synthesie, ale po druhé světové válce byla společnost převedena pod národní správu a dnes je státním podnikem. Dohromady se v SemtinZone nachází 120 podnikatelských subjektů a denně zde pracuje cca 4500 zaměstnanců.



Obrázek 3: Umístění SemtinZone v širším kontextu

Mise společnosti: „Vše co děláme, děláme s ohledem na životní prostředí. Jsme ekologicky odpovědná společnost, pro kterou je trvale udržitelný rozvoj důležitou součástí podnikání.“³

³ Citace z webové stránky synthesia.eu

4. Staré ekologické zátěže

Toto téma se do mé práce dostalo proto, že zabezpečená skládka nebezpečného odpadu STOH V se nachází v areálu SemtinZone, jehož dlouhá historie je v mnoha ohledech pozitivní, ale je také důvodem, proč se v dané lokalitě nachází značné množství ploch, které můžeme označit jako staré ekologické zátěže. Konkrétně se jedná celkem o osm lokalit s nezabezpečenými skládkami nebezpečného odpadu a s nimi sekundárně kontaminovaná saturovaná zóna horninového prostředí (kontaminované vody a půdy).

Abychom mohli danou kontaminaci horninového (půdního) prostředí, či povrchových i podzemních vod, označit jako starou ekologickou zátěž, je třeba neznat, či nemoci dohledat, původce této kontaminace. Kontaminace se do prostředí dostane nevhodným nakládáním s nebezpečnými látkami v minulosti (nedbalé nakládání, nehody, atd.). Staré ekologické zátěže jsou v České republice velmi rozšířeným problémem vycházejícím z historie.

Nejčastějšími kontaminanty jsou ropné látky, Polychlorované bifenyly, Polybromované bifenyly, Aromatické polychlorované uhlovodíky apod. Podstatně více nebezpečné jsou organické kontaminanty – ty jsou i při nižších koncentracích mnohem více toxické, než kontaminanty anorganické (př. těžké kovy). V České republice je evidováno cca 8900 lokalit starých ekologických zátěží. Jedná se například o lokality starých průmyslových závodů (problém areálu SemtinZone), bývalých vojenských areálů, místa ukončené těžby, nezabezpečené skládky odpadů atd. Z toho počtu je sanace ukončena jen u 166 případů.

Sanační procesy jsou velmi finančně a časově náročné.

Kompetence ohledně takovýchto lokalit spadají pod Ministerstvo životního prostředí, konkrétně pod oddělení OEREŠ – Odbor sanace environmentálních rizik a ekologických škod. Činnost toho oddělení je primárně zaměřena na řešení problému starých ekologických zátěží. Nejvýznamnější je role odborného garanta v procesu odstraňování starých ekologických zátěží vzniklých před privatizací a pobytem sovětské armády na našem území.

Proces odstraňování starých ekologických rizik není financován z centrálního zdroje – podílejí se na něm i další resorty, úloha Ministerstva životního prostředí je především metodická (uvádění a aktualizace přehledu metodik pro řešení problematiky odstraňování starých ekologických zátěží – pokyny a metodické příručky).

Nepopiratelnou součástí aktivit MŽP je také sběr údajů, prezentace těchto dat a poskytování informací o konkrétních lokalitách. Data jsou poskytována například do Územně analytických podkladů. Hlavním zdrojem těchto informací je veřejně přístupná databáze – Systém evidence kontaminovaných míst (SEKM).

V SEKM existuje informativní sekce statistiky, podle které vypadá situace starých ekologických zátěží na území České republiky následovně:

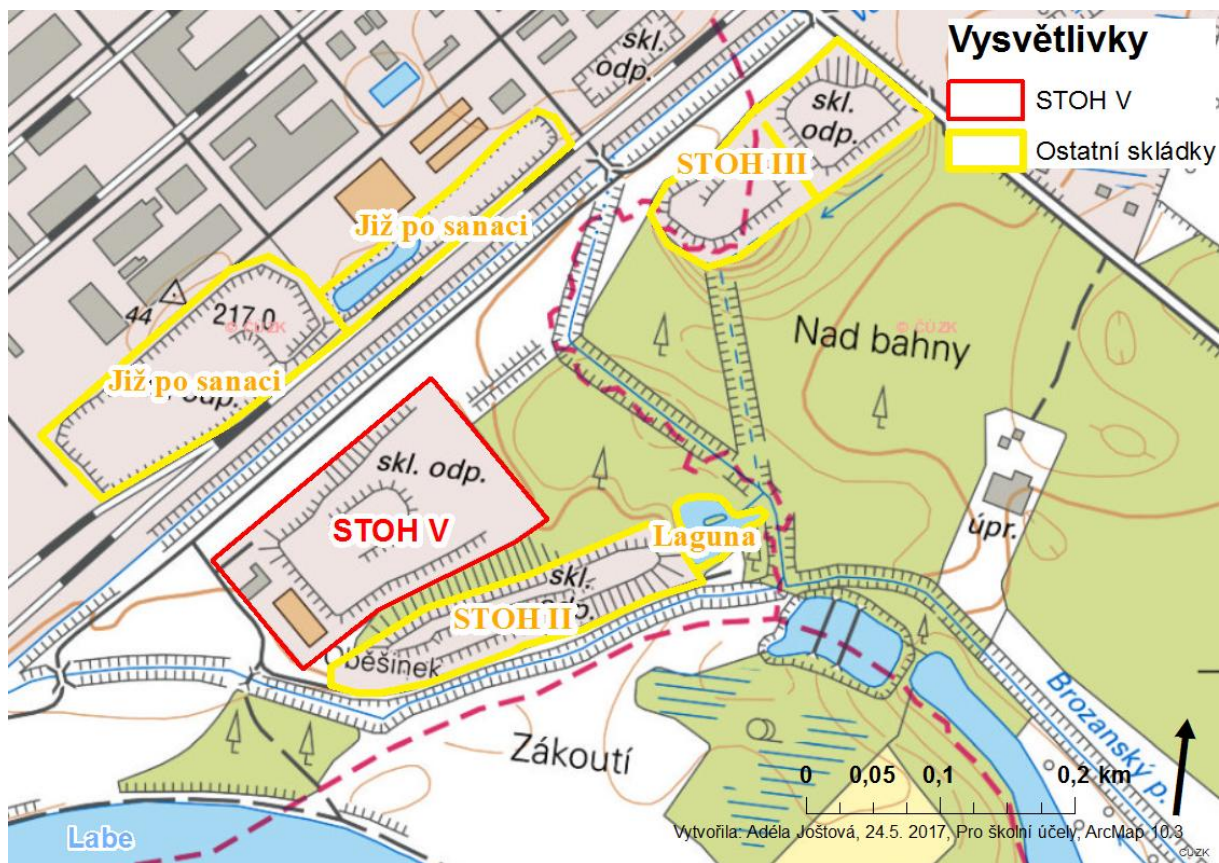
Tabulka 1: Statistická data SEKM

Celkový počet	evidovaných lokalit	4920
	evidovaných látek	301
	evidovaných vzorků	1138888
	lokalit, kde stav není uveden	2336
	lokalit, kde je stav ke schválení	192
	lokalit, kde je stav schválen	2389
	lokalit, kde je stav nepřijat	3
	editujících organizací registrovaných v databázi SEKM	247

Dalším významným směrem MŽP v této problematice je Operační program Životního prostředí, jehož jedním z cílů je dokončení inventarizace a odstranění ekologických zátěží. Tento operační program je slouží jako pomoc krajskýma dalším úřadům.

V problematice starých ekologických zátěží existuje i spousta mezinárodních stanov a úmluv, mezi něž patří například i analýza rizik – Ecological Risk Assessment. Podle této komplexní metody by se měly sanovat lokality podle míry ohrožení okolí. Zjednodušeně: „nejprve ty nejhorší“. V praxi se lze však setkat s případy, kdy se prosazují hlavně aspekty ekonomické – to znamená: přednostně jsou řešeny kontaminace, které jsou nějakým způsobem dále využitelné (zpeněžitelné). Jedná se o lokality, u kterých je známé, ideálně jednosložkové, složení.

Jak již bylo zmíněno výše, věnuji se tomuto tématu z důvodu toho, že v blízkosti řešené skládky STOH V se takového lokality nacházejí. Konkrétně se jedná o nezabezpečené skládky STOH II, STOH III a laguna destilačních zbytků. Tyto skládky pocházejí z 50. let minulého století, kdy zájem o ekologii a prevenci téměř neexistoval. Na těchto lokalitách již proběhl podrobný průzkum a je známo, o jaký druh kontaminace se jedná. Největší míru rizika představuje skládka STOH II, ve které se nachází nesourodá směs nebezpečných odpadů z let minulých. Tato konkrétní skládka je v těsné blízkosti slepého ramene řeky Labe, jak je patrné z následující mapy.



Obrázek 4: Situace s nezabezpečenými skládkami v okolí

To, že se v lokalitě nacházejí takováto místa, zhoršuje možnost objektivního posouzení vlivu skládky STO H V na okolní prostředí. Skládky STO H I, STO H II, STO H III jsou zabezpečeny dle všech požadavků, nepředpokládá se tedy, že její vliv na okolí je jakkoli mimo normu. Monitoring zde probíhá dle všech regulí podle provozního řádu skládky.

4.1. Sanační metody

Sanačních metod existuje nespočetné množství. Jejich výběr se vždy odvíjí od konkrétního druhu znečištění (organické/anorganické, pevné/kapalné/plynné, adsorbované/absorbované, atd.) a lokálních podmínek (směr proudění podzemní vody, geologické a půdní parametry, atd.).

Pro zjištění těchto informací je důležitý průzkum lokality. Tato nutná vstupní činnost se dá rozdělit do několika fází:

- a.) Vstupní průzkum – Zda a o jak vážný problém se v lokalitě jedná.
- b.) Příprava detailního průzkumu – Vytváření plánu odběru vzorků, určení použitých analýz, zásady zdraví a bezpečnosti při práci.
- c.) Samotný průzkum v lokalitě a provádění analýz – Velké množství metod, jejichž hlavní dělení je na metody přímé (vrty) a nepřímé (geofyzikální metody, Atmogeochemie - monitoring půdního vzduchu, atd.).
- d.) Interpretace výsledků – hodnocení, modelování
- e.) Návrh remediačního opatření

Hlavní dělení sanačních metod je dělení na metody:

- Ex situ – Vyzvednutí kontaminované půdy z místa a její následná úprava či odstranění.
- In situ – Metody probíhající přímo na místě, nedochází k pohybu kontaminované půdy.

Dalším dělením je dělení na metody:

- Technické – Mezi tyto metody patří například metody Pump and treat, Air stripping, Chemická oxidace, Stripování parou, Air sparging, Slurping, cirkulační studny, použití pasivních prvků (podzemní stěny těsnící zářezy), propustné reakční bariéry (konstrukce, ve které dochází k odbourávání kontaminantu, ale podzemní voda může volně protékat), atd.
- Bio-elektro-chemické – Do této skupiny patří například: fracturing, elektrokineze, Fytoremediace (čištění prostředí pomocí rostlin), bioremediace (odbourávání kontaminantů pomocí bakterií), MNA – Monitorovaná přírodní atenuace, atd.

5. Skládka odpadu

Jak již bylo zmíněno v úvodu, skládky se dle platné vyhlášky 294/2005 Sb. rozdělují do kategorií – S-IO, S-OO a S-NO (rozdělování skládek závisí na hodnotách vodného výluhu daných druhů odpadů). Kategorie skládky následně určuje míru jejího technického zabezpečení.

- S-IO – Skládka inertního odpadu – Skládka pro inertní odpady kategorií, jejichž vodný výluh nepřekračuje limitní mez výluhové třídy II a hodnoty obsahu škodlivých látek v sušině danou vyhláškou Ministerstva životního prostředí č. 294/2005 Sb.

U skládek tohoto typu není nutná technická izolační bariéra, pokud má podloží takové vlastnosti, že je do hloubky minimálně jednoho metru filtrační koeficient $k_f \leq 1 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$, nebo je doplněno umělou vrstvou tloušťky minimálně 0,5 m.

- S-OO – Skládky ostatního odpadu, jejichž vodný výluh nepřekračuje v žádném z ukazatelů limitní hodnotu výluhové třídy III, pro upravené odpady, jež nelze hodnotit na základě jejich výluhu (komunální odpad, směsný stavební odpad) a pro nebezpečné odpady, jejichž vodný výluh je nižší než hodnoty III třídy vyluhovatelnosti, nebo jsou uloženy v nepropustných kontejnerech. Tyto skládky se dále dělí na podkategorie:
 - S-OO1 – Skládky pro odpady z kategorie ostatní odpad s nízkým množstvím biologicky rozložitelného materiálu a pro odpady z azbestu (ukládání za podmínek stanovených ve vyhlášce 294/2005 Sb. §7.)
 - S-OO3 – Skládky pro odpady s vysokým podílem biologicky rozložitelného odpadu a pro odpady, které nelze hodit na základě jejich vodného výluhu. Nesmí zde být ukládány odpady na bázi sádry.

Skládky této kategorie musí mít dvě bariéry – geologickou (podloží v tloušťce min. 1 m s $k_f \leq 1 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$) a technickou.

- S-NO – Skládky pro nebezpečné odpady a pro odpady nesplňující požadavky ukládání na skládky předchozích kategorií.

Nutnost dvou izolačních bariér. Geologické – podloží s $k_f \leq 1 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$ v tloušťce min. 5 m a technické.

Vybudování skládky se odvíjí od druhů ukládaných odpadů, od kategorie příslušné skládky a od množství ukládaných odpadů.

Výběr lokality pro vybudování skládky podléhá různým hlediskům: pod tělesem skládky se nesmí vyskytovat inženýrské sítě, podloží musí být v ideálním případě co nejméně propustné (snižování nákladů na dodatečné doplňování o umělou bariéru), hladina podzemní vody musí být min. 1 m pod nejnižším bodem izolační vrstvy. Vzdálenost skládky od trvale obydlených objektů, nemocnic a objektů určených k rekreaci musí být minimálně 500 m (nutnost posouzení převládající směr větrů), umístění skládky musí být v souladu s územním plánem (včetně návrhu ochranného pásma skládky).

Výstavba skládek podléhá procesu posouzení dle zákona 100/2001 Sb. Stanovení vlivu na životní prostředí – EIA.

Skládky spadají podle množství ukládaného odpadu buď do působnosti Ministerstva životního prostředí (všechny skládky nebezpečných odpadů a skládky ostatních kategorií s ukládaným množstvím více jak 30000 t.rok⁻¹), nebo do působnosti krajů (skládky s množstvím ukládaných odpadů v rozmezí 1000 – 30000 t.rok⁻¹).

Od druhů ukládaných odpadů se také odvíjejí procesy vznikající v tělese skládky. Nejvýznamnějším takovýmto procesem je proces tvorby skládkového plynu.

5.1. Skládkový plyn

Skládkový plyn vzniká v tělese skládky v průběhu, ale především po ukončení skládkování. Důvodem jeho vzniku je rozklad biologické složky odpadu v anoxických (bez přístupu kyslíku) podmínkách, které uvnitř skládky panují.

Tvorba skládkového plynu na skládkách není žádoucí, a to hned z několika důvodů, mezi něž patří například: účinky plynu na atmosféru (skleníkový plyn) a jeho nebezpečnost. Skládkový plyn je výbušný, bez zápachu a těžší než vzduch.

Složením je skládkový plyn velmi podobný zemnímu plynu. Ze dvou třetin je tvořen methanem (CH₄), zbylou třetinu tvoří oxid uhličitý (CO₂) a příměsi. Z toho vyplývá i jeho možné energetické využití. Čím větší procento methanu plyn obsahuje, tím vyšší kvalitu má.

Vývoj skládkového plynu se liší v čase a dá se rozdělit na 5 fází.

1. Krátká aerobní fáze, při které je spotřebováván kyslík.



Jedná se exotermickou reakci (vytváří se teplo) velmi podobnou dýchání.

2. Přechodná aerobně-anaerobní fáze, dochází k rozpadu složitějších látek na látky jednodušší.

Tuky → mastné kyseliny

Bílkoviny → aminokyseliny

Celulóza → jednoduché cukry

Dochází zde ke zvyšování kyselosti prostředí a vzniku H₂, potřebného pro život methanotvorných bakterií.

3. Anaerobní fáze nestabilního methanového kvašení. Dochází k neutralizaci prostředí a množení methanogenních mikroorganismů.

Zde **začíná produkce** skládkového plynu.

4. Následuje stabilizace podmínek, které je vhodné zachovat (teplo, vlhkost, anaerobní prostředí) – methanové kvašení stabilní.

Fáze produkce použitelného skládkového plynu.

5. Zrání substrátu. Utlumování vývoje plynu, snižování podílu biologicky rozložitelných částí, návrat kyslíku do prostředí.

Množství vzniklého plynu je ovlivňováno řadou faktorů např: složení odpadu, obsah vody v tělese, zajištění anaerobních podmínek (správné hutnění a tvar tělesa). Množství je proměnlivé i v rámci jedné skládky (souvisí s nerovnoměrným rozložením bioodpadu). Různé metody testování množství vznikajícího plynu na místě (nadpovrchová metoda Flux-box, podpovrchové zárazné sondy).

Skládky se podle množství vznikajícího skládkového plynu dělí na skládky:

- a) se slabým vývinem plynu ($0,5-3 \text{ l.m}^{-2}.\text{hod}^{-1}$), není třeba vznik plynu řešit, je jen nutné jeho množství sledovat.
- b) se slabým až středně silným vývinem plynu ($3-20 \text{ l.m}^{-2}.\text{hod}^{-1}$), je nutné zajistit, aby na základě vzniklého tlaku nedošlo k porušení izolačních vrstev skládky (pasivní odvětrávání, spalování ve fléře – vysokoteplotní pochodeň).
- c) s významným vývinem plynu ($20-75 \text{ l.m}^{-2}.\text{hod}^{-1}$), je nutné i výhodné otázku vznikajícího plynu řešit. Nejčastějším využitím skládkového plynu je jeho spalování v kogeneračních jednotkách – vzniká elektrická i tepelná energie. Je možná i úprava skládkového plynu do kvality plynu zemního pomocí jeho přečištění.

Skládka STOH V po ukončení skládkování bude nejpravděpodobněji zařazena do kategorie skládek s žádným až slabým vývinem plynu.

6. Rekultivace skládek

Rekultivací se, dle vyhlášky 294/2005 Sb., rozumí uvedení místa dotčeného zpravidla lidskou činností do souladu s okolím a obnovení funkčnosti povrchu terénu ve vztahu k jeho užívání nebo nově zamýšlenému užívání.

V praxi se jedná o poslední **nutnou** etapu skládkování. Cílem takového jednání je eliminace vlivu uzavřené skládky na okolní prostředí. Zejména na pedosféru, hydrosféru, biosféru a atmosféru. A zároveň je snahou o znovuvyužití ploch a začlenění dotčených prostor zpět do okolní krajiny.

Plán rekultivace je součástí projektové dokumentace již od začátku plánování výstavby nové skládky.

K uzavření a rekultivaci skládky by se mělo přistoupit neprodleně po ukončení skládkování.

Tato činnost se provádí na základě projektu v souladu s normou ČSN 83 80 35 – Uzavírání a rekultivace skládek.

6.1. Uzavření skládky

Uzavřením skládky je chápán souhrn prací a opatření prováděných postupně na tělese skládky bezprostředně po naplnění její kapacity. Tyto činnosti vycházejí z technických a legislativních požadavků v závislosti na kategorii skládky (druhu ukládaného odpadu) a z podmínek v lokalitě. Jedná se de facto o technickou etapu rekultivace, viz níže.

6.2. Postup při rekultivaci

K rekultivaci skládky lze přistoupit dvěma odlišnými způsoby. Buď lze skládku uzavírat postupně po jednotlivých sekcích, nebo celou po úplném naplnění kapacity. K postupnému uzavírání skládky dochází z ekonomických důvodů – na konci se vyhneme jednorázové vysoké platbě za rekultivaci celého dotčeného prostoru. V průběhu ukládání odpadu je třeba dbát na správné tvarování tělesa skládky (tvar, sklony svahů, výška tělesa) a průběžné hutnění odpadu.

Nejprve je třeba provést uzavření skládky (viz. kapitola 6.1.), následně se přistoupí k rekultivaci skládky – k úpravě povrchu skládky. Tato fáze se skládá ze dvou etap – technická a biologická.

Při uzavírání, rekultivaci i plnění skládky je třeba dbát na pravidelné **hutnění** odpadu, aby se co nejvíce předešlo sedání skládky po jejím uzavření – sedání je třeba brát v potaz při návrhu a předejít tak případnému poškození izolačních vrstev.

Technická etapa

Jedná se o stavebně-technické kroky uzavírání tělesa skládky. Provádí se u zabezpečených skládek. Některé kroky se provádějí po celou dobu životnosti skládky (tvar tělesa, odvodnění, odplynění, hutnění).

- Úprava tvaru tělesa skládky - Tvar tělesa skládky závisí na návrhu (dle ukládaného druhu odpadu a reliéfu okolního prostředí). Návrh je tvořen s ohledem na stabilitu svahů (sklony $1:2 \div 1:5$) a na následné využití plochy. Důležité je dostatečné zhutnění.
- Izolace odpadu – Hranice mezi odpadem a ochrannými bariérami uzavírajícími skládku je prováděna pomocí vyrovnávací vrstvy. Jedná se o vrstvu jemnozrnného materiálu (např. štěrk) o tloušťce desítek cm. Tato vrstva slouží k vyrovnání nerovností povrchu, ke tvarování tělesa a jako ochrana proti porušení ochranných vrstev odpadem.
- Ochranná bariéra – Existují dva základní typy ochranných bariér: přirozená a umělá. Přirozenou bariérou se rozumí vhodné podloží (skalní podklad, jílovité zeminy, atp.). Z toho vyplývá, že přirozenou bariéru lze uvažovat jen u spodní izolace skládky. U svrchní izolace skládky se tedy používá výhradně bariéra umělá. Jejím hlavním účelem je zamezení vniku povrchových (dešťových) vod do tělesa skládky. Materiálovým řešením těchto vrstev jsou např. fólie, geokompozity či přírodní materiály. Tento funkční prvek je ještě chráněn před poškozením ochrannými prvky (např. geotextílie).
- Odvodnění – Jedná se o odvodnění vnější – svodné příkopy podél tělesa skládky, ze kterých je voda bezpečně odvedena (vnější odvodnění je navrženo na návrhovou srážku) a odvodnění vnitřní. Odvodnění uvnitř tělesa skládky je řešeno kombinací plošné a trubní drenáže. Plošnou drenáž tvoří obvykle vrstvy zrnitého materiálu (např. štěrk frakce 16/32), nebo syntetické materiály (geotkaniny, geomřížky). Trubní drenáž je řešena obvykle pomocí perforovaných PE trubek (průměry 200÷400 mm – průměr trubky dle typu drenu (svodný, záchytný)). Trubky jsou proti ucpání perforace chráněny buď pomocí štěrkového obsypu, nebo geotextílií. Voda svedená z tělesa skládky je jímána v jímce vyluhovaných vod, odkud je bezpečně odvedena. Účelem odvodnění je, aby se v tělese skládky nehromadila přebytečná, převážně srážková, voda a aby voda kontaminovaná stykem s odpadem byla bezpečně odvedena a nedocházelo k nežádoucímu ovlivnění okolí.
- Odplynění – Odplynění není nutné řešit vždy. Skládky se dělí, podle množství vznikajícího skládkového plynu, na skládky se slabým vývinem plynu, se slabým až středně silným vývinem plynu a na skládky s významným vývinem plynu. Množství vzniklého skládkového plynu závisí na množství ukládaného biologicky rozložitelného odpadu. U skládek se slabým vývinem není třeba plyn odčerpávat, je nutné jen vývin průběžně sledovat, zda nedochází ke změně množství vznikajícího plynu. U skládek se silnějším vývinem plynu je nutné, a mnohdy i výhodné, jeho čerpání řešit. Nutné z důvodu ochrany izolačních vrstev proti porušení (např. pomocí pasivního odvětrávání), výhodné z možnosti

dalšího zpracování skládkového plynu (převážnou část plynu tvoří methan). Plyn je zpracováván v kogeneračních jednotkách – tvorba tepla a elektřiny, může být i upraven pomocí přečištění do kvality zemního plynu.

Odplynění je řešeno nejlépe kombinací vertikálních a horizontálních prvků. Vertikálními prvky jsou jímací šachty – velkopřůměrové vrty s perforovanými HDPE trubkami, které procházejí celým profilem tělesa skládky a jsou v průběhu plnění skládky průběžně nastavovány a chráněny proti ucpaní (štěrkový obsyp, geotextílie). Jako horizontální prvek je používáno drenážní perforované potrubí. Jedná se o bezobslužné zařízení.

Odtah plynu může být řešen dvěma způsoby – aktivně a pasivně. Aktivní odtah plynu pomocí čerpání je účinnější avšak náročnější variantou (nutnost čerpadla). U pasivního odtahu je využíváno vlastního přetlaku plynu v tělese skládky.

- Ochranná a rekultivační vrstva – Jedná se o poslední svrchní vrstvu souvrství, která slouží k dalšímu využití povrchu a zároveň jako ochrana vrstev pod ní. Tato vrstva se skládá ze zeminy, přičemž zcela na vrchu je vrstva zeminy úrodné, jejíž mocnost je závislá na typu rekultivační sadby. Celá tato vrstva má mocnost v řádech desítek centimetrů až jednotek metrů.

Biologická etapa

Konečná fáze - zapojení uzavřené skládky do okolního prostředí. Detaily této fáze záleží na následném způsobu využití prostor. Existuje více typů:

- Lesnická – Nejběžnější způsob využití rekultivovaných ploch. Po procesu oživení půdy zde vzniká plnohodnotný lesní porost (má vodohospodářskou, klimatickou, hygienickou a biologickou funkci). Je třeba volit dřeviny, jejichž kořenový systém neporuší izolační vrstvy skládky, a to nejméně po dobu 30 let.
- Zemědělská – Využití plochy pro pěstování energetických a technických plodin. Případně pro sadovou výsadbu – nutno přizpůsobit tvar tělesa skládky (terasování). Pro pěstování polních plodin je třeba hnojit a zavlažovat.
- Rekreační – Nový trend ve využívání rekultivovaných prostor. Není zcela běžným řešením zrovna u rekultivace skládek, ale je toho řešení využíváno například u povrchových lomů s ukončenou těžbou. Jedná se o zaplavování, tvorbu sportovišť, parků, autodromů atd.
- Ostatní – Připuštění si toho, že je tato plocha již určitým způsobem znehodnocena – kompostárny, separační linky, sklady, odstavné plochy, atd.

Monitoring

Procesem uzavření a následného začlenění tělesa skládky do okolního prostředí péče o skládku nekončí. Ideální variantou je monitorování konkrétních dat ještě před vznikem skládky. Z toho průzkumu lze zjistit výchozí informace a následně přesný dopad skládky na okolní prostředí skrze změnu měřených hodnot.

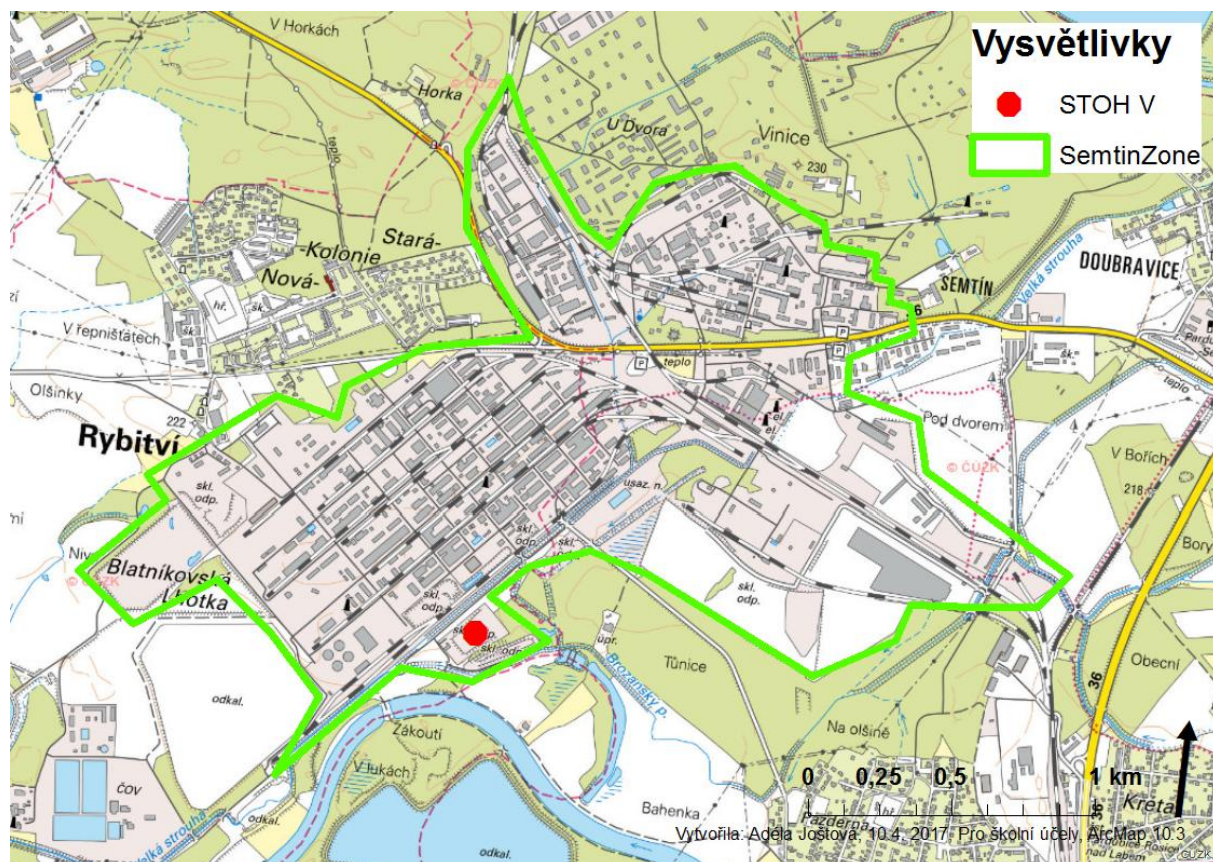
Monitoring probíhá i po celou dobu ukládání odpadu.

Po uzavření skládky probíhá monitoring i nadále. Dobu, po kterou monitoring probíhá, určuje kategorie skládky. Doba se pohybuje v rozmezí minimálně 5 let, v extrémních případech až let 50.

Sleduje se více parametrů, hlavní myšlenkou je, že je znám obsah skládky, ví se tedy, jaké parametry je vhodné sledovat. Převážně se jedná o sledování: podzemní vody (úroveň hladiny a kvalita), kvality průsakových vod v drenážní jímce, jakost vod vnějšího drenážního systému, vývin a kvalita skládkového plynu, sedání tělesa skládky, zápach, prašnost, atd.

Účelem monitoringu je kontrola správného provedení a odolnost uzavření skládky – zda vše funguje, tak jak bylo navrženo. A zda nedochází k trvalým vlivům na okolní prostředí.

7.STOH V



Obrázek 5: Lokace STO Hu V v rámci areálu SemtinZone

7.1. Stávající stav

Skládka je ve vlastnictví firmy Synthesia, a.s. Skládka je provozována třetí osobou.

Na skládku je ukládán odpad v souladu s provozním řádem skládky (podrobněji viz kapitola 7.2.). Pro stavbu tělesa skládky je používán inertní odpad (především stavební suť).

Dle platné smlouvy s provozovatelem skládky lze na skládku ukládat 7700 tun odpadu ročně, to odpovídá $6160 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}$. Pokud budou dodržovány tyto podmínky ukládání, je odhad naplnění volné kapacity skládky výhledově v polovině roku 2022.

V případě uzavření nové smlouvy, která udává množství ukládaného odpadu 5000 t/rok ($4000 \text{ m}^3/\text{rok}$), bude zbývající kapacita naplněna přibližně v polovině roku 2025.

Kapacita skládky byla již v minulosti několikrát navýšena na aktuální povolenou maximální kapacitu 160800 m^3 . Tato kapacita je již konečná, další její navýšení nemůžeme očekávat.

Po naplnění volného prostoru skládky je třeba neprodleně řešit její uzavření a následnou rekultivaci zasažených prostor. K tomuto účelu existuje fond rekultivace. Na tento fond je z každé tuny odpadu ukládána konkrétní finanční částka – základní

poplatek od roku 2009 za komunální a ostatní odpad činí 500 Kč.t⁻¹ za odpad nebezpečný je tato částka 1700 Kč.t⁻¹, nebezpečný odpad je dále zatížen rizikovým poplatkem 4500 Kč.t⁻¹, dle zákona O odpadech a změně některých dalších zákonů 185/2001 Sb. Ke dni 30.4.2015 bylo v tomto fondu 5 016 126 Kč. Odhad předpokládá, že za deset let ve fondu bude cca 9 000 000 Kč. Je zřejmé, že tato finanční jistina pro účel ukončení činnosti skládky nebude dostačující.

Cílem uzavření je samozřejmě správný technologický postup a s ním spojený co nejmenší dopad na okolní prostředí, ale i optimalizace finanční náročnosti.

7.2. Odpad

Druhy odpadů, které lze na skládku ukládat jsou jasně stanoveny provozním řádem skládky. Celkově se jedná o 385 druhů odpadů, určených katalogovými čísly. Odpady jsou z kategorií O, N a O/N.

K různým druhům odpadů se přistupuje odlišně. Některé odpady jsou ukládány na základě odborných posudků (např. odpad 10 01 01 – škvára, struska a kotelní prach). Některé jen v případě, že původce odpadu doloží, pomocí čestného prohlášení, že odpad již dále nelze z technologických důvodů recyklovat, a to jak materiálově tak energeticky (např. obaly znečištěné nežádoucími příměsemi – odpad 15 01 02).

Odpady jsou na skládku ukládány dle své kategorie a vlastností na jednotlivé části skládky (případně do jednotlivých sektorů skládky).

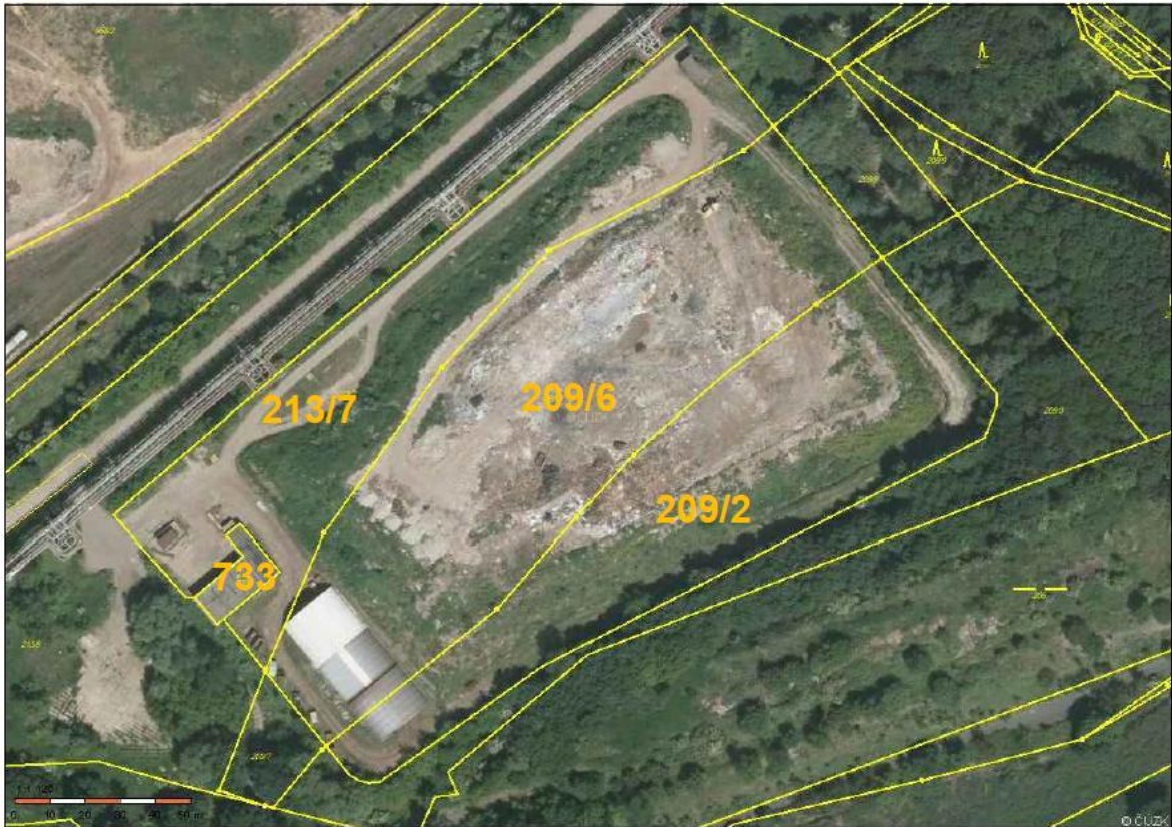
Provozní řád dále vymezuje druhy odpadů používané na skládce jako technologický materiál pro zajištění skládky. Jedná se o odpady s vhodnými fyzikálně chemickými a mechanickými vlastnostmi pro tento účel. Ve většině případů se jedná o směs odpadů ze 70 % tvořenou zeminou, kamením apod. a z 30 % tvořenou zbytky po třídění – dřevo, plasty, drobný kovový materiál. Pomocí těchto odpadů jsou tvořeny mezivrstvy mezi jednotlivými odpady a hrázky. Odpady slouží též pro horizontální a vertikální oddělování jednotlivých kazet skládky. Zde svými vlastnostmi jasně vyznačují dělící hranice a tvoří vhodnou pojezdovou plochu pro mechanizaci.

Kromě daných vlastností a druhů odpadů provozní řád udává i postup ukládání a podmínky, za kterých bude odpad na skládku přijat.

7.3. Popis areálu skládky

Pozemek

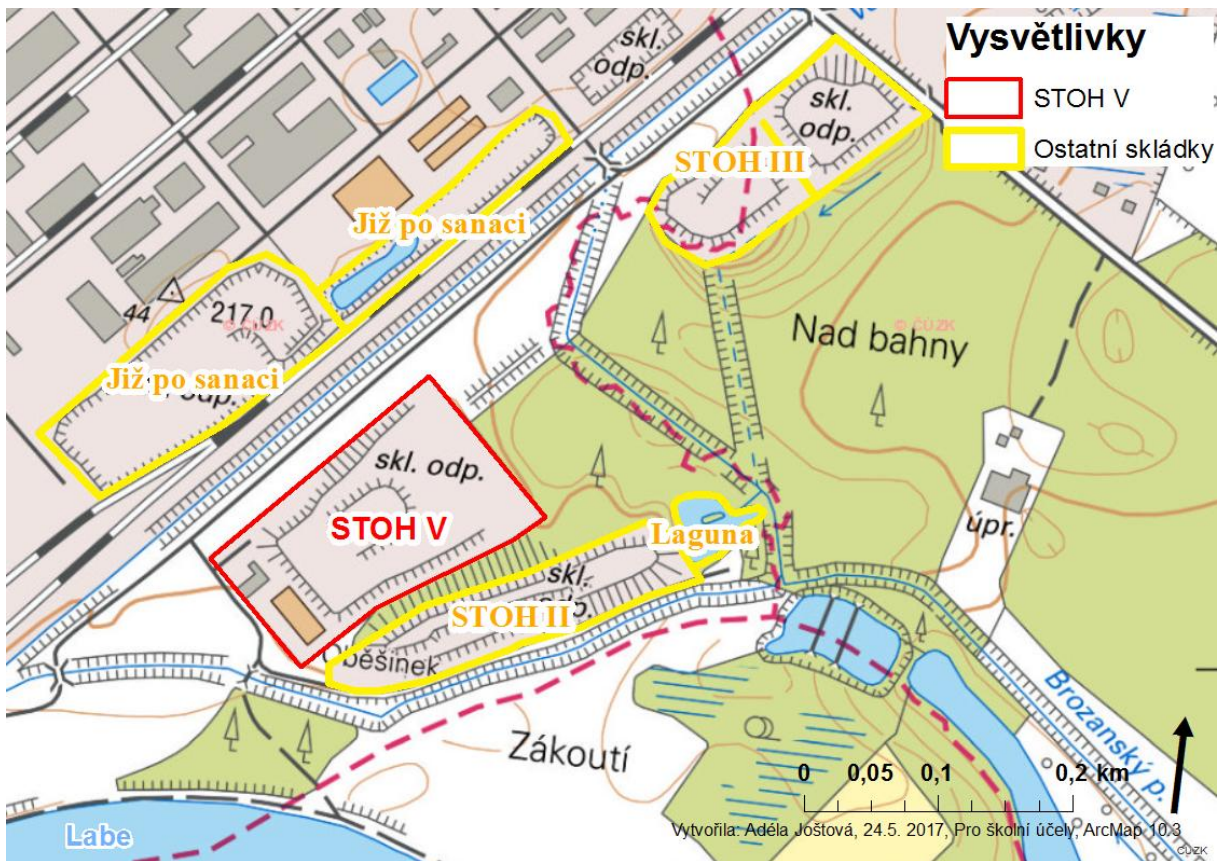
Areál skládky zaujímá plochu cca 2,8 ha. Dle katastrální mapy se rozkládá na třech pozemkových parcelách – 213/7, 209/6 a 209/2. Jedná se o katastrální území Rybitví. Pozemky se nacházejí jihovýchodně od rybtevske části areálu Synthesia, a.s. Na území skládky se nacházejí tři stavební objekty – vrátnice, provozní budova a hala K-18. Provozní budova stojí na stavební parcele č. 733.



Obrázek 6: Katastrální mapa území, zdroj: nahlizenidokn.cuzk.cz

Areál skládky se nachází v přímé blízkosti slepého ramene řeky Labe. Střed tělesa skládky je od toku vzdálen cca 250 m.

V těsné blízkosti skládky se nacházejí nezabezpečené skládky z minulosti se statutem starých ekologických zátěží – STOH II, STOH III a laguna destilačních zbytků, situace viz následující mapa. Z té jsou patrné i prostory dalších dvou již sanovaných skládek.



Obrázek 7: Situace, skládky v okolí

Provozní objekty

Celý areál je po obvodu obehnan plotem – oplocení z betonových dílců o délce 500 m a oplocení z pletiva o délce 180 m, minimální výšky 180 cm. Za uzamykatelnou bránu u vstupu je areál vybaven automatickou váhou s počítačem.

V provozní budově se nachází šatna, sociální zařízení, kancelář mistra a především jímka průsakových vod s čerpací stanicí. Součástí provozní budovy jsou i garáže kompaktoru.

Celá plocha vstupního areálu je zpevněna, odpadní vody z této plochy jsou odvedeny do jímky průsakových vod.

V severovýchodním rohu areálu je mycí plocha pro znečištěná vozidla z prostoru skládky. Odpadní vody z tohoto prostoru stékají do drenážního systému skládkového tělesa.

Hala K – 18

Hala K – 18 s půdorysnými rozměry 43 x 18 m slouží výhradně ke skladování a dotřídování odpadu. Prostor je nedílnou součástí skládky STO H V.

Hala je zároveň zajištěným skladem nebezpečných odpadů. To znamená, že je zařízení svým vybavením vhodné pro dočasné soustředování a shromažďování nebezpečných odpadů (seznam povolených odpadů je součástí provozního řádu, např. odpady jinak blíže neurčené (průmyslové smetky)). Odpady jsou v hale

skladovány v uzavřených obalech a kontejnerech. Maximální skladované množství je stanoveno na 250 t s ohledem na zachování manipulačního prostoru.

Příjezdová komunikace

Příjezd na skládku STOH V je zajištěn výhradně po vnitropodnikových komunikacích společnosti Synthesia přes vjezdovou bránu Rybitví.

Doprava a vykládka odpadů na skládce je zajišťována provozovatelem skládky.

Osoba určená provozovatelem zodpovídá za dodržování režimu a platné legislativy a za to, že náklad nebude znečišťovat vozovky a jejich okolí, převážně poléťavými složkami odpadu.



Obrázek 8: Rozmístění objektů v rámci areálu skládky

7.4. Vývoj objektu v čase

Od vzniku skládky došlo v době jejího užívání k několika změnám, nejdůležitějšími bylo opětovné navýšení kapacity na konečných 160 800 m³. Kdy a k jakým změnám docházelo je zřejmé z následujícího přehledu:

1991 – Vznik stavebního plánu

1992 – Výstavba stavebních objektů skládky a uvedení do provozu

1996 – Rekultivace a změna kubatury – navýšení tělesa skládky o 6 m a změna sklonu obvodových svahů na 1:1,5. (Tento projekt nebyl uveden do praxe.)

2003 – Navýšení kapacity skládky STOH V – sklon svahů 1:2,25, horní hrana skládkového tělesa má kótu 230 m n. m.

2006 – Plán úprav dle Vyhlášky MŽP ČR č.294/2005Sb.

2007 – Terénní úpravy

2022/2025 – Výhledové naplnění kapacity skládky.

Následuje podrobnější popis nejdůležitějších poznatků a změn.

Stavební objekty

V areálu skládky se nachází větší množství stavebních objektů (viz kapitola 7.3.). Zde je jejich představení z doby výstavby, dle platné projektové dokumentace z roku 1991. Původní navržená kapacita skládky je 104 000 m³.

SO 1 – Odstranění porostů

SO 2 – Úprava území

SO 3 – **Základní těsnící prvek** – podrobnější popis spodního těsnícího prvku viz kapitola 7.5.

SO 5 – Příjezdová komunikace

SO 6 – Přeložka vodovodního potrubí

SO 7 – Přípojka pitné vody

SO 10 – Přípojka páry

SO 11 – Oplocení

SO 8 – Výtlač výluhových vod

SO 9 – Požární vodovod

SO 16 – Provozní budova

SO 17 – Vrátnice

SO 19 – Příprava staveniště

PS 2 – Čerpací stanice výluhů

SO 20 – Hala K 18

SO 21 – Rekonstrukce komunikace

V době projekční přípravy (1991) a vlastní výstavby skládky (1992) nebyla v platnosti Příloha č. 4 k nařízení vlády ČR zákona č. 513/1992 Sb., ani norma ČSN 83 80 30 – Skládkování odpadů. Skládky proto byla navržena a postavena podle

tehdy platné německé směrnice (Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit – Gesamtfassung der Zweiten allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz – TA Abfall). Požadavky na zabezpečení skládky nebezpečných odpadů jsou této směrnici mnohem přísnější (min. 3 m podloží o propustnosti $< 1 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$, 1,5 m minerálního těsnění, HDPE fólie min. tloušťky 2,5 mm), než požadují naše aktuální legislativní předpisy. Zabezpečení dna skládky tedy našim platným legislativním předpisům plně vyhovuje.

Rekultivace a změna kubatury (1996)

Projekt byl zpracován v květnu 1996 společností Interprojekt Odpady.

Projekt novelizuje stavební objekt SO 4 – Základní těsnící prvek původní projektové dokumentace při dodržení vybudované zabezpečené půdorysné plochy.

Návrh předpokládá zvýšení tělesa skládky o 6 m a změnu sklonu obvodových svahů na sklon 1:1,5.

Důležité je, že se zde vyskytuje první návrh rekultivace skládky. Dokumentace je mnohem méně obsáhlá a neobsahuje veškeré potřebné informace, z dnešního pohledu, pro provedení. Těsnící a krycí prvek je zde navržen v souladu s normou ČSN 83 80 30 a jsou zde respektovány požadavky zpracované TNO 83 80 35 (dnes ČSN 83 80 35).

Navýšení kapacity skládky STOH V (2003)

Projekt byl realizován stejnou firmou jako projekt předchozí – Interprojekt Odpady s.r.o. Navýšení kapacity je navrženo pouhou úpravou tvaru tělesa skládky.

Tento projekt nabízí dvě variantní řešení navýšení kapacity skládky a vlastní technické řešení rekultivace v návaznosti na úpravu tvaru skládkového tělesa.

Jedno z řešení uvažuje se sklonem svahů 1:1,5 a s konečnou kótou horní hrany skládkového tělesa v úrovni 235,00 m n. m. Při tomto řešení by celková kapacita skládky byla 202 600 m³. Od tohoto řešení bylo třeba ustoupit, i přesto, že zajišťuje větší celkovou kapacitu. Při tomto tvaru by nebylo možné provést nutnou rekultivaci, nebylo by možné zajistit dostatečnou stabilitu rekultivační vrstvy na svazích bez extrémního technického řešení.

Proto bylo přistoupeno k druhému variantnímu řešení. To uvažuje sklon svahů 1:2,25 a konečnou horní hranu skládkového tělesa v úrovni 230,00 m n. m., tato varianta zajistí celkovou kapacitu 160 800 m³.

Součástí projektu je mimo jiné vyjádření výrobce spodní těsnící vrstvy, zda nebude při přitížení ohrožena její funkčnost. Výrobce udává stálost těsnících vrstev při maximální výšce odpadu 45 m. Na skládce má nejvyšší sloupec odpadu cca 17 m, funkčnost prvku tedy není ohrožena.



Obrázek 9: Aktuální těleso skládky s kompaktořem



Obrázek 10: Hala K-18 a provozní budova

7.5. Základní těsnící prvek skládky

Jedná se o skládku kategorie S–NO. U této kategorie skládek legislativa ukládá nutnost kombinace minimálně dvou bariér - geologické a technické.

Spodní těsnění brání úniku škodlivých látek ze skládky do okolního prostředí. U všech typů skládek je na toto těsnění kladen velký důraz. V případě skládky nebezpečného odpadu to platí dvojnásob.

Skládka se nachází v inundačním území řeky Labe. Zde jsou podmínky pro zřízení skládky jednoznačně určeny úrovní hladiny 100leté vody v prostoru situování skládky (215, 62 m n. m.). V průměru na tuto úroveň je umísťováno dno ukládání odpadu (zamezení vzniku vztlačových sil v podloží). Koruny obvodových hrází tělesa skládky jsou v úrovni 217,20 m n. m., to jest 1,58 m nad úrovní hladiny 100leté vody. Úroveň koruny těsnícího obvodového prvku je 216,80 m n. m., což je 1,18 m nad úrovní 100leté vody a je bezpečností jistinou proti zatopení úložného prostoru skládky a z toho plynoucí kontaminace povodňových průtoků.

Hladina podzemní vody se nachází cca 2 m pod základovou spárou dna skládky. Je tedy splněn požadovaný limit, který udává minimální rozestup hladiny podzemní vody a takovéto konstrukce na hodnotu jednoho metru.

Geologická bariéra

Jedná se o přirozené geologické podloží o konkrétních vlastnostech. Podmínky pro nepropustnou geologickou bariéru jsou splněny, pokud má podloží minimálně v tloušťce 5 m koeficient propustnosti $k_f \leq 1 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Pokud tomu tak není, musí být geologická bariéra doplněna o bariéru technickou.

Při přípravě skládky STOH V byl proveden geologický a hydrogeologický průzkum zájmové lokality. V projektové dokumentaci je uvedeno, že se zde nachází vrstva místních **zahliněných štěrkopísků** zhutněných na 95 % o mocnosti větší než 3 m s koeficientem propustnosti v celé ploše $k_f \leq 1 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Tyto parametry podloží splňují požadavky vícebarierového těsnícího prvku skládky nebezpečných odpadů dle tehdejší legislativy. Geologická bariéra musí být tedy doplněna o bariéru technickou.

Technická bariéra

Technická bariéra je doplněním bariéry geologické, pokud u ní nejsou splněny požadovaná vlastnosti.

Pro tento účel se využívají buď jednoduché těsnící prvky, nebo těsnící prvky kombinované – takovéto vrstvy působí synergicky (navzájem zlepšují své vlastnosti). Materiálovým řešením jsou například bentonitové rohože, geomembrány (PE, PVC) či minerální těsnění.

Na skládce STOH V je použit kombinovaný těsnící prvek. Konkrétně se jedná o kombinaci minerálního těsnění a HDPE folie.

Minerální těsnění (které musí splňovat dané požadavky – musí být zhutnitelné a mít koeficient propustnosti $k_f \leq 1 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$) bylo postupně rozprostíráno a hutněno ve vrstvách o tl. 25 cm, do doby než bylo dosaženo konečné tloušťky 1,5 m. Na vrstvu minerálního těsnění byla položena a svařena HDPE fólie o tl. 2,5 mm. Tato fólie je v celé své ploše chráněna geotextílií o hustotě 400 g.m^{-2} . Další ochrannou vrstvou fóliového těsnění je vrstva jemného písku o tl. 0,2 m.

Těsnící prvek je spojen i s provedením drenáže. Drenáž slouží k bezpečnému odvedení vod a případného vzniklého skládkového plynu z tělesa skládky.

V případě skládky STOH V je drenáž řešena kombinací plošné a trubní drenáže. Celoplošným drenážním prvkem je vrstva nezahliněného praného říčního štěrku o tl. 0,4 m. Trubní drenáž je řešena drenážním potrubím o $\varnothing 300 \text{ mm}$ s obsypem z tříděného říčního štěrku frakce 16/32 proti ucpání v délce 215 m. Toto potrubí odebírá výluhové skládkové vody a zaústuje do vnějšího drenážního systému z obetonovaného kameniva o $\varnothing 300 \text{ mm}$ dlouhého 220 m.

Vnější drenáž je v celé délce uložena ve výkopu o průměrné hloubce 2 m v zemině 3. třídy těžitelnosti a je zaústěna do čerpací jímky výluhových vod. Na trase potrubí jsou zřízeny 4 šachtice umožňující kontrolu průtoku. Voda z jímky je vedena potrubím do vnitropodnikové kanalizace B, která ústí v ČOV.

Odpad ukládaný na skládku neprodukuje skládkový plyn. Plynová drenáž u skládky tedy řešena není. V plánu rekultivace je i přesto s jednoduchým odplyněním uvažováno. Zda bude odplynění realizováno, bude záležet na výsledcích průzkumů po ukončení skládkování.

7.6. Monitoring

Na základě provozního řádu je provozovatel skládky povinen zajišťovat pozorování podle programu kontroly a monitorování (ČSN 83 80 36 – Skládkování odpadů – Monitorování skládek). Současně s tím je povinen výsledky těchto pozorování vyhodnocovat a předávat je Odboru životního prostředí a zemědělství Krajského úřadu Pardubice, a to vždy jeden krát ročně.

Frekvence a rozsah jednotlivých bodů programu je jasně stanoven provozním řádem.

V programu jsou následující body podléhající kontrole:

- **Podzemní voda** – Monitoring podzemní vody je prováděn pomocí monitorovacích vrtů (rozmístění vrtů viz příloha č. 1). Monitorovací vrty jsou umístěny ve směru proudění podzemní vody.
- **Průsaková voda** – K odebírání vzorků dochází z akumulační jímky průsakových vod.
- **Jakost a množství skládkového plynu** – Sledování je prováděno podpovrchovým průzkumem pomocí sond. (Měření je prováděno na jaře, či na podzim).

- **Pachové látky**
- **Údaje o skládkovém tělese** – Zjišťování deformace tělesa skládky a výpočet zbývající volné kapacity skládky pomocí pevného měřičského bodu a geodetického zařízení.
- **Kontrola funkčnosti všech opatření určených k ochraně životního prostředí**

Denně dochází ke kontrole úrovně hladiny průsakových vod v jímce (pomocí měrného zařízení) a funkčnosti technického vybavení skládky (vizuální kontrola).



Obrázek 11: Pohled na těleso skládky od vrátnice

8. Samotný návrh rekultivace skládky STOH V

Obvykle je takovýto návrh variantním řešením. Pro potřeby následné finanční analýzy se budu zabírat jen jedním konkrétním řešením, s tím, že jednotlivé detaily lze řešit například pomocí jiných materiálů, jiných druhů dřevin, atp.

Tato kapitola řeší vlastní technické řešení rekultivace. Toto řešení musí zabránit případnému vymývání kontaminantů z prostoru skládky, eliminaci vsakování srážkových vod skrze povrch skládky (minimalizace množství vody v tělese skládky) a slouží též jako ochrana izolačních bariér skládky a k následnému začlenění rekultivované skládky do okolí.

Zda bude třeba řešit odvod případně vznikajícího skládkového plynu, je nutné ověřit před zpracováním prováděcí dokumentace.

V areálu se nacházejí objekty (váha, vrátnice, provozní budova, hala K18 a dále komunikační napojení, napojení na inženýrské sítě), jejichž využití je možné i po ukončení skládkování. Jak s nimi bude naloženo, je na zvážení majitele.

Na základě projektové dokumentace bude provedeno posouzení vlivu stavby na životní prostředí a bude zpracována a projednána změna dokumentace IPPC.

Rekultivace a uzavření skládky je stavbou, proto je možno proces rozdělit na stavební objekty.

- SO 1 – Terénní úpravy
- SO 2 – Odplynění skládky
- SO 3 – Technická rekultivace
- SO 4 – Odvodnění
- SO 5 – Biologická rekultivace

8.1. Průběh stavby

Stavbu lze rozdělit do dvou na sebe navazujících celků:

1. Provoz skládky do vyčerpání navržené kapacity

Původní návrh skládky počítal s kapacitou 104 000 m³. V průběhu životnosti skládky docházelo k průběžným konzultacím a úpravě svahů skládkového tělesa. Konečným řešením je návrh umožňující kapacitu skládky 160 800 m³. Toto řešení udává sklon svahů 1:2,25 a horní hrana skládkového tělesa je v úrovni 230,00 m n. m.

Orientační ověření stability je uvedeno jako příloha č. 2.

2. Rekultivace skládky po ukončení jejího provozu

V konečné fázi po ukončení skládkování – dosažení konečného tvaru a tedy i kapacity skládky je potřeba provést uzavření a rekultivaci skládky. Cílem je: minimalizovat pronikání srážkových vod do tělesa skládky, aby nedocházelo ke zvyšování hydrodynamických tlaků vody na podloží skládky, aby bylo zabráněno kontaminaci

srážkových vod, ke které by docházelo v případě jejich protékání skrz těleso skládky, ochrana izolačních bariér skládky a zapojení do okolní krajiny.

Ke konci provozu skládky bude provedeno dotvarování skládkového tělesa s ohledem na zajištění odtoku srážkových vod z povrchu skládky a ohledem na odvádění skládkového plynu. Po prověření správného tvaru tělesa bude následovat technická rekultivace skládky.

Na urovnaný a dostatečně zhutněný povrch bude uložena vyrovnávací vrstva vhodného materiálu. Následovat bude vrstva vytvářející samotný nepropustný plášť skládky. Tuto vrstvu lze řešit vrstvou nepropustné jílové zeminy v kombinaci s VFPE nebo HDPE fólií, nebo použitím geotextilních bentonitových rohoží zkombinovaných s fólií. Tato vrstva bude doplněna potřebnými podkladními, krycími, drenážními a výztužnými vrstvami.

Závěrečnou fází technické rekultivace je překrytí celého povrchu tělesa skládky vrstvou zeminy umožňující následnou biologickou rekultivaci. Tloušťka této vrstvy se odvíjí od druhu zvolené biologické rekultivace (lesnická, sadová, zemědělská) a od typu použitých dřevin za dodržení minimálních podmínek stanovených ČSN EN 83 80 35 – Skládání odpadů a uzavírání skládek.

Po ukončení rekultivačních prací bude plocha skládky stabilizována proti větrné i vodní erozi a vegetační pokryv bude zajišťovat svou evapotranspirací odstranění značné části ročního srážkového úhrnu. Z dostupných zdrojů, ve kterých byl pomocí modifikovaného vzorce L. Turca proveden orientační výpočet evapotranspirace v závislosti na průměrných měsíčních srážkách a průměrných měsíčních teplotách.

$$ET = \frac{So}{\sqrt{0,9 + \frac{(12So)^2}{(300+25t+0,05t^3)^2}}}$$

ET – evapotranspirace [mm]

So – průměrný měsíční úhrn srážek

t – průměrná měsíční teplota [°C]

Tabulka 2: Výpočet průměrné měsíční evapotranspirace a povrchového odtoku

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Srážky [mm]	30	36	34	39	60	65	72	74	45	36	38	32
Teplota [°C]	-1,1	0,0	4,1	8,2	13,7	16,6	18,2	18,0	13,8	8,6	3,7	0,7
ET [mm]	18,4	19,7	24,8	30,3	45,0	51,6	45,9	58,0	38,2	29,1	25,4	20,8
Odtok [mm]	11,6	16,3	9,2	8,7	15,0	13,4	26,1	16,0	7,8	6,9	12,6	11,2

Hodnota odtoku je rozdílem srážek a evapotranspirace. Výpočet proběhl na datech z roku 2002.

Vychází průměrná roční hodnota evapotranspirace cca 407,2 mm, roční odtok (povrchový odtok + vsak) vychází 143,8 mm. Tyto hodnoty představují cca 26 % průměrného ročního srážkového úhrnu.

Před zahájením prací na projektové dokumentaci pro stavební povolení bude třeba provést ověření vývinu skládkového plynu. Ověření bude provedeno průzkumem, na jehož základě bude upraveno technické řešení odplynění skládky. Průzkum bude proveden autorizovanou společností pro provádění průzkumů tohoto typu. Na základě ukládaných odpadů se nepředpokládá značný vývin skládkového plynu, ale i přesto návrh rekultivace počítá s realizací pasivního odplynovacího systému, který bude zaústěn do jednoduchého koksokompostového filtru. Zda bude návrh odplynění realizován, závisí na výsledcích provedeného průzkumu.

Součástí návrhu je i odvodnění povrchu rekultivované skládky. To bude zaústěno do stávajícího funkčního odtokového příkopu (stoka „B“).

Po ukončení stavby v areálu uzavřené skládky zůstane v provozu stávající monitorovací systém. Z již existujících kontrolních vrtů budou odebírány vzorky na základě vzniknuvšího a schváleného Provozního řádu uzavřené skládky. Stanovenou dobu po rekultivaci skládky bude probíhat údržba a péče o biologickou rekultivaci.

Může zde vzniknout souvislost mezi rekultivací skládky STOH V a sanačními pracemi starých ekologických zátěží v areálu odštěpného závodu Synthesia. Sanační práce se nicméně v brzké době neočekávají. Pokud bude v době rekultivace probíhat v areálu, či v okolí jiná stavba je vhodné vytřídit například výkopové zeminy a jiné inertní materiály pro jejich využití na rekultivaci.

8.2. Stabilita systému skládky

Před zahájením stavby je třeba ověřit stabilitu všech stávajících prvků skládky, které by stavba mohla poškodit a snížit tak jejich účinnost.

Drenážní systém

V roce 1992, kdy probíhala výstavba skládky STOH V, byla vnitřní drenáž provedena ze silnostěnných perforovaných drenážních HDPE trubek DN 200 – Ø 225 x 20,5 mm. Tyto trubky jsou při normálních venkovních teplotách velmi chemicky odolné vůči téměř všem chemikáliím. Na základě provedených statických posudků, ze kterých vychází, že je potrubí staticky stabilní až do výšky odpadu 45 m, je možné konstatovat, že použité potrubí zcela vyhovuje konečné výšce nejvyššího sloupce odpadu (17 m) i následné rekultivační vrstvě.

Těsnící systém

Podloží skládky je tvořeno labskou terasou (zahliněné štěrkopísky). Maximální hladina podzemní vody je 2 m pod úroveň základové páry skládky. Podloží je i při dalším přitížení velmi stabilní, stejně tak jako realizovaná těsnící vrstva z minerálního těsnění.

Pro posouzení stability užití izolační fólie byl požádán největší výrobce těchto fólií - firma GSE. Na základě stanoviska výrobce (z roku 2003) je možno počítat se 100% stabilitou použité fólie až do výšky 45 m. Vyjádření výrobce je v příloze č. 3.

Stabilita těsnícího prvku je ještě podpořena použitou ochrannou geotextilií a plošným drenážním prvkem z těžného tříděného kameniva.

Skládkové těleso

Ověření stability skládkového tělesa je patrné ze statického výpočtu v příloze 1.

8.3. Technické řešení

SO 1 – Terénní úpravy

Terénní úpravy tělesa skládky bude nutno provádět jen v případě, pokud provozovatel skládky nedodrží konečný navržený tvar skládky (skony svahů 1:2,25, maximální výšková kóta odpadu 230 m n. m.). Pro minimalizaci těchto prací je důležitá co největší snaha provozovatele skládky o dodržení navrženého tvaru. Navržený tvar odpovídá navrženým stabilním poměrům, požadavkům na vhodné provádění těsnících vrstev, krycí vrstvy zeminy a výsadbu rekultivačních dřevin a je vhodným tvarem z hlediska začlenění tělesa do okolní krajiny.

Postup prací:

- a) Zachování paty svahu skládky, aby bylo zabráněno rozšiřování tělesa skládky mimo těsněnou plochu danou vnitřní hranou koruny obvodové hráze.
- b) Vytvarování svahů do navrženého sklonu 1:2,25. (Konečný tvar skládky je patrný z příčných řezů – příloha č. 5).
- c) Urovnání a dodatečné zhuštění povrchu upraveného skládkového tělesa, včetně odstranění případných ostrých předmětů.

SO 2 – Odplynění skládky

Popis vzniku skládkového plynu je již v kapitole 5.1. Realizace odplynění se bude odvíjet od zjištění z průzkumu před zahájením prací.

Průzkumem bude zjištěno množství vznikajícího skládkového plynu (obvykle v $l \cdot m^{-2} \cdot \text{hod}^{-1}$) a jeho složení se zaměřením na obsah methanu, kyslíku a oxidu uhličitého. Na základě průzkumu bude skládka zařazena do jedné z možných kategorií skládek na základě vývinu skládkového plynu.

Na základě známého spektra a množství jednotlivých druhů odpadů a již provedených průzkumů se předpokládá zařazení skládky STOH V do kategorie I - skládka se slabým vývinem plynu, případně do kategorie II – skládka se slabým a středním vývinem plynu.

Pro tyto kategorie skládek je vhodným řešením pasivní odplyňovací systém fungující na základě přetlaku vzniklého v tělese skládky.

Návrh:

Po ukončení ukládání odpadu a provedení vyrovnávací vrstvy bude těleso skládky opatřeno povrchovou odplyňovací drenáží, na jejímž výstupu bude umístěn koksokompostový filtr.

Systém bude tvořen sběrnou geokompizotní drenáží NAPPE SOLPAC od firmy Chemia System Geo s.r.o. vedenou na horní ploše upraveného skládkového tělesa. Tento materiál bude na upravený povrch ukládán hned po ukončení případně prováděných terénních úprav. Vyústění z této plošné drenáže bude napojeno na svodné perforované potrubí HDPE DN 100 (Ø 100 x 6,3 mm). Potrubí bude ukládáno do rýhy o šířce i hloubce 60 cm ve sklonu 1:0,7. Potrubí bude spojováno převlečnými trubkami HDPE Ø 160 x 9,1 mm délky 1 m. Kolem potrubí bude následně proveden štěrkový obsyp štěrskem frakce 16-32 mm.

Svodné potrubí bude svedeno na výstupní koksokompostový filtr. Filtr zajišťuje: zachycení minoritních pachových složek plynu, kompenzaci vlivu změn, vzniklých průnikem atmosférického tlaku do drenáže, částečnou oxidaci methanu a snížení povrchového úniku plynu pod bezpečnou mez.

Koksokompostový filtr bude proveden z příhradových PE desek. Dno filtru bude provedeno z dvojitých příhradových PE desek. Výztuhy mezi deskami budou tvořeny ze segmentů HDPE trubek DN 300. Horní dnová deska bude perforovaná. Do vzniklého prostoru mezi dnovými deskami bude zavedeno odplyňovací potrubí. Odtud bude plyn skrze perforaci prostupovat do prostoru filtru. Prostor filtru bude vyplněn vrstvou tříděného koku frakce 16-32 mm o mocnosti 1 m.

Filtr bude osazen do upraveného tělesa skládky a po napojení svodného potrubí bude proveden štěrkový obsyp ze štěrku frakce 16-32 mm do úrovně upravené pláně. Následně bude realizován fóliový těsnící prvek včetně podkladní a krycí vrstvy, okraje fólie budou přivařeny po obvodu filtru. Celá konstrukce bude přesypána vrstvou materiálu ze směsi kompostu a kůry v poměru 1:2.

Součástí odplyňovacího systému je i realizace tzv. kontrolního bodu. Tento bod slouží ke sledování tlakového pole a složení plynu vznikajícího pod povrchovou izolací rekultivované skládky.

Kontrolní bod je proveden pomocí betonových skruží DN 1000 osazených na betonové desce 50x50x5 cm uložených na krycí vrstvě těsnícího prvku. Vršek kontrolního bodu je zakryt betonovou zákrytovou deskou. Osou kontrolního bodu prochází vertikálně potrubí HDPE 63 x 3,6 mm, to je na horizontální odplyňovací potrubí napojeno kolenem HDPE DN 50, 90° a redukcí DN 50/ DN 150. Potrubí DN 50 prochází těsnící fólií pomocí typového prostupu (HDPE deska). Volný konec potrubí je ve skružích ukončen nátrubkem s plynovým kohoutem G1/2.

SO 3 – Technická rekultivace

K realizaci těsnících a krycích vrstev dojde po ukončení prací na SO 1 a případně SO 2. Složení těsnící vrstvy je rozdílné na svazích a na horní ploše tělesa skládky.

Nejprve (ideálně v rámci ukončování ukládání odpadů) bude provedena vyrovnávací vrstva odpadu o mocnosti 20 cm z vhodného materiálu (na základě ukládaných odpadů by se mohlo jednat například o vrstvu rozdrčené stavební suti). Tato vrstva vytváří podklad pod vrstvami těsníci a krycími. Může též sloužit jako část plynové drenáže.

Na tuto upravenou (zbavenou ostrých předmětů) a zhutněnou vrstvu bude, v souladu s požadavky na uzavření skládky nebezpečného odpadu dle normy ČSN 83 80 35, uložen kombinovaný těsnící prvek. Prvek je kombinací **bentonitové těsnící rohože** Bentomat. Jedná se o materiál sendvičové konstrukce tvořený dvěma vrstvami s mezivrstvou z bentonitu. Jednotlivé rohože jsou pokládány s přesahem. Vlastní spoje jsou prosypány práškem Saline Seal, který je součástí dodávky.

A na bentonitovou rohož bude umístěno **fóliové těsnění**.

Popis materiálu:

Rozhodujícími faktory pro výběr fóliového těsnění jsou vlastnosti zajišťující jeho účinnost – životnost, pevnost, odolnost vůči UV záření, vodotěsnost, multiaxiální průtažnost, flexibilita, odolnost vůči chemikáliím, prorůstání kořenovými systémy rostlin a proti poškození hlodavci atd.

Nejčastěji jsou používány fólie na bázi PE. Tento izolační materiál neobsahuje vyluhovatelné podíly a ani rozpouštědla trvale nemění jeho pevnostní vlastnosti. Chemicky je materiál netečný vůči anorganickým i organickým činitelům. Významná je i jeho odolnost vůči atmosférickým vlivům, převážně proti UV záření.

V návrhu se počítá s hydroizolační fólií JUNIFOL PE-HD tloušťky 2 mm české produkce. Tento výrobek vykazuje vynikající chemickou odolnost i výborné mechanické a hydraulické vlastnosti. Fólie je též odolná vůči působení mikroorganismů a plísní, prorůstání kořenů rostlin, pronikání plynů a proti působení atmosférického UV záření.

Na horní ploše bude užitá hladká fólie, na svazích fólie oboustranně strukturovaná. Svahová fólie bude přetažena přes hladkou v délce minimálně 5 cm od horní hrany svahu.

Spojování jednotlivých pásů fólie bude prováděno svařováním v souladu s parametry výrobce. To znamená spojování pásu svařovacími automaty s přítlakem (horký klín, kombinovaný klín), konkrétní stroj se odvíjí od tloušťky a typu fólie. Výrobek nesmí být vystaven přímému plameni a k pokládání může docházet jen do teploty +5 °C.

Z důvodu požadavku na kvalitní položení této vrstvy, které je nedílnou součástí správného provedení a následného fungování rekultivace skládky, je doporučeno provádět práce na těsnící vrstvě specializovanou firmou.

Po položení a svaření celé plochy bude provedena kontrola. Kontrolu provádí dodavatel izolace za přítomnosti technického dozoru investora. Prověřuje se celistvost a neporušenost v celé ploše a kvalita spojů. (O kontrole a převzetí bude proveden protokolární zápis.)

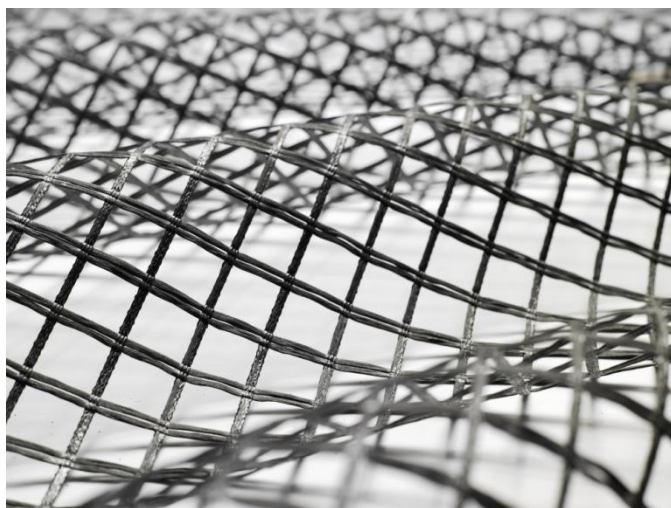
Na hydroizolační fólii bude položena plošná drenážní vrstva, sloužící i jako ochranná vrstva vrstvy těsnící. Jejím hlavním smyslem je ale bezpečné odvedení vod z povrchu těsnícího systému. Vzhledem ke sklonu a délce svahů je vhodné použití geokompozitního materiálu, konkrétně GSE FabriNet. Jedná se o nestlačitelnou drenážní mřížku z HDPE oboustranně opatřenou netkanou geotextílií.



Obrázek 12: Plošná drenáž GSE Fabrinet, zdroj: gseworld.com

Rekultivační překryv

S ohledem na sklon a délku svahů bude stabilita rekultivačního pokryvu zlepšena použitím geomříží. Přímo na horní plochu drenážního geosyntetického prvku (FabriNet) bude položena geomříž Miragrid GX 20/20 100x5,2m. Jedná se o tkanou geomříž z polyesteru s povrchovou polymerovou úpravou proti UV záření. Podélná pevnost v tahu je 21 kN.m^{-1} , příčná pevnost v tahu je 21 kN.m^{-1} , tažnost podélně/příčně je 10,5/10% a velikost oka je příčně/podélně 35/25 mm.



Obrázek 13: Geomříž Miragrid GX, zdroj: tencate.com

Následovat bude podkladní vrstva zeminy o mocnosti 50 cm. Vhodná pro použití do této vrstvy je zemina s příměsí kamenů. Na vrstvu zeminy bude položena další vrstva geomříže Miragrid GX 20/20 100x5,2m.

Závěrečnou fází technické rekultivace je překrytí celého povrchu skládky vrstvou zeminy, která umožní provedení biologické rekultivace. Mocnost této vrstvy se odvíjí od typu biologické rekultivace a druhů vysázených dřevin. Překrytím skládky zeminou bude dosaženo dobrých podmínek pro odtok nad těsnicí vrstvou a zadržování vody u povrchu napomáhá jejímu odpařování. Pro zajištění vysokého výparu je nezbytný růst vegetace.

Úrodná zemina bude provedena v tloušťce 30 cm. Svrchní vrstva by neměla být provedena ze stejnozrnných sedimentů (nízká retenční kapacita – může způsobovat potíže růstu rostlin a málo účinnou kapilární bariéru). Vhodnější jsou nestejnozrnné jemné sedimenty.

Pokládání a rozhrnování zeminy musí být na svazích prováděno ze zdola nahoru.

Nejsvrchnější vrstvou bude vrstva ornice, či vhodného substrátu v tloušťce 20 cm. Tato konečná vrstva slouží pro zatravnění povrchu a vysázení daných dřevin v rámci realizace biologické rekultivace.

Celková mocnost pokládané rekultivační zeminy tedy bude 100 cm.

Stabilizace svahů

Za předpokladu dodržení navrženého sklonu svahů je zajištění stability svahů podpořeno dalšími čtyřmi opatřeními.

1. – Použití oboustranně strukturované fólie.
2. – Použití kvalitního drenážního materiálu.
3. – Použití geomříží do rekultivační vrstvy zeminy
4. – Použití zemin o vhodných geomechanických vlastnostech pro tento účel.

SO 4 - Odvodnění

Odvodnění tělesa skládky slouží k zachycení a bezpečnému odvedení srážkových vod.

Část srážkové vody bude spotřebovávána evapotranspirací vegetačního pokryvu (viz přibližný výpočet v kapitole 8.1.). Odvodnění slouží pro odvedení zbytku srážkové vody. Ten se skládá částečně z povrchového odtoku a částečně z vody prosakované skrz rekultivační vrstvu zeminy k těsnění a drenážnímu kompozitnímu prvku.

Odtékající voda bude svedena do obvodového příkopu. Příkop je tvořen betonovými žlabovkami TBM 1-56 osazenými do betonového lože. Svahy nad horní hranou příkopu budou zatravněny nejméně v pásu 2 m.

Obvodový příkop je veden v patě svahu. Těleso skládky je rozděleno do čtyř povodí, každé povodí je svedeno do rohu skládkového tělesa. Zde jsou umístěny spojovací šachty (typové plastové). Odtud je voda vedena plastovým potrubím DN 200 do blízkého potoka – Velká strouha.

Kolem obslužné provozní komunikace je veden záchytný příkop, který je zaústěn do spojné šachty v severozápadním rohu skládky.

SO 5 – Biologická rekultivace

Konečný vegetační pokryv rekultivované skládky je nezbytný – umožňuje lepší začlenění uzavřené skládky do krajiny (estetika) a zvyšuje výpar z povrchu. Proto je třeba volit vhodné rostliny pro tento účel. Je nutné použít rostliny, které odpovídají přirozenému biotopu lokality – potenciální vegetace, která by v daných klimatických, geografických a půdních podmínkách existovala i bez zásahu člověka. Ideální je druhová diverzita osazených rostlin s překrývajícím se vegetačním obdobím.

Návrh je rozdělen na dvě části – výsadba na povrchu (travní porost) a osetí cílovými dřevinami.

Povrch

Celá plocha povrchu rekultivované skládky bude oseta jetelotravní směsí. Tato směs pomáhá zlepšit půdní bilanci (dostupnost půdního dusíku) a brání expanzivnímu růstu ruderalních druhů. Směs obsahuje trávy méně náročné na vláhu a jeteloviny dobře odolávající suchu.

Složení travní směsi: - jetel bílý 5%

- jetel švédský 5%

- štírovník růžkatý 10%

- bojínek luční 5%

- lipnice luční 10%
- jílek anglický 5%
- jílek italský 5%
- kostřava luční 10%
- kostřava červená 10%
- kostřava ovčí 5%
- ovsík vyvýšený 5%
- srha laločnatá 10%
- sveřep bezbranný 5%
- sveřep vzpřímený 5%
- psineček 5%

Navrhovaná jetelotravní směs obsahuje více komponentů než běžně navrhované travní směsi z důvodu docílení větší pravděpodobnosti volby druhů schopných přizpůsobit se daným podmínkám. Složení travní směsi vychází částečně z normy ČSN 83 80 35 s doplněnými druhy podle místních podmínek.

Travní pokryv je nutné, hlavně v prvním roce od vysetí, ošetřovat (odplevelování, min. 2x ročně vyžínání). Závlaha je prováděna podle aktuální potřeby. Trávník je nutné přihnojovat. Pro přihnojování je vhodné použít kompost (množství cca 30 m³ na 1 ha). Nejvhodnější dobou na aplikaci je podzim, kdy je také nutné provést vyhrabání spadlých mokrých listů, pod nimiž dochází k vyhnívání trávy.

Výsadba travního povrchu přispívá k omezení vlivů větrné a vodní eroze (co největší míra zakrytí povrchu).

Cílový stav

Výsadba dřevin přispívá k lepšímu začlenění tělesa skládky do okolí a kořenové systémy dřevin napomáhají též ke stabilizaci svahů a jako ochrana proti větrné a vodní erozi.

Nelze zcela předpokládat, jak se bude vybraným dřevinám v daných podmínkách dařit. Proto byly druhy dřevin zvoleny tak, že v průběhu následné péče bude rozhodováno o zachování, či nahrazení neprosperujících druhů. Vybrané druhy nejsou určeny závazně, je možné skladbu dřevin částečně pozměnit i v průběhu realizace stavby.

Stromy budou vysazeny po obvodu u paty svahů skládky jako clona skládkového tělesa od okolního prostředí a jednotlivě na horní ploše skládky. Keře budou vysazovány do svahů a ve skupinkách se stromy na horní rovné ploše. Návrh druhů vychází z normy (ČSN 83 80 35).

- Druhy dřevin: - Bříza bělokorá (*Betula pendula*)
- Líska obecná (*Corylus avellana*)
 - Olše šedá (*Alnus incana*)
 - Olše lepkavá (*Alnus glutinosa*)
 - Jalovec obecný (*Juniperus communis*)
 - Svída krvavá (*Cornus sanguinea*)
 - Habr obecný (*Carpinus betulus*)
 - Hloh jednosemenný (*Crataegus monogyna*)
 - Trnka obecná (*Prunus spinosa*)
 - Brslen evropský (*Euonymus europaea*)
 - Ptačí zob obecný (*Ligustrum vulgare*)
 - Šeřík obecný (*Syringa vulgaris* L.)

Výsadba sazenic bude prováděna do jamek. Rozměr jamky bude přizpůsoben kořenovému systému jednotlivých sazenic. Pro tento typ výsadby je možné použití prostorokořených nebo krytokořených sazenic. Ideálním časem výsadby je jarní období před vyrašením sazenic. Za příznivého počasí lze výsadbu provádět i na podzim, hrozí zde ale možnost poškození či zničení sazenic zvěří v zimním období.

Počet sazenic ve svahu:

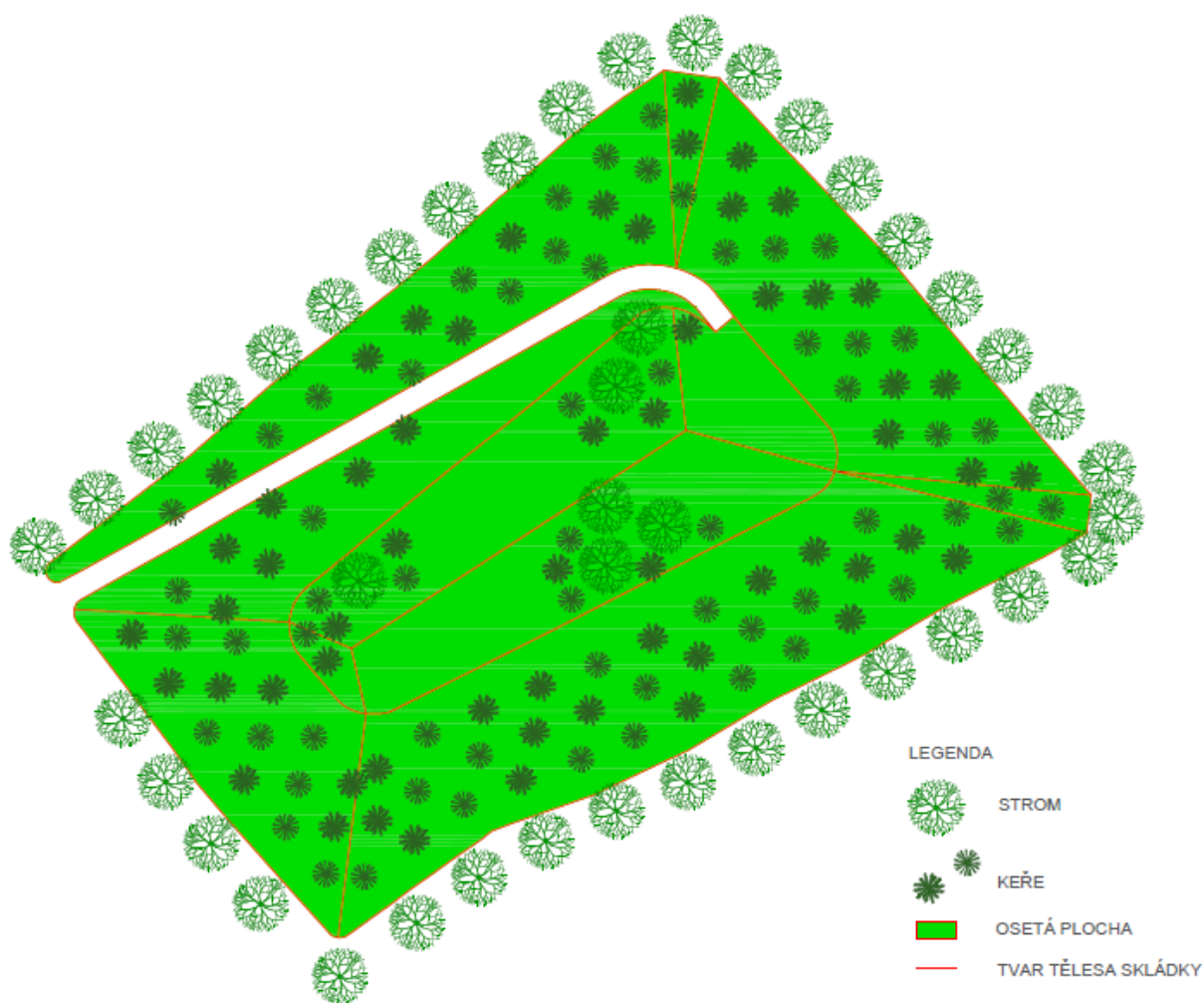
Obecně je výsadba dřevin prováděna takzvaně ve sponu – uspořádání dřevin v ploše. Spon může být pravidelný (obrazec, který sazenice v ploše vytvářejí – čtvercový, obdélníkový, trojúhelníkový) nebo nepravidelný (uplatňován v obtížných terénních a půdních podmínkách).

Na základě konfigurace tělesa skládky bylo navrženo rozmístění dřevin v pravidelném trojúhelníkovém sponu. Pravidelný spon je výhodný s ohledem na přehlednost a usnadní práci při péči o sazenice. Trojúhelníkové řešení (vzdálenost ke všem sousedním sazenicím je stejná) umožňuje maximální využití plochy.

Výsadba bude prováděna v řadách po vrstevnicích, kde vzdálenost mezi sazenicemi je jednou stranou rovnostranného trojúhelníku a vzdálenost mezi řadami výšky tohoto trojúhelníku. V každé následující řadě budou sazenice posunuty do středu mezi sazenice z řady předcházející.

Je třeba počítat s až 30% úhynem sazenic a jejich doplňováním. V průběhu času bude plocha rekultivované skládky zaplňována náletovým porostem z okolí. Tento jev u skládky STOH V není nutně chápán jako nežádoucí.

Po danou dobu bude probíhat péče o biologickou rekultivaci skládky (doplňování uhynulých sazenic, ochrana proti hmyzím škůdcům a zvěři, přihnojování, případné zavlažování, atd.).



Obrázek 14: Variantní řešení rozmístění dřevin, podklad pro finanční analýzu, vytvořeno v Autodesk AutoCAD 2014

9. Finanční analýza

Výsledky finanční analýzy jsou velmi orientační, vycházejí z dnešních cen a z odhadovaných (ne přesně zaměřených) konečných rozměrů tělesa skládky. Výsledný odhad cen slouží pro rámcovou představu finálních nákladů poslední fáze spojené se skládkováním, a to rekultivací na skládce nebezpečného odpadu STOH V.

Tabulka výsledných cen je v příloze č. 7.

- Celková plocha povrchu rekultivované skládky = 20500 m²
- Plocha rovné horní pláně před vrstvou rekultivační zeminy = 5500 m²
- Plocha svahů před vrstvou rekultivační zeminy = 12500 m²
- Celkový objem rekultivační zeminy = 18800 m³
- Plocha komunikace = 800 m²
- Celkový počet stromů = 43 ks
- Celkový počet keřů = 118 ks

V rámci ochrany životního prostředí bude na štěrkové obsypy použito recyklované kamenivo, například upravený štěrk vytěžený z kolejového lože, takzvaný výzisk.

Plochy bentonitové těsnící rohože Bentomat a plošné drenáže GSE FabriNet jsou brány včetně rezervy na překryvání, kotvení a prostřihy. Stejně je tomu tak i u hydroizolační fólie JUNIFOL PE-HD, zde se ještě počítá s rezervou pro zkoušky kvality svárů.

Kompletními obvodovými příkopy u SO-4 je myšleno provedení příkopů včetně zemních prací, betonového lože, melioračních žlabovek a úprava a zatravnění svahů. U odtokového potrubí se tím rozumí zemní práce, vlastní potrubí, obsyp a znovuzasypání výkopu.

Většina položek ve finanční analýze spadá do základní sazby DPH – to znamená 21%. Neplatí to však u dřevin a travního osiva, zde se uplatňuje první snížená sazba DPH a to 15%.

Výsledná cena bez DPH	Výsledná cena vč. DPH
26 104 000 Kč	31 575 000 Kč

U konkrétních výrobků byly ceny stanoveny po konzultaci s prodejcem.

10. Závěr

Hlavní náplní této bakalářské práce byl technický návrh svrchního zabezpečení skládky nebezpečného odpadu STOH V – návržení jejího uzavření a následné rekultivace, která je poslední a nezbytnou součástí skládkování odpadu.

Samotnému návrhu předchází představení společnosti, která je vlastníkem konkrétní skládky STOH V.

S touto společností souvisí kapitola 4, která pojednává o starých ekologických zátěžích. V kapitole je naznačeno několik způsobů, jak lze takovéto lokality řešit, ale způsob řešení vždy záleží na konkrétním případě – na konkrétním druhu kontaminace a na lokálních podmínkách. Celkově je toto téma velmi obsáhlé a částečně tabuizované, a samo o sobě by jistě vydalo na nespočet takovýchto prací.

Následuje kapitola pojednávající o skládkování odpadu jako takového, pro pochopení procesů, ke kterým na skládce dochází a obecným poznatkům a požadavkům na zpracování odpadu pomocí skládkování.

Tento proces vždy směřuje k jedinému a to k naplnění projektované kapacity skládky a k nutnosti řešit co s takovým prostorem dál. Této finální fázi skládkovacího procesu se věnuje podrobně kapitola 6.

Pak už se práce věnuje konkrétní skládce STOH V, jejímu fungování, provozu a historii. Pro účely práce je zde popsána spodní izolační vrstva, aby bylo zřejmé splnění legislativních požadavků na podobný typ stavby.

Po pochopení procesu skládkování a seznámení se s konkrétní skládkou STOH V následuje samotný návrh uzavření a následné rekultivace skládky. To se skládá v zásadě z několika fází, přičemž nejdůležitější je návrh a následné správné provedení izolační vrstvy, která zabraňuje kontaminaci okolního prostředí a zároveň chrání těleso skládky před vnikem dešťové vody. Neopominutelnou součástí je i biologická fáze rekultivace, pomocí které je lidskou činností velmi ovlivněná oblast znovu navracena do přírody.

Celý návrh je uzavřen pro potřeby společnosti finanční analýzou celého návrhu s hrubým odhadem nákladů na provádění jednotlivých stavebních činností a vyčíslení výsledné odhadované ceny celého projektu.

11. Použité zkratky a znaky

- ČSN – chráněné označení Českých technických norem
- TNO – Technická norma (staré značení)
- MŽP – Ministerstvo životního prostředí
- SEKM – Systém evidence kontaminovaných míst
- OEREŠ – Odbor environmentálních rizik a ekologických škod MŽP
- MNA – Monitorovaná přírodní atenuace
- EIA – Posouzení vlivu na životní prostředí (z anglického Environmental Impact Assessment)
- PE - Polyethylen
- HDPE, PE-HD – Vysokohustotní polyethylen
- VFPE -
- PVC - Polyvinylchlorid
- k_f – koeficient propustnosti
- tl. - tloušťka
- \emptyset - průměr
- ČOV – Čistička odpadních vod
- 10 01 01 – Katalogové označení odpadu – Škvára, struska a kotelní prach
- 15 01 02 - Katalogové označení odpadu – Plastové obaly
- O, N, O/N – Kategorie odpadů, O – Ostatní odpad, N – Nebezpečný odpad (v katalogu označené *), O/N – Ostatní/nebezpečný
- IPPC – Integrovaná prevence a omezování znečištění (z anglického Integrated Pollution Prevention and Control)
- DPH – Daň z přidané hodnoty

Seznam obrázků a tabulek

TABULKA 1: STATISTICKÁ DATA SEKM.....	16
TABULKA 2: VÝPOČET PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ EVAPOTRANSPIRACE A POVRCHOVÉHO ODTOKU	38
OBRÁZEK 1: HISTORICKÝ POHLED NA PROSTOR AREÁLU	13
OBRÁZEK 2: LOKALIZACE V RÁMCI ČR.....	13
OBRÁZEK 3: UMÍSTĚNÍ SEMTINZONE V ŠIRŠÍM KONTEXTU.....	14
OBRÁZEK 4: SITUACE S NEZABEZPEČENÝMI SKLÁDKAMI V OKOLÍ	17
OBRÁZEK 5: LOKACE STO HU V V RÁMCI AREÁLU SEMTINZONE	26
OBRÁZEK 6: KATASTRÁLNÍ MAPA ÚZEMÍ, ZDROJ: NAHLIZENIDOKN.CUZZK.CZ	28
OBRÁZEK 7: SITUACE, SKLÁDKY V OKOLÍ	29
OBRÁZEK 8: ROZMÍSTĚNÍ OBJEKTŮ V RÁMCI AREÁLU SKLÁDKY.....	30
OBRÁZEK 9: AKTUÁLNÍ TĚLESO SKLÁDKY S KOMPAKTOREM	33

OBRÁZEK 10: HALA K-18 A PROVOZNÍ BUDOVA	33
OBRÁZEK 11: POHLED NA TĚLESO SKLÁDKY OD VRÁTNICE	36
OBRÁZEK 12: PLOŠNÁ DRENÁŽ GSE FABRINET, ZDROJ: GSEWORLD.COM.....	43
OBRÁZEK 13: GEOMŘÍŽ MIRAGRIDID GX, ZDROJ: TENCATE.COM.....	44
OBRÁZEK 14: VARIANTNÍ ŘEŠENÍ ROZMÍSTĚNÍ DŘEVIN, PODKLAD PRO FINANČNÍ ANALÝZU, VYTVOŘENO V AUTODESK AUTOCAD 2014	48

Seznam příloh

Příloha č. 1 – Rozmístění monitorovacích vrtů na skládce STO H V

Příloha č. 2 – Výpočet stability svahu 1:2,25

Příloha č. 3 – Vyjádření výrobce izolačních fólií GSE

Příloha č. 4 – Situace rekultivované skládky STO H V – půdorys, 1:500

Příloha č. 5 – Vzorové příčné řezy, 1:500

Příloha č. 6 – Detaily svrchní izolace a rekultivační vrstvy

Příloha č. 7 – Tabulka cen rekultivace

Citace

¹ ČR. *Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady*. In: . 2005, 105/2005, 294/2005., Hlava I, § 2 Základní pojmy - a)

² HOLUB, Ing. Luděk. *Pohled do historie Synthesie*. Pardubice: HRG Litomyšl, 2000.

³ Mise. *synthesia.eu* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.synthesia.eu/cze/o-spolecnosti/mise,-vize,-hodnoty>

Zdroje

Neveřejné zdroje poskytnuté odborem Životního prostředí Synthesia a.s.

STOH V – skládka nebezpečného tuhého odpadu, Prováděcí dokumentace, 11/91, Praha: INTERPROJEKT

STOH V – Rekultivace a změna kubatury, květen 1996, Praha: INTERPROJEKT ODPADY

STOH V – Rekultivace a změna kubatury - doplněk, květen 1996, Praha: INTERPROJEKT ODPADY

Navýšení kapacity skládky STOH V, Projekt pro územní řízení, listopad 2003, Praha: INTERPROJEKT ODPADY spol. s r.o.

Plán úprav skládky tuhých odpadních hmot č. V dle Vyhlášky MŽP ČR č.294/2005Sb., prosinec 2006, Praha: INTERPROJEKT ODPADY spol. s r.o.

Terénní úpravy skládky STOH V, listopad 2007, Praha: INTERPROJEKT ODPADY spol. s r.

Provozní řád skládky tuhých odpadních hmot č. V skupina S – Nebezpečný odpad pro trvalý provoz skládky a haly, Mgr. Vít Hořínek, Leden 2016

Veřejně dostupné zdroje

Zákon č. 185/2001 Sb. – Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů, dostupný na: <http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/>

Vyhláška 294/2005 Sb. - o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, dostupná na: <http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/>

Katalog odpadů, příloha Vyhlášky 93/2016 Sb., dostupný na: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-93#prilohy>

Informace ke starým ekologickým zátěžím z následujících webových stránek: <http://www.mzp.cz/cz/kompetence>, http://www.mzp.cz/cz/metodiky_ekologicke_zateze, http://www.mzp.cz/cz/stare_ekologicke_zateze, <http://info.sekm.cz/>

Ujasnění některých pojmů pomocí následujících odkazů: <http://motyli.kolas.cz/clanky/slovnicek/ruderal.htm>, <http://www.cbks.cz/sbornikKrtiny13/Kozlovsk%C3%A11.pdf>, <http://www.priroda.cz/slovník.php?detail=118>, <http://www.mzp.cz/ippc>

Obrázek č. 11 dostupný na: <http://www.gseworld.com/Products/Geonets-and-Geocomposites/BiPlanar/>

Obrázek č. 12 dostupný na: <http://www.tencate.com/emea/geosynthetics/products/geogrids/tencate-miragrid-gx/default.aspx>

Latinské názvy dřevin dohledány pomocí cs.wikipedia.org

Odhad cen rostlin a péče pomocí webů: <http://www.vasezelen.cz/cenik/>,
<http://www.zahrady-hotar.cz/Cenik.html>, http://www.sekvoj.cz/Realizace-udrzba-c15_0_1.htm,
<http://www.puvodnikere.cz/vyhledavani/?search=%C5%A1e%C5%99%C3%ADk>,
<http://www.zahrady-hotar.cz/Cenik.html>, <http://www.vasezelen.cz/cenik/>

Použité materiály dohledatelné na webových stránkách výrobců na následujících odkazech:

<http://www.marcador.cz/index.php/produkty/bentonitove-rohoze>,
<http://www.chemia.cz/materialy-geokompozitni-drenazni-system>,
<http://www.juta.cz/vyrobniprogramy/geosyntetika/vyroby/junifol.html>,
<http://www.geomat.cz/chci-vyroby/miragrid-gx/>, <http://nabidky.edb.cz/Nabidka-49054-Drenazni-systemy-Praha-bezpecna-izolace-skladek-a-ulozist-od-pudy>

Inspirace čerpána z: Diplomová práce Návrh rekultivace skládky Hrachovec, Bc. Marková Pavla, Brno 2011; Diplomová práce, Rekultivace skládky tuhého komunálního odpadu, Bc. Kateřina Zigová, Brno 2009

Mapy vytvořeny pomocí programu ArcMap 10.3, ArcGIS Desktop

Výkresy vytvořeny za použití výukové verze AutoCAD 2014, AutoDesk 360

Fotografie pořízeny Ing. Janem Pokorným dne 24.5.2017

Příloha č. 1 – Rozmístění monitorovacích vrtů na skládce STO H V



Příloha č. 2

Stabilitní řešení skládkového tělesa

Výška horní hrany na úrovni 230,00 m n m.

Sklony svahů 1:2,25

Příloha č. 3

Vyjádření výrobce HDPE fólií