

Vysoká škola ekonomická v Praze
Fakulta managementu

Diplomová práce

Bc. Veronika Anděrová
2017



Vysoká škola ekonomická v Praze

Fakulta managementu

Katedra exaktních metod

Management logistických procesů zpracování komunálního odpadu

Autor diplomové práce:	Bc. Veronika Anděrová
Vedoucí diplomové práce:	doc. Ing. Anna Černá, CSc.
Rok obhajoby:	2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma

„Management logistických procesů zpracování komunálního odpadu“

jsem vypracoval samostatně a veškerou použitou literaturu a další prameny

jsem řádně označil a uvedl v přiloženém seznamu.

V Jindřichově Hradci dne 18. dubna 2017

podpis



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Bc. Veronika Anděrová**
Studijní program: **Ekonomika a management**
Obor: **Management**
Název tématu: **Management logistických procesů zpracování komunálního odpadu**

Zásady pro vypracování:

1. Popsat logistické procesy v systému zpracování komunálního odpadu v konkrétním městě
2. Popsat firmu resp. organizaci, která se touto činností zabývá a manažerské rozhodovací problémy s ní spojené.
3. Analyzovat popsané skutečnosti a navrhnout změny, které by vedly k uplatnění optimalizačních metod.

Rozsah práce: 60

Datum zadání diplomové práce: září 2016

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2017

Bc. Veronika Anděrová
Ředitelka

doc. Ing. Anna Černá, CSc.
Vedoucí práce

Ing. Vladimír Příbyl, Ph.D.
Vedoucí ústavu

doc. Ing. Vladislav Bína, Ph.D.
Děkan FMJH VŠE

Název diplomové práce:

Management logistických procesů zpracování komunálního odpadu

Abstrakt:

Cílem diplomové práce je popsat logistické procesy při zpracování komunálního odpadu ve firmě Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou. Popsat firmu a analyzovat její rozhodovací problémy. Následně analyzovat současnou situaci a navrhnout změny k uplatnění optimalizačních metod prostřednictvím speciálního počítačového programu. Závěrem práce je konkrétní návrh optimalizace tras ke zlepšení současné situace firmy, což povede k pozitivnímu ekonomickému účinku na logistiku zpracování odpadu.

Klíčová slova:

Optimalizace svozových tras, úloha obchodního cestujícího, odpadové hospodářství, shromažďování, sběr a nakládání s odpady

Poděkování:

Tímto bych chtěla poděkovat Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou, zvláště pak řediteli Ing. Jaroslavu Radovi, za ochotu spolupracovat a poskytnout požadované informace a podklady při zpracování diplomové práce.

Obsah

Úvod	15
1 Odpadové hospodářství	18
1.1 Legislativa odpadového hospodářství	18
1.2 Plán odpadového hospodářství	19
1.3 Odpad a jeho dělení	20
1.3.1 Komunální odpad	22
Nakládání s komunálními odpady	23
Poplatky za komunální odpad	24
1.4 Zpracování odpadů	24
2 Logistika odpadového hospodářství	26
2.1 Dopravní logistika	27
2.1.1 Teorie dopravních sítí	27
Základní pojmy	29
2.2 Klasifikace dopravních úloh	29
2.3 Dělení okružních a rozvozních úloh	30
2.4 Jednookružové jízdy	31
2.4.1 Úloha obchodního cestujícího	31
Metoda nejbližšího souseda	32
Vogelova aproximační metoda	33
2.5 Víceokružové jízdy	33
2.5.1 Okružní jízdy	33
Kapacitně omezená úloha okružních jízd	34
Úloha okružních jízd s časovými okny	34
Úloha okružních jízd se současným svozem a rozvozem	35
Úloha s více depy	35
Úloha okružních jízd s rozvozem a zpátečním svozem	35
2.5.2 Kyvadlové jízdy	36
2.6 Distribuční úlohy lineárního programování	36
2.6.1 Dopravní problém	36
2.6.2 Obecný dopravní problém	37
2.6.3 Přiřazovací problém	37
2.6.4 Kontejnerový problém	37
2.6.5 Problém obchodního cestujícího	37
3 Metodika práce	38
4 Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou	40
4.1 Organizační struktura společnosti	40
4.2 Působnost Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou	41

4.3 Statistické údaje o obci	43
4.3.1 Odpady vznikající na území města.....	43
4.4 Sběr a nakládání s odpady.....	46
4.4.1 Shromažďování a sběr odpadů.....	47
4.4.2 Svoz odpadů.....	49
4.4.3 Odstraňování odpadů	50
4.5 Financování sběru, svozu a nakládání s odpady	51
5 Optimalizace svozových tras	53
5.1 Optimalizace svozových tras za pomoci úlohy obchodního cestujícího	53
5.2 Optimalizace svozových tras Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou....	54
5.2.1 Trasa pondělí.....	54
5.2.2 Trasa úterý.....	56
5.2.3 Trasa středa.....	59
5.2.4 Trasa čtvrtek.....	61
5.2.5 Trasa pátek.....	63
6 Doporučení.....	64
6.1 Návrh změny svozových tras	65
6.1.1 Návrh změny svozové trasy-pondělí.....	65
6.1.2 Návrh změny svozové trasy-středa	67
Závěr	70
Seznam literatury.....	75
Přílohy	79

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Schéma odpadového hospodářství.....	18
Obrázek 2 - Dělení odpadů.....	21
Obrázek 3 - Cíle logistiky	26
Obrázek 4 - Ukázka modelu dopravní sítě	28
Obrázek 5 - Dělení okružních a rozvozních úloh	31
Obrázek 6 - Schéma klasické úlohy okružních jízd	34
Obrázek 7 - Schéma úlohy okružních jízd s časovými okny.....	35
Obrázek 8 - Dělení distribučních úloh lineárního programování	36
Obrázek 9 - Organizační struktura Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou	41
Obrázek 10 - Mapa působnosti Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou.....	42

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Produkce komunálních odpadů ČR (v t)	23
Tabulka 2 - Počet obyvatel a průměrný věk v Hluboké nad Vltavou k 1.1.2016	43
Tabulka 3 - Produkce vybraných druhů odpadů města Hluboká nad Vltavou	44
Tabulka 4 - Způsoby shromažďování odpadů.....	48
Tabulka 5 - Frekvence svozů vybraných druhů tříděného odpadu za rok 2015.....	50
Tabulka 6 - Vybrané příjmy a náklady PMH.....	51

Seznam grafů

Graf 1 - Způsoby nakládání s komunálními odpady v roce 2015.....	23
Graf 2 - Celková produkce odpadů v Hluboké nad Vltavou.....	45
Graf 3 - Produkce smíšeného komunálního odpadu v Hluboké nad Vltavou	45
Graf 4 - Produkce typických tříděných odpadů v Hluboké nad Vltavou	46
Graf 5 - Celkové příjmy a náklady PMH za období 2011-2015	52
Graf 6 - Grafické znázornění obcí-trasa pondělí.....	55
Graf 7 - Optimální svozová trasa-pondělí.....	55
Graf 8 - Grafické zobrazení obcí-trasa úterý	56
Graf 9 - Svozová trasa společnosti PMH-trasa úterý	57
Graf 10 - Optimální svozová trasa-úterý	58
Graf 11 - Grafické znázornění obcí-trasa středa.....	59
Graf 12 - Svozová trasa společnosti PMH-středa	60
Graf 13 - Optimální svozová trasa (OptiMap) - středa	61
Graf 14 - Grafické znázornění obcí-trasa čtvrtek.....	61
Graf 15 - Svozová trasa společnosti PMH-trasa čtvrtek.....	62
Graf 16 - Grafické znázornění obcí před a po navrhované změně-trasa pondělí	66
Graf 17 - Optimální navrhovaná svozová trasa před a po navrhované změně-pondělí.....	67
Graf 18 - Grafické znázornění obcí před a po navrhované změně-trasa středa.....	68
Graf 19 - Optimální navrhovaná trasa-středa.....	68

Úvod

Pro svou diplomovou práci jsem si zvolila téma management logistických procesů zpracování komunálního odpadu. Práce se zabývá odpadovým hospodářstvím na jedné straně a na straně druhé optimalizací sběru a svozu komunálního odpadu. Zaměřit se na způsoby nakládání s odpadem je v dnešní době velmi důležité, protože komunálních odpadů s dnešní životní úrovní stále přibývá, i když se třídění a recyklace odpadů stává mezi obyvateli stále oblíbenější. Myslím, že si obyvatelé uvědomují problematiku zasahující celou planetu se zvyšováním skleníkových plynů v ovzduší, a proto tato tendence o povědomí nakládání s odpady je na vzestupné tendenci. Přesto Česká republika v porovnání s ostatními evropskými státy je v oblasti nakládání s odpady pozadu. Nárůst množství vyprodukovaného komunálního odpadu má za následek zvyšování nákladů na sběr, svoz i odstranění těchto odpadů a růst poplatků za odstranění, narušování a znečišťování přírody. Nebezpečné odpady mohou dokonce poškodit i lidské zdraví. Z čehož vyplývá, že tato problematika zasahuje celou společnost, proto by měla být v povědomí každého z nás.

Na jedné straně je odpovědnost občanů nakládat s odpady podle svého svědomí, a na druhé straně je obec, která musí zajistit veškeré nakládání s odpady. Hlavní legislativu určuje Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů, podle kterého se obce musí řídit. Obec na sběr, svoz, třídění a odstraňování komunálního odpadu najímá společnost, která tyto služby poskytuje. Společně si občané obce, obec a odpadová společnost přejí co nejnižší náklady.

Existuje celá řada optimalizačních metod, které vedou ke snižování nákladů. Jedna z nejdůležitějších metod této problematiky je optimalizace svozových tras odpadních automobilů, a jestli ji společnost dokáže využívat a zvládat, může ušetřit velkou část nákladů. Velikost úspor závisí na řadě omezujících podmínek, jako jsou například kapacity přepravních vozidel nebo množství zákazníků. K využití optimalizačních metod má podnik k dispozici informace o počtu vozidel či nákladech na ujetý kilometr. Díky správné optimalizaci svozových tras se podnik může vyhnout nedostatečné vytiženosti nebo nedostatečné využití vozidel.

S odvětvím sběru a svozu komunálního odpadu v dnešní době souvisí nutnost chovat se zodpovědně při plánování svozových tras. Nevhodné stanovení svozových tras přináší zbytečně najeté kilometry, s čímž souvisejí i vysoké náklady na dopravu, které se promítnou do hospodaření celé společnosti. Je zapotřebí brát v úvahu vývoj cen pohonných hmot, které se neustále mění, jsou nestálé a ovlivňuje je řada faktorů. Většina odpadových společností si stanovují svozové trasy podle zkušeností, pomocí mas či různých navigátorů. Takto zvolené trasy nemusejí být vždy optimální.

Cílem práce je popsat logistické procesy při zpracování komunálního odpadu Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou. Popsat firmu a analyzovat její rozhodovací problémy. Následně analyzovat současnou situaci a navrhnout změny k uplatnění optimalizačních metod. Hlavní přínos práce vidím v tom, že pro management firmy bude mít zefektivňující a pozitivní ekonomický účinek na logistiku zpracování odpadu.

První kapitola diplomové práce se zabývá odpadovým hospodářstvím. Vymezením tohoto pojmu, legislativou s tím spojenou a pojmem odpad. Tato kapitola popisuje základní definici odpadu a jeho dělení. Podrobněji popisuje pouze komunální odpad, nakládání s ním a poplatky z něj plynoucí, což je stěžejní pro část praktickou. První kapitola popisuje i technologii zpracování odpadu a logistiku s ním spojenou.

Druhá kapitola popisuje logistiku odpadového hospodářství, konkrétně dopravní logistiku a teorii dopravních sítí, kde jsou vymezeny základní pojmy. Druhá podkapitola nastiňuje druhy dopravních úloh, které jsou dále podrobněji popsány. Stěžejní dělení dopravních úloh je na jednookruhové jízdy, mezi které se řadí úloha obchodního cestujícího, a na víceokruhové jízdy, které se rozdělují na okružní a kyvadlové jízdy. Poslední podkapitola popisuje distribuční úlohy lineárního programování, mezi které patří dopravní problém, obecný dopravní problém, přiřazovací problém, kontejnerový problém a problém obchodního cestujícího.

Metodická část podrobně popisuje postup k dosažení cíle diplomové práce. Zdůvodňuje a detailně vysvětluje průběh aplikační části práce. Nastiňuje strukturu praktické části a také formuluje případná omezení a překážky vznikající při zpracování aplikační části, vedoucí k naplnění cíle práce. Práce využívá k dosažení cíle práce hlavně interní informace společnosti. Dále také interní i veřejné statistické údaje. A k optimalizaci svozových tras jsou použity dvě volně dostupné webové aplikace OptiMap a RouteXL, které řeší úlohu obchodního cestujícího. Použitou metodou obchodního cestujícího jsou řešeny optimalizace současných svozových tras firmy pro svoz směsného komunálního odpadu z okolních obcí Hluboké nad Vltavou.

Další, a to čtvrtá kapitola diplomové práce se zabývá analýzou současné situace a popisem firmy Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou, nastiňuje její organizační strukturu a působnost. Dále kapitola představuje statistické údaje o městě Hluboká nad Vltavou a o množství odpadu na tomto místě vyprodukovaném. Dílčí podkapitola analyzuje logistické procesy při zpracování komunálního odpadu Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou, což zahrnuje shromažďování, sběr, svoz a nakládání s místními odpady. V této kapitole je popsáno i financování spojené s těmito logistickými procesy.

Následuje pátá kapitola, která navrhuje změny k uplatnění optimalizačních metod. Jedná se o optimalizaci svozových tras za pomoci úlohy obchodního cestujícího aplikované na společnosti Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou. Tato firma zajišťuje 7 svozových tras směsného komunálního odpadu v Hluboké nad Vltavou. Diplomová práce se detailněji zabývá 4 svozovými trasami, které zajišťují svoz směsného komunálního odpadu z okolních obcí Hluboké nad Vltavou. Tyto 4 současné svozové trasy společnosti jsou porovnány s vygenerovanými trasami od webových aplikací OptiMap a RouteXL. Následně je doporučena trasa, která je nejkratší a optimální.

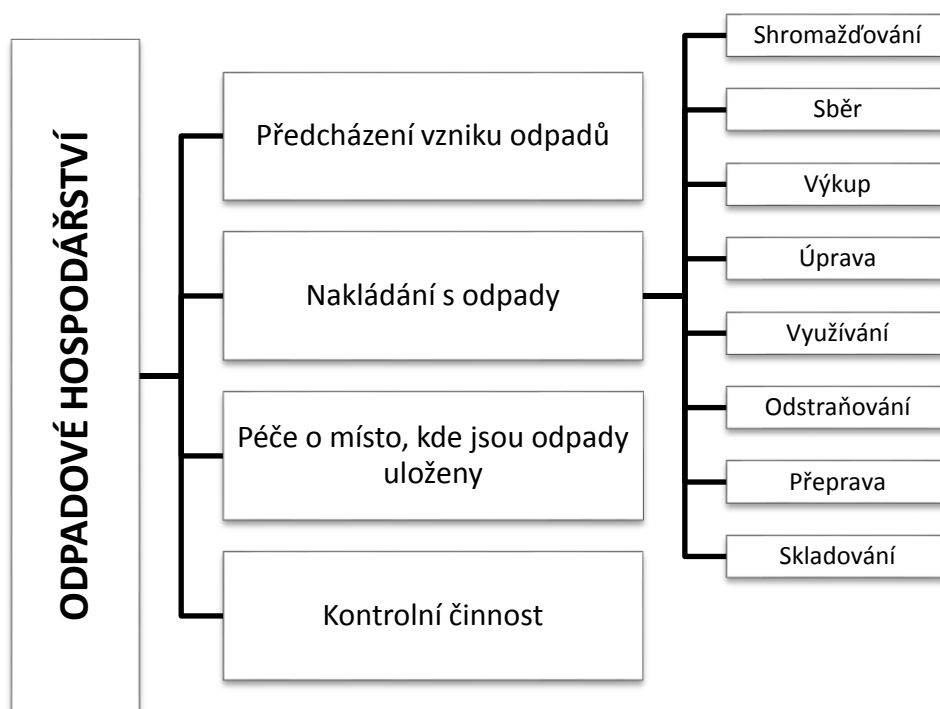
Navazující šestá kapitola popisuje doporučení v návaznosti na zjištění z předchozích kapitol. Vedle doporučení je v této kapitole zobrazen návrh změny současných svozových tras řešených v této diplomové práci. Jedná se o změnu obsluhovaných obcí na dvou trasách. Změna se týká současné svozové trasy Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou zajišťující svoz směsného komunálního odpadu v pondělí a ve středu. Tato změna se netýká svozové trasy v úterý, a svozovou trasu ve čtvrtek zcela eliminuje a tímto jedna trasa zaniká.

Závěrem jsou shrnuty veškerá zjištění týkající se logistických procesů při zpracování komunálního odpadu Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou. Jsou shrnuty i změny k uplatnění optimalizačních metod v podobě optimalizace tras společnosti za pomoci úlohy obchodního cestujícího.

1 Odpadové hospodářství

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů (dále jen zákon o odpadech) dle § 4 definuje odpadové hospodářství jako činnost, která je zaměřena na vyvarování se vzniku odpadu i na nakládání s nimi a na následnou péči o místo, kde se odpady ukládají. Odpadové hospodářství zahrnuje i kontrolu těchto činností. Kuraš, a další (2008) popisuje odpadové hospodářství jako relativně nové technologické odvětví, které se zabývá všemi stupni výrobního a spotřebního cyklu. Dotýká se těžby surovin, výroby, dopravy i spotřeby produktů a jejich odstranění ve formě odpadů ze spotřeby. Vedlejší materiály, které vznikají při výrobě těchto produktů, také tvoří významný podíl odpadů, které se nazývají odpady z výroby. Podle této definice odpadové hospodářství ovlivňuje národní hospodářství.

Obrázek 1 - Schéma odpadového hospodářství



Zdroj: Vlastní zpracování (Zákon č. 185/2001 Sb.)

1.1 Legislativa odpadového hospodářství

Obecně závazným právním předpisem odpadového hospodářství České republiky je Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, který *zpracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje:*

- *pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, ochrany lidského zdraví a trvale udržitelného rozvoje*

a při omezování nepříznivých dopadů využívání přírodních zdrojů a zlepšování účinnosti tohoto využívání,

- *práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství a*
- *působnost orgánů veřejné správy v odpadovém hospodářství.*

Zákon č. 185/2001 Sb. v současném znění prošel již 45 změnami a je dělen do osmnácti částí. Základní ustanovení jsou popsána v části první. Druhá až čtvrtá část definuje nebezpečné odpady a nakládání s odpady. Pátá a šestá část uvádí, jak evidovat a ohlašovat odpady a zpětný odběr. V šesté je plán odpadového hospodářství. Ekonomické nástroje, přeshraniční přeprava, sankce, výkon veřejné správy a společná ustanovení jsou v části omé až dvanácté. Zbylé části popisují změny zákonů, ustanovení o zrušení a účinnost.

Dalšími prováděcími právními předpisy, kterými se řídí odpadové hospodářství, jsou vyhlášky, nařízení vlády a přímo aplikovatelné předpisy Evropské unie ve formě nařízení v této oblasti (Malčeková, a další, 2014).

Na oblast odpadového hospodářství dohlíží tyto orgány veřejné správy (Voštová, a další, 2009):

- ministerstvo zemědělství,
- ministerstvo zdravotnictví,
- ministerstvo životního prostředí,
- ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský,
- inspekce,
- česká obchodní inspekce,
- orgány ochrany veřejného zdraví,
- policie ČR,
- celní úřady,
- krajské úřady,
- obecní úřady a újezdní úřady,
- obecní úřady s rozšířenou působností.

1.2 Plán odpadového hospodářství

V zákonu o odpadech dle § 41 se uvádí, že plán odpadového hospodářství České republiky zpracovává ministerstvo životního prostředí. Svůj plán odpadového hospodářství zpracovávají i kraje a obce. Účelem zpracování tohoto plánu je definování podmínek pro vznik a nakládání s odpady, obalovými odpady i výrobky s ukončenou životností. Možnost veřejně nahlížet lze jen do plánů odpadového hospodářství České republiky a krajů.

Plán odpadového hospodářství ČR zpracovává ministerstvo životního prostředí s pověřenými orgány veřejné správy i veřejností. Plán odpadového hospodářství České republiky se sestavuje nejméně na deset let, je tedy nástrojem pro realizaci dlouhodobé strategie a dále nástrojem k řízení odpadového hospodářství. Hlavní strategické cíle plánu odpadového hospodářství ČR jsou (Zákon č. 185/2001 Sb.; Ministerstvo životního prostředí, 2015):

- předcházení vzniku odpadů,
- snižování produkce odpadů,
- minimalizace nepříznivých vlivů odpadů na životní prostředí a lidské zdraví,
- maximalizace recyklace i materiálového využití odpadů podle vzoru evropské „recyklační společnosti“,
- plnění evropských cílů nakládání s odpady a upřednostnění celoevropské odpadové hierarchie.

Z této strategie je patrné, že vede k maximálnímu snižování odpadů i recyklaci a tím předchází vzniku či rozrůstání skládek odpadu.

Plán odpadového hospodářství kraje dle § 43 zákona o odpadech sestavuje kraj s pověřenými orgány veřejné správy i veřejností. Musí být sladěn s částí plánu odpadového hospodářství ČR. Kraje musí vzájemně spolupracovat ve věcech týkajících se odpadového hospodářství. Tento plán se zpracovává nejméně na dobu deset let. Kraj je povinen zpracovat a poslat návrh plánu nebo jeho změny v elektronické podobě k posouzení ministerstvu životního prostředí. Kraj každoročně vyhodnocuje plnění cílů dle plánu odpadového hospodářství a zpracuje zprávu, kterou zašle ministerstvu (Zákon č. 185/2001 Sb.).

Plán odpadového hospodářství obce dle § 44 zákona o odpadech musí zpracovávat ta obec, jejíž produkce nebezpečného odpadu je více jak 10 t nebo ostatního odpadu více než 1000 t ročně. Tento plán musí být v souladu s krajským plánem odpadového hospodářství a zpracovává se na dobu minimálně pěti let. Samostatně působící obce s výjimkou Prahy jsou povinny elektronicky zaslat návrh nebo změnu plánu odpadového hospodářství příslušnému krajskému úřadu. Obce také každý rok vyhodnocují plnění cílů plánu, ale poskytují ho pouze na vyžádání orgánů státní správy. Obce, které jsou členy dobrovolného svazu obcí, mohou zpracovávat společný plán na základě písemné dohody (Zákon č. 185/2001 Sb.).

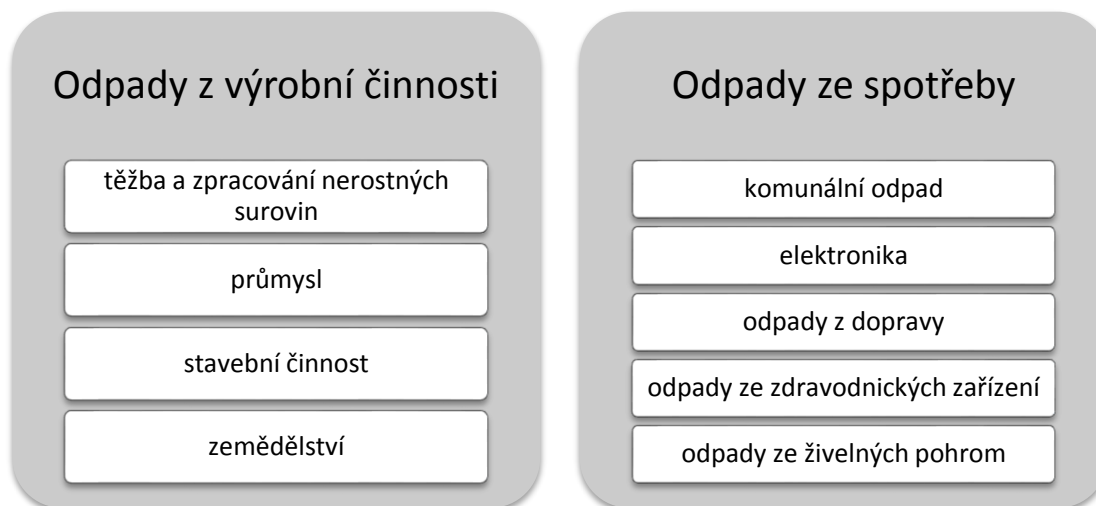
1.3 Odpad a jeho dělení

Pojem odpad je v dnešní době již podvědomě známý. Je součástí všech domácností i firem. Lidskou činností vznikající vedlejší produkty, které jsou dále nevyužitelné, se nazývají odpadem. Zákon o odpadech dle § 2 tento termín definuje jako movitou

věc, které se subjekt zbavuje, má úmysl či povinnost se jí zbavit. Osoba zbavující se odpadu předá věc k využití nebo k odstranění oprávněné osobě bez ohledu na to, jestli jde o úplatnou nebo bezúplatnou formu. Osoba se může úmyslně zbavit věci i sama za předpokladu zániku původního účelu věci. Naopak povinnost zbavit se věci má osoba tehdy, když ji nepoužívá k původnímu účelu a zároveň ohrožuje životní prostředí (Zákon č. 185/2001 Sb.).

Odpad je pojem tak široký, že se člení na mnoho dalších kategorií a druhů. Dle kategorie se odpady dělí na nebezpečné a ostatní. Struktura odpadů je velmi pestrá, proto se k zařazování a správnému určení používá Katalog odpadů uvedený v jedné z vyhlášek zákona o odpadech (Kuraš, a další, 2008).

Obrázek 2 - Dělení odpadů



Zdroj: Vlastní zpracování (Kuraš, a další, 2008)

Porter (2002) ve své knize definuje nebezpečný odpad jako pevný odpad, který díky své koncentraci, množství nebo fyzikální či chemické charakteristice může způsobit nebo výrazně přispět ke zvýšené úmrtnosti či nemocnosti. Za nebezpečný odpad nazývá i odpad, který přináší potencionální riziko pro životní prostředí, když je špatně skladován, přepravován nebo likvidován. Zákon o odpadech popisuje nebezpečný odpad jako odpad, který má jednu nebo více z patnácti nebezpečných vlastností uvedených v příloze tohoto zákona. Jedná se například o hořlavost, výbušnost, dráždivost a infekčnost. Odpady ostatní jsou všechny ty, které nemají vlastnosti nebezpečného odpadu (Zákon č. 185/2001 Sb.).

Odpady se mohou dělit i podle různého účelu, i když se nejedná o oficiální druhy dle Katalogu odpadů. Jedná se například o dělení odpadů podle oblasti, ve které vznikají. Jsou to například odpady vznikající z těžby, zemědělské produkce, energetiky, průmyslu, stavebnictví a komunální odpady (Kuraš, a další, 2008).

1.3.1 Komunální odpad

Šauer, a další (2003) popisuje komunální odpad jako odpady z domácností, ze škol i například ze správních úřadů a veškerý odpad vznikající na území obce. Naopak nezahrnuje odpady z kanalizací nebo nečistoty a suť ze staveb. Součástí komunálního odpadu je odpad domovní, který vzniká přímo v domácnostech občanů. Tento odpad je dále uložen do kontejnerů směsných či na tříděný odpad (obvykle na sklo, papír a plast). Kontejnery na tříděný odpad jsou umístěny podle potřeb konkrétní obce a potřeb občanů. Kontejnery na směsný odpad jsou umístěny vždy před bytem či domem občana.

Zákon o odpadech uvádí, že komunální odpad je: veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání. Z definice vyplývá, že komunální odpad vzniká z nepodnikatelské činnosti. Z podnikatelské činnosti vznikají také odpady, ale ty se řadí do kategorie označené jako odpady podobné komunálnímu odpadu. Zákon o odpadech popisuje odpad podobný komunálnímu odpadu jako odpad vznikající při činnosti PO nebo FO oprávněných k podnikání na území obce (Zákon č. 185/2001 Sb.).

Obecně platné zásady komunálního odpadu jsou: předcházení vzniku a nebezpečnosti, oddělené shromažďování, využití zbytkových odpadů a skládkování v případě prokazatelného nevyužitého zbytku odpadu (Kuraš, a další, 2008).

Komunální odpad se může dělit na (Vyhodnocování potenciálu produkce odpadů a možnosti využití, 2008):

- domovní odpad a jemu podobný – veškerý běžný odpad z domácností a odpad vzniklý z úklidu obytných prostor,
- objemný odpad – nadměrný odpad vyprodukovaný z domácností (nábytek, koberce apod.),
- využitelné složky komunálního odpadu – druhy odpadu, které se sbírají v domácnosti odděleně (plasty, textil, sklo, kovy, i biologicky rozložitelný odpad),
- nebezpečné složky komunálního odpadu – složky odpadu, které mohou poškodit okolí svou povahou,
- biologicky rozložitelný odpad – odpad z papíru, bioodpad z domácností, odpad v podobě zeleně i textil.

Dle statistického šetření bylo zjištěno, že v roce 2015 v České republice bylo vyprodukováno 3,3 milionu tun komunálního odpadu. Z tabulky 1 je patrné, že se toto číslo za poslední tři roky stále zvyšuje. Za rok 2015 bylo toto číslo tvořeno z 62 %

běžným svozem komunálního odpadu, 9 % činil svoz objemného odpadu, jako jsou koberce, nábytek apod. 15 % tvořil odpad odděleně sběrných složek (papír, plast, sklo, kov). Odpady z komunálních služeb tvořily pouhé 2 % a ostatní komunální odpad 12 % (Český statistický úřad, 2016a).

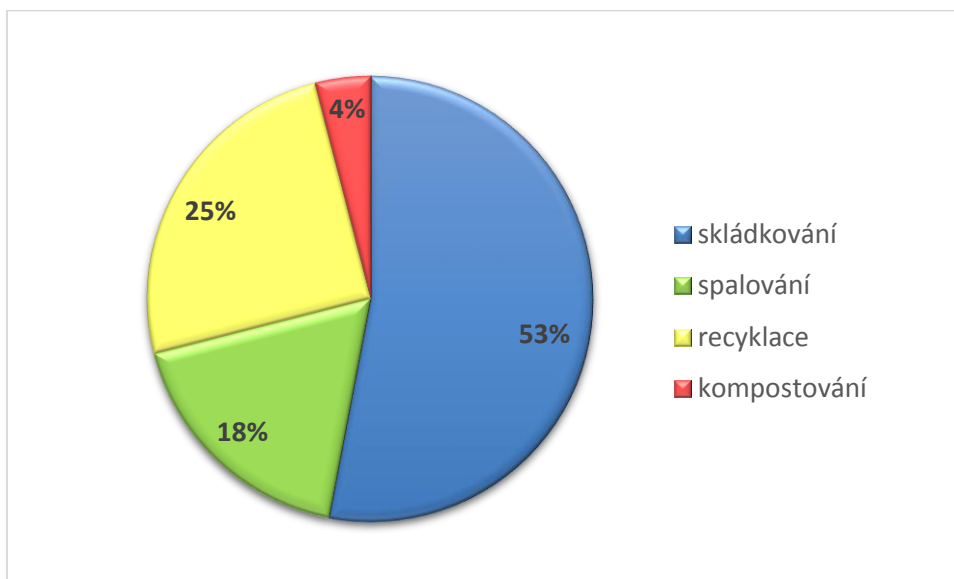
Tabulka 1 - Produkce komunálních odpadů ČR (v t)

Ukazatel	2012	2013	2014	2015
Komunální odpad celkem	3 232 643	3 228 232	3 260 581	3 337 336
Běžný svoz	2 195 867	2 139 595	2 092 967	2 069 760
Svoz objemného odpadu	312 708	317 161	307 515	308 607
Odděleně sbírané složky	448 088	448 428	467 390	484 710
Odpady z komunálních služeb (z čištění ulic, parků atd.)	56 574	52 034	63 540	60 919

Zdroj: Vlastní zpracování (Český statistický úřad, 2016b)

Nakládání s komunálními odpady

Graf 1 - Způsoby nakládání s komunálními odpady v roce 2015



Zdroj: Vlastní zpracování (Český statistický úřad, 2016a)

Přestože množství směsného odpadu se rok od roku snižuje a množství tříděného komunálního odpadu roste, tak i přes to se více jak polovina celkového komunálního odpadu ocitne na skládkách. Jak je patrné z grafu 1, skládkování představuje 53 %

z celkové produkce. Ve spalovnách skončilo 18 % a vzniklé teplo bylo využito k výrobě energie či vytápění. 25 % celkového komunálního odpadu bylo přepracováno či upraveno v recyklačních linkách. Nárůst oproti roku 2014 má na svědomí změna legislativy, která napomohla zajistit oddělený sběr biologického odpadu a ovlivnila tím i množství kompostovaného odpadu, které tvoří 4 % (Český statistický úřad, 2016a).

Poplatky za komunální odpad

Dle § 17a zákona o odpadech může obec, která odpovídá za odstranění odpadu na jejím území, stanovit a vybírat poplatek. Konkrétní výše poplatku je uvedena v obecně závazné vyhlášce obce. Maximálně však do výše předpokládaných nákladů nakládání s komunálním odpadem podle počtu a objemu nádob na odpad u nemovitosti nebo podle počtu osob v bytě. Nebo se obec může řídit Zákonem č. 565/1990 Sb. Zákon České národní rady o místních poplatcích (dále jen zákon o místních poplatcích), který určuje poplatek za provoz systému shromažďování, sběru, přepravy, třídění, využívání a odstraňování komunálních odpadů. Dle § 10b zákona o místních poplatcích může sazbu poplatku tvořit buď částka na osobu až 250 Kč za rok nebo se stanoví na základě nákladů obce na sběr a svoz komunálního odpadu částka za osobu až 750 Kč na rok. Obec si musí vybrat podle jakého zákona stanoví poplatek.

Průměrný poplatek od obyvatel obcí činil v roce 2014 cca 493,5 Kč na osobu. Průměrná platba na obyvatele se mírně zvýšila. Hranici 500 Kč překračují spíše větší města a nižší poplatek si dražší menší obce. Tyto poplatky obci nestačí na celkové pokrytí nákladů na odpadové hospodářství, proto značnou část doplácí obce ze svého rozpočtu. Teoretický průměr pro celou republiku je 25,6 %. Platí zde také pravidlo, že menší podíl doplácí menší obce a větší podíl pak velká města (Ekonomika odpadového hospodářství v obcích ČR – aktualizace údajů za rok 2014, 2015).

1.4 Zpracování odpadů

Vzniklé odpady je důležité dále zpracovávat, aby bylo docíleno co nejmenšího znečištění planety a také efektivity nakládání s odpady. Zpracování odpadů zákon o odpadech dále dělí na úplné odstranění nebo další využívání odpadů. Hlavní technologií dalšího využívání odpadů je zejména recyklace a ukládání biologicky rozložitelných odpadů do půdy, což je přínosem pro zemědělství a přispívá ke zlepšení ekologie. Další možnosti využívání odpadů jsou i použití odpadů k výrobě energie, dále také rafinace olejů či zpětné získávání organických látek (Zákon č. 185/2001 Sb.). Biologicky rozložitelné odpady jsou významnou skupinou odpadů. Mezi ně patří biologicky rozložitelné komunální odpady a čistírenské kaly. Způsob

pro využívání biologicky rozložitelného odpadu je kompostování a slouží k výrobě organického hnojiva neboli kompostu (Kuraš, a další, 2008).

Recyklace je znovuvyužití a znovuvvedení do cyklu. Jedná se o materiálové využití odpadů v původní či pozměněné formě (Kuraš, a další, 2008), kdy je odpad opět zpracován na výrobky, látky a materiály pro původní či jiné účely jejich použití. Za recyklaci odpadů se nedá považovat energetické zpracování a využití výrobků používaných jako palivo (Zákon č. 185/2001 Sb.). Jak už bylo zmíněno, z grafu 1 vyplývá, že v roce 2015 na území České republiky skončilo 25 % komunálního odpadu v recyklačních linkách. Zájem o opětovné využívání odpadů, které vyžaduje menší náklady na energii ve srovnání s výrobou z primárních surovin, se neustále zvyšuje v důsledku na zvyšování cen ropy. Z ekonomického i environmentálního hlediska je nezbytné, aby zvyšující se trend stále vzrůstal (Kuraš, a další, 2008).

Druhým způsobem zpracování odpadu je jeho odstranění, mezi které patří zejména skládkování a spalování. Dále sem můžeme zařadit i fyzikálně-chemické úpravy, ukládání odpadů do povrchových nádrží, vypouštění do moří či oceánů a mnoho dalších způsobů odstraňování odpadů (Zákon č. 185/2001 Sb.).

Skládkování je v České republice nejpoužívanější formou odstraňování odpadů, ačkoliv je nejméně žádoucím způsobem odstraňování odpadů. Vzniká zde skládkový plyn a výluhy dále hrozí vzplanutí skládek, zápach, přemnožený hmyz, poletující lehký odpad. Za problém lze také považovat velkou prostorovou náročnost skládek (Kuraš, a další, 2008). Skládky se mohou dělit podle různých kritérií. Podúrovňové a nadúrovňové skládky lze rozlišovat dle vztahu k úrovni terénu. Z časového hlediska se rozlišují skládky připravované, provozované, s přerušenou nebo ukončenou činností. Rozlišují se skládky i podle tvaru na svahové a násypové. Dále mohou být i skládky nebezpečného odpadu (Voštová, a další, 2009).

Spalování je druhá nejpoužívanější forma odstraňování odpadů. Jeho cílem je snížení organických kontaminantů či omezit množství odpadů a tím ulehčit skládkám. Dalším cílem spalování je zakoncentrování těžkých kovů v zachycovaném popílku. Spalovat by se mělo však takové množství odpadu, které nelze využít k výrobě druhotných surovin. Pozitivní vedlejší jev spalování je využití vzniklého tepla. Vhodná forma odstraňování odpadů je spalování v hustě obydlených oblastech, kde není prostor pro skládkování. Spalování má i svá negativa, mezi které lze zařadit vysoké investiční i provozní náklady, nutnost kvalifikované obsluhy a měřící a kontrolní zařízení k zachycování škodlivin (Kuraš, a další, 2008).

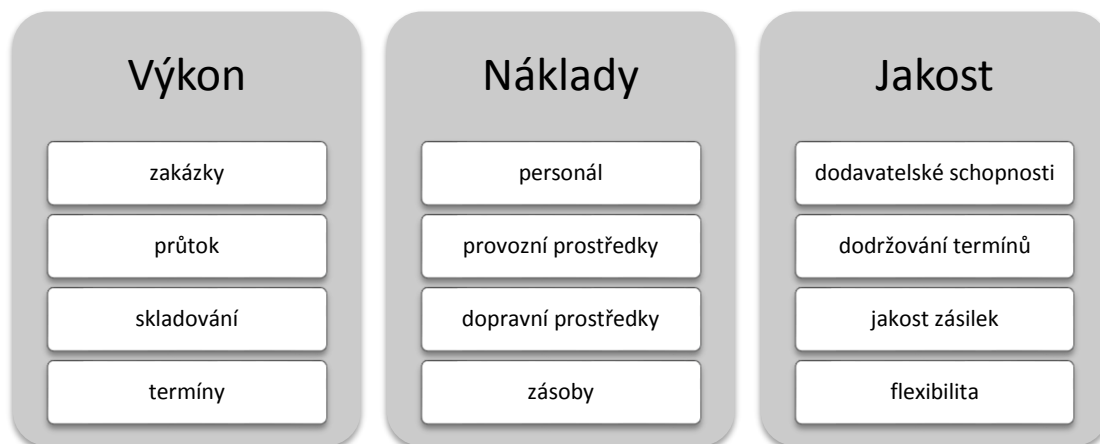
2 Logistika odpadového hospodářství

Logistiku lze definovat různými způsoby. Drahotský, a další, 2003 tvrdí, že se logistika zaměřuje na pohyb zboží i materiálu a to z místa vzniku až do místa spotřeby. Pernica, 2005 uvádí, že se logistika zabývá koordinací, synchronizací a optimalizací veškerých systémových aktivit.

Logistika však je i vědní obor zabývající se plánováním, realizací, řízením a kontrolou pohybu materiálu, energií i informací. Pro odpadové hospodářství je charakteristická zejména přeprava, manipulace a skladování velkého množství odpadů. Charakteristické jsou také nároky na spolehlivost navazujících procesů, rozdíly v přepravních vzdálenostech, výkyvy v množství odpadů a výrazné cenové tlaky. Z tohoto důvodu je v odpadovém hospodářství důležitá logistika a je zapotřebí vytvořit funkční, organizační a řídicí strukturu (Voštová, a další, 2009).

Úkolem logistiky odpadového hospodářství je zabezpečení logistických objektů, jako jsou odpady, suroviny, výrobky, obalový materiál, kontejnery a palety, v požadovaném množství i sortimentu, na určitém místě, včas, v požadované kvalitě a s minimálními náklady. Je zapotřebí dodržovat kruhové hospodaření s odpady, v němž by odpady obíhaly s minimálními ztrátami. Jedná se o cyklus odběru odpadů, přepravy, manipulace a skládkování, zpracování a využití (Voštová, a další, 2009).

Obrázek 3 - Cíle logistiky



Zdroj: Vlastní zpracování (Voštová, a další, 2009)

V odpadovém hospodářství se neustále zvětšuje množství odpadů, a proto se zvyšují i nároky na logistiku. Kvalita logistiky se vyznačuje tím, když je celý systém dobře řízen a přitom je dosahováno i cílů (Voštová, a další, 2009).

2.1 Dopravní logistika

Dopravní logistika je činnost koordinující, synchronizující a optimalizující toky zási-
lek v dopravní síti od jejich vstupu do sítě až po jejich vystoupení. Dopravní logistika
se zabývá i prostorovým rozmístěním, kapacitou a pohybem všech dopravních pro-
středků (Kubíčková, 2006). Štůsek, 2007 uvádí, že doprava je jednou z nejdražších
logistických procesů a tvoří polovinu z celkových logistických nákladů, a proto je cí-
lem v dopravní logistice tyto přepravní náklady minimalizovat.

2.1.1 Teorie dopravních sítí

Teorie dopravy nebo také teorie dopravních systémů je obor zkoumání samostatné
vědní disciplíny, která vytváří, zpracovává a aplikuje matematické modely doprav-
ních systémů a jejich částí. Řada úloh z teorie dopravních systémů si vyžádala
vytvoření specifických postupů. Časem vznikly nové typy dopravních úloh a tím i pří-
stupy k jejich řešení. K řešení dopravních úloh jsou nejčastěji používanými přístupy
specifické metody dopravních systémů (Pastor, a další, 2007).

Dopravní systémy patří mezi speciální případy přemísťovacích systémů. Specifi-
kují se tím, že objekty, které jsou přemísťované, jsou nezanedbatelné hmotnosti.
Zejména se jedná o zásilky a cestující. Typické příklady dopravních systémů jsou
(Černá, a další, 2014):

- **systém silničního svozu**, který se skládá ze sítě silničních a městských komuni-
kací a jehož vstupní i výstupní prvky jsou vozidla,
- **železniční doprava**, jejíž síť je tvořena traťovými úseky a stanicemi, její pohyblivý
podsystem je tvořen vozy a lokomotivami a vstupní i výstupní prvky jsou zásilky
a cestující,
- **městská hromadná doprava** – síť tvořena zastávkami a úseky městských komu-
nikací.

Teorie dopravních systémů řeší deskriptivní a optimalizační typy problémů.
U deskriptivního typu problému je cílem zjistit charakteristiky, které ovlivňují do-
pravní proces. Například hustotu dopravního proudu nebo průměrnou rychlost
přepravy. Zjištěné charakteristiky mohou pomoci posoudit potřebu změny procesu
v původním dopravním systému. Na rozdíl u optimalizačního typu problému se pře-
dem stanoví takové parametry, aby se dosáhlo bodu optima, tedy maxima nebo
minima (Pastor, a další, 2007).

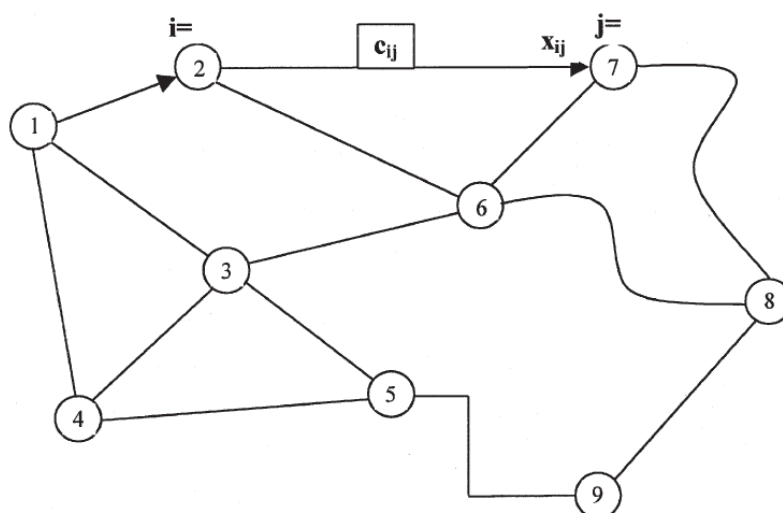
Základem teorie dopravních systémů je existence dopravní sítě. Pojem dopravní
sítě lze definovat mnohými způsoby. Černá, a další, 2014 dopravní síť definují jako
konečnou množinu dopravních uzlů, které spojují dopravní úseky. Každý úsek musí
mít danou propustnost, nejkratší možnou dobu průjezdu a kilometrickou délku.

Po dopravní síti se pohybují, vstupují a vystupují objekty, kterými jsou například zásilky, cestující či automobily. Pro matematický model sítě může sloužit konečný smíšený graf, který může mít orientované i neorientované hrany. Orientované hrany představují jednosměrné ulice či koleje pro jeden směr na dvojkolejných trati. Neorientované hrany znázorňují obousměrné ulice nebo jednokolejné tratě.

Cenek, 2003 popisuje dopravní síť jako infrastrukturu po které se pohybují vozidla či zprávy. Dopravní síť je tvořena uzly a úseky. Uzly představují města, obce, železniční stanice, telefonní ústředny či počítačové servery. Úseky můžeme rozumnět komunikace mezi uzly jako jsou silnice, železniční tratě, vodní toky nebo telefonní a datové kabely.

Svoboda, 2006 dopravní síť definuje jako konečnou množinu uzlů a cest, které propojují tyto uzly. Pevnou kostru dopravní soustavy označovanou jako dopravní infrastrukturu tvoří vrcholy a hrany.

Obrázek 4 - Ukázka modelu dopravní sítě



Zdroj: Cenek, 2003

Obrázek 4 představuje model obecné sítě. Model ukazuje uzly v podobě kroužků s čísly a také úseky, které spojují jednotlivé uzly. Úseky mohou být znázorněny jako úsečky mezi koncovými uzly nebo mohou mít jakýkoli tvar v podobě křivky či lomené čáry což lépe zobrazuje skutečný tvar silnice. Úseky mohou být dále orientované (v podobě šipky udávající směr, úsek z uzlu 2 do uzlu 7) nebo neorientované. V modelu dopravní sítě lze určit počáteční a koncový uzel určitého úseku pomocí indexů i a j , přepravované množství x_{ij} a ohodnocení úseku c_{ij} (které představuje náklady na přepravu po daném úseku – vzdálenost, spotřeba pohonných hmot, doba jízdy) (Cenek, 2003).

Základní pojmy

- **Dopravní uzel** je místo kde se mohou tvořit, shromažďovat, rušit i vstupovat nebo vystupovat skupiny dopravních elementů (cestující, zásilky) (Černá, a další, 2014).
- **Dopravní úsek** zobrazuje spojení dvou uzlů dopravní sítě, po které se dopravují skupiny dopravních elementů. Jedná se například o část silnice mezi dvěma zastávkami (Svoboda, 2006).
- **Dopravní element** je objekt, obvykle zásilka či cestující, kteý je během dopravy nedělitelný (Černá, a další, 2014).
- **Dopravní komplet** neboli dopravní prostředek tvoří objekty spou s dopravním elementem. Jde o skupinu elementů, která je schopna se sama pohybovat po dopravní síti (Pastor, a další, 2007).
- **Trasa** je posloupnost uzlů a úseků spojujících tyto uzly. Umožňuje popsat pohyb dopravního prostředku v dopravní síti (Černá, a další, 2014).
- **Proud** je rozlišován na přepravní a dopravní. Jedná se například o proud plynu, elektrickým proudem či kapaliny (Černá, a další, 2014).
- **Dopravní proud** prochází daným bodem sítě. Je to dopravní proces určený posloupností časových údajů o průjezdu dopravních kompletů určitým bodem (Černá, a další, 2014).
- **Intenzita proudu** udává počet jednotek proudu za jednotku času (Černá, a další, 2014).
- **Propustnost úseku** může být optimistická a pesimistická. Optimistická propustnost úseku představuje maximální intenzitu proudu bez zvyšujícího se zdržení kompletů. Pesimistická propustnost úseku je maximální číslo udávající propustnost. Jen proudy s intenzitou menší než je toto číslo mohou procházet tímto úsekem bez zvyšujícího se zdržení kompletů (Černá, a další, 2014).
- **Dávka** je skupina elementů přepravovaných či dopravovaných společně (Černá, a další, 2014).

2.2 Klasifikace dopravních úloh

Nejčastěji řešenou optimalizační úlohou je optimální hledání tras. Tyto optimalizační úlohy lze rozdělit na dopravní obsluhu hran a na dopravní obsluhu vrcholů sítě (Pastor, a další, 2007).

U **dopravní obsluhy hran sítě** jde zejména o minimalizaci celkové délky trasy procházející všemi hranami pouze jednou. Taková trasa musí začínat a končit v jednom určeném vrcholu. Tato dopravní úloha se nazývá úloha čínského poštáka někdy také listonoše. Úlohy dopravní obsluhy hran sítě se využívají například u odvozu odpadků či údržbě silnic (Pastor, a další, 2007).

Dopravní obsluha vrcholů sítě je mnohem problematičtější, v praxi častěji využívanější a v zahraniční literatuře probíranější úlohou. Tato úloha určuje takovou trasu pro dopravní komplet v síti, která bude začínat i končit v totožném vrcholu a také bude procházet všemi ostatními vrcholy dané sítě. Jedná se o úlohu minimalizační, je požadováno, aby se minimalizací trasy snížily náklady na pohonné hmoty nebo se zkrátila doba obsluhy apod. Dopravní obsluha vrcholů sítě se využívá zejména pro plánování služebních cest, kurýrní rozvážku či rozvoz výrobků (Fiala, 2011).

2.3 Dělení okružních a rozvozních úloh

Úlohy trasování přeprav kusových zásilek je možné dělit podle jejich charakteristických znaků. Dle času obsluhy uzlů mohou mít úlohy trasování přesně určený čas obsluhy, přesné intervaly obsluhy (časová okna) nebo čas obsluhy určen není vůbec. Úlohy trasování se mohou odlišovat počtem středisek a to tak, že buď má síť pouze jedno středisko, nebo jich má více. Podobně se mohou odlišovat i velikostí dopravního parku, buď mají jeden dopravní prostředek, nebo více. Dopravní prak se dále rozlišuje na homogenní a heterogenní (Skýva, a další, 1987).

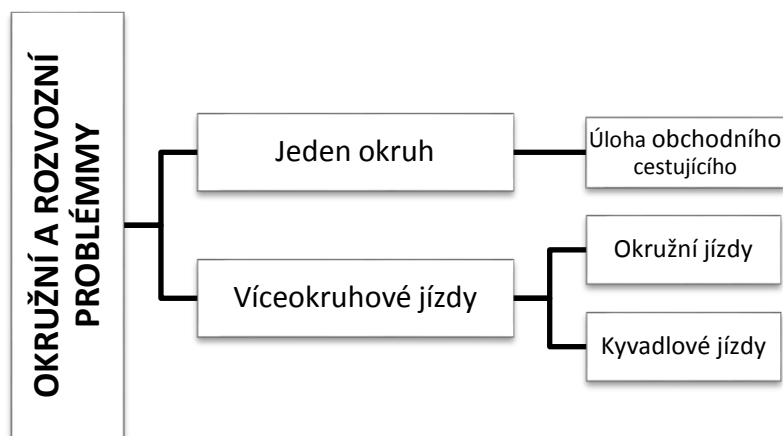
Úlohy trasování se mohou rozlišovat dle kapacity dopravního prostředku na ty se stejnou kapacitou, s různými kapacitami nebo na ty, kde kapacita dopravního prostředku není omezená. Dle operace prováděné v uzlech se mohou úlohy trasování dělit na nakládání dopravních elementů, vykládání nebo na to, když jsou některé dopravní elementy vykládány a některé nakládány. Dle charakteru nákladů se rozlišují náklady pevné a náklady, které jsou závislé na délce cesty (Skýva, a další, 1987).

Dle charakteru úlohy se úlohy trasování rozlišují na statické a dynamické úlohy. Statické úlohy se vyznačují tím, že informace o zákaznících jsou známy předem a u dynamických úloh přicházejí některé požadavky od zákazníků až po nalezení optimálních tras nebo během jízdy (Drahotský, a další, 2003).

Za okružní úlohu se považuje úloha, kdy se nebere zřetel na kapacitu vozidla. O rozvozovou úlohu se jedná jestliže je při plánování okruhů kapacita vozidla důležitá. Pod rozvozní úlohou je zapotřebí si však představit úlohy zabývající se, jak svozem, tak rozvozem (Fiala, 2011).

Obrázek 5 znázorňuje dělení okružních a rozvozních úloh. Úlohy jsou děleny na jednookruhové a víceokruhové jízdy. Mezi úlohy s jedním okruhem můžeme řadit úlohu obchodního cestujícího. Do víceokruhových jízd řadíme okružní a kyvadlové jízdy. Okružní a rozvozní úlohy budou popsány níže.

Obrázek 5 - Dělení okružních a rozvozních úloh



Zdroj: Vlastní zpracování

2.4 Jednookruhové jízdy

Jedná se o nejjednodušší typ okružních úloh. Jednookruhové jízdy znamenají, že přeprava mezi všemi obsluhovanými místy musí být realizována pouze jedním okruhem. Tato úloha se často nazývá jako problém obchodního cestujícího (Šubrt, a další, 2011).

2.4.1 Úloha obchodního cestujícího

Historie této úlohy sahá do 19. století a tematicky je řazena do odvětví teorie grafů. V literatuře o grafech se také vyskytuje pod názvem úloha o vyhledávání minimální Hamiltonovy kružnice v grafu. V dopravních situacích se úloha používá v souvislosti s optimalizací tras vozidel ať už v rámci svozových či rozvozních úloh (Teichmann, a další, 2011).

Úloha byla původně navržena pro obchodního cestujícího, který vyjede na cestu z jednoho města, zastaví se ve všech ostatních městech a vrátí se zpět do výchozího. Zásada je, aby cesta byla co nejkratší. Úloha obchodního cestujícího je obtížným diskrétním optimalizačním problémem (Pastor, a další, 2007). Jde o nalezení nejkratšího okruhu, který začíná a končí ve stejném uzlu a zahrnuje všechny ostatní. V reálných situacích se jedná o pravidelný svoz například domovního odpadu nebo pravidelný rozvoz v podobě pekárny (Jablonský, 2007).

Okružní dopravní problém nazývaný také jako problém obchodního cestujícího je zařazován mezi distribuční úlohy lineárního programování. Tato úloha spočívá v hledání cesty v grafu, která je uzavřená, obsahuje všechny vrcholy a má minimální ohodnocení, což je součet ohodnocení hran na této uzavřené cestě (Pelikán, 1999).

Základní podmínkou této úlohy je, aby každá jízda začínala i končila ve stejném místě a aby všichni odběratelé této služby byli navštíveni pouze jednou. Cílem okružního dopravního problému je uspořádat pořadí jednotlivých zastávek na trase tak, aby náročnost, délka okruhu, spotřeba pohonných hmot či času a celkové náklady této cesty byly minimální (Pastor, a další, 2007).

Příkladem problému obchodního cestujícího může být naplánování návštěv klientů, tak aby se najelo co nejméně kilometrů. Úloha může být aplikována v celé řadě reálných situacích. Tento problém vzniká v celé řadě společností, kde pravidelně obsluhují své zákazníky, ve formě rozvážení nebo svážení různých zásilek a produktů (Fiala, 2011).

Okružní dopravní problém se dá řešit celou řadou přístupů. Jedná se o klasický přístup založený na teorii grafů, matematické programování, ale i přístupy nekonvenční založené na genetických algoritmech, mravenčích koloniích a heuristických metodách. Úlohy menšího rozsahu (malý počet obsluhovaných zákazníků) se řeší klasickými přístupy a úlohy většího rozsahu zas nekonvenčními přístupy a heuristickými metodami (Teichmann, a další, 2011; Pizlo, a další, 2006; Rostami, a další, 2015).

V literatuře na algoritmy z pohledu dopravních aplikací nejsou kladena žádná další omezení. To však v praxi často splněno není. Často se stává, že počet zákazníků překračuje kapacitu vozidla nebo je nutné provést obsluhu zákazníka v určitém časovém intervalu. Další zvláštní situací může být dynamická úloha obchodního cestujícího, kdy přicházejí ze střediska dodatečné požadavky na řidiče vozidla. Důsledkem je přizpůsobení již naplánované trasy (Teichmann, a další, 2011).

V praxi existuje řada metod k řešení úlohy okružního dopravního problému neboli problému obchodního cestujícího. Níže jsou popsány dvě metody, metoda nejbližšího souseda a vogelova aproximační metoda.

Metoda nejbližšího souseda

Pro okružní dopravní problém je metoda nejbližšího souseda nejjednodušší možnou aproximační metodou. Princip této metody spočívá v tom, že ze zvoleného výchozího místa je nutné se vydat do místa, do něhož je nejvýhodnější spojení. Dále pak hledáme nejvýhodnější spojení z míst, kde se právě nacházíme, do míst, kde jsme nebyli.

Jestli-že jsme navštívili všechna místa, je zapotřebí se vrátit zpět do výchozího (Šubrt, a další, 2011).

Výpočet metody nejbližšího souseda se provádí v matici sazeb, kde jsou uvedeny města a jejich vzdálenosti. Postupuje se tak, že v řádku výchozího města najdeme minimální hodnotu, tím vznikne první spojení měst. Dále v řádku s tímto městem opět najdeme minimální hodnotu a postup opakujeme, dokud nejsou spojena všechna města. Je zapotřebí postupně nalézt takovou okružní trasu pro všechna města z matice, tak aby každé bylo jednou výchozím městem. Nakonec ze všech nalezených tras vybereme tu nejvýhodnější, tedy s nejmenší najetou vzdáleností (Šubrt, a další, 2011; Rosenkrantz, a další, 1977).

Vogelova aproximační metoda

Metoda se dá používat při řešení okružního dopravního problému, tak i při řešení jednostupňové dopravní úlohy. Vogelova aproximační metoda využívá rozdíly mezi dvěma nejvýhodnějšími, tedy nejmenšími hodnotami v řádcích matice měst. Tím je zajištěno během výpočtu rovnoměrné obsazování výhodných spojů. U okružního dopravního problému a jednostupňové dopravní úlohy se postup výpočtu liší. U problému obchodního cestujícího se musí uvažovat přepravované množství zboží (Šubrt, a další, 2011; Kurian, a další, 2013).

2.5 Víceokruhové jízdy

Víceokruhové jízdy se mohou nazývat i trasovací problémy. Objevují se v různých obměnách s různými kapacitami nebo časovými či jinými omezeními, což způsobuje, že nemůže být přeprava realizována jedním okruhem. Nejčastějším důvodem, proč je zapotřebí okružní přepravu rozdělit do více okruhů, je kapacitní omezení. Často kapacita vozidla nestačí pokrýt požadavky na množství materiálu, které je potřeba rozvést či svézt a je tedy zapotřebí využít buď více vozidel nebo jedno vozidlo využít vícekrát (Šubrt, a další, 2011).

2.5.1 Okružní jízdy

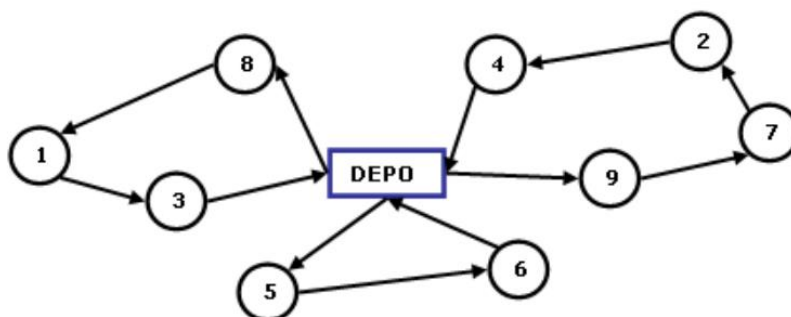
Úlohy okružních jízd jsou ty, které řeší rozvoz zásilek z výchozího střediska k zákazníkům. Požadavky jednotlivých zákazníků nenaplní celou kapacitu vozidla. Jednou jízdou může vozidlo obsloužit více zákazníků. Úkolem této úlohy je stanovit takovou trasu dopravního kompletu, aby celková délka tras byla nejkratší možná a aby každý požadavek byl vyřízen jednou obsluhou dopravního kompletu (Fiala, 2011).

Úlohy okružních jízd se řeší denně, podle změny počtu a míst doručení jednotlivých zásilek. V praxi je důležité umět reagovat na změnu situace a umět řešit tuto

úlohu v řádu několika minut. Jen tak je možné vyhovět požadavkům zákazníků (Široký, a další, 2010).

Okružní jízdy lze rozdělit do několika modelů. Jedná se o kapacitně omezenou úlohu okružních jízd, úlohu okružních jízd se současným svozem a rozvozem, úlohu okružních jízd s rozvozem a zpátečním svozem a o úlohu okružních jízd s časovými okny.

Obrázek 6 - Schéma klasické úlohy okružních jízd



Zdroj: Široký, a další, 2010

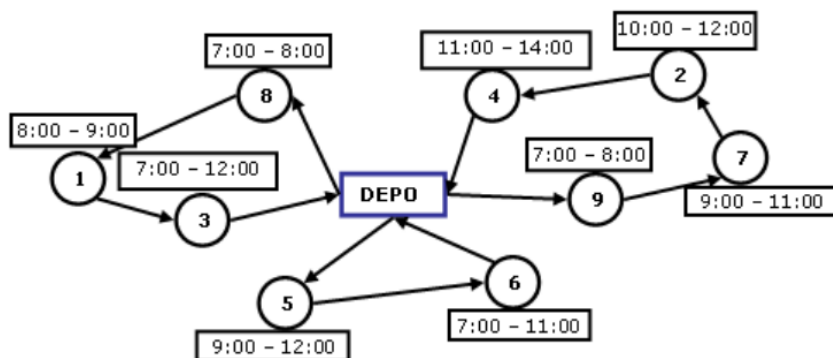
Kapacitně omezená úloha okružních jízd

Jedná se o kombinaci úlohy obchodního cestujícího a ložného problému a respektuje kapacitní omezení dopravních kompletů. Je určeno jedno nebo více centrálních dep, ze kterých vyjíždí množina dopravních kompletů s určitou kapacitou. Dále víme vzdálenost zákazníků od depa i vzájemné vzdálenosti zákazníků. Známe i požadavky zákazníků na obsluhu jako je například velikost objednávky. Cílem této úlohy je obsloužit zákazníky s minimálními náklady. Grafické schéma klasické úlohy okružních jízd zobrazuje obrázek 6 (Toth, a další, 2014).

Úloha okružních jízd s časovými okny

Úloha s časovými okny je kombinace úlohy okružních jízd a problému rozhodování. Jedná se o základní úlohu, která je rozšířena o časová okna. Časová okna udávají pro každého zákazníka specifický časový interval, ve kterém je možné zákazníka obsloužit. Ve skutečnosti to znamená, že mají někteří zákazníci omezenou pracovní dobu, ve které je musíme obsloužit, nebo potřebují obdržet objednávku do určitého času. Grafické schéma úlohy okružních jízd s časovými okny je znázorněno na obrázku 7. Úloha existuje také jako varianta s měkkými časovými okny. Tato úloha dovoluje časová okna porušovat, ale každé porušení je sankcionováno (Široký, a další, 2010; Pavone, a další, 2009).

Obrázek 7 - Schéma úlohy okružních jízd s časovými okny



Zdroj: Šíroký, a další, 2010

Úloha okružních jízd se současným svozem a rozvozem

Jde o základní úlohu, která je specifická tím, že každé vozidlo může provádět svoz i rozvoz zásilek současně. Konkrétní požadavek zákazníka určuje, zda se zásilka pouze nakládá, vykládá nebo se provádí obě činnosti. Je nutné dbát na kapacitní omezení dané trasy, jako je kapacita vozidla nebo maximální trvání trasy (Šíroký, a další, 2010).

Úloha s více depy

V případě, že existuje více dep a zákazníci nejsou striktně rozděleni do atrakčních obvodů těchto dep, jedná se o úlohu s více depy. Cílem této úlohy je obsloužit zákazníky s minimálními náklady. Každé depo má určitý počet vozidel a každé se vrací do mateřského depa. Úloha s více depy není využitelná pro svoz a rozvoz adresných zásilek. Je vhodná k řízení v různých systémech distribuce zboží, kde si zákazník vytvoří objednávku. Ta je zaslána z některého distribučního skladu, ve kterém je požadované zboží (Šíroký, a další, 2010).

Úloha okružních jízd s rozvozem a zpátečním svozem

Jedná se o rozšíření úlohy se současným svozem a rozvozem. V úloze s rozvozem a zpátečním svozem jsou zákazníci rozděleni do dvou skupin. První skupina zákazníků chce, aby jim bylo doručeno objednané zboží, a druhá skupina zákazníků chce, aby se zboží u nich pouze vyzvedlo. V reálné situaci je nutné, aby bylo zboží ve vozidle poskládáno v takovém pořadí, jak budou zákazníci obsluhováni. Je nevhodné i neefektivní přerovnávat zboží ve vozidle, proto musí vozidlo nejprve vyložit všechny objednávky zákazníkům a až následně nakládat zboží od zákazníků (Toth, a další, 2014).

2.5.2 Kyvadlové jízdy

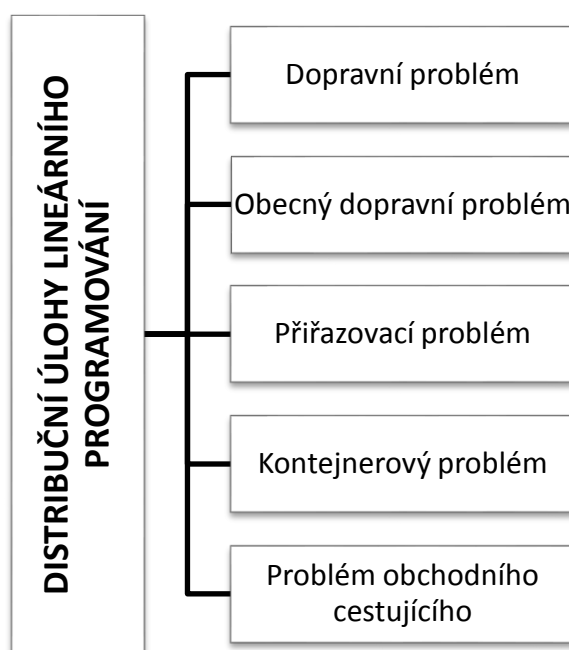
Kyvadlové jízdy jsou jednorázové nebo opakované. V reálné situaci dopravní komplet vyjede ze střediska k zákazníkovi, kde vyloží nebo naloží objednávku a vrátí se zpět do střediska. Důvodem jízdy jsou požadavky jednoho zákazníka, které buď převyšují kapacitu vozidla, nebo jsou stejné. Vozidlo realizuje krátké jízdy k zákazníkovi a zpět (Fiala, 2011).

2.6 Distribuční úlohy lineárního programování

Distribuční úlohy jsou velkou skupinou úloh lineárního programování a vyznačují se specifickými vlastnostmi. Tyto specifické vlastnosti se mohou týkat speciální struktury modelu či způsobu jejich řešení (Jablonský, 2007).

Do skupiny distribučních úloh lineárního programování se mohou řadit tyto problémy: dopravní problém, obecný dopravní problém, přiřazovací problém, problém obchodního cestujícího a kontejnerový problém (Holoubek, 2006).

Obrázek 8 - Dělení distribučních úloh lineárního programování



Zdroj: Vlastní zpracování

2.6.1 Dopravní problém

Při řešení typických dopravních úloh je úkolem rozvézt výrobky mezi několik odběratelů, které jsou skladovány nebo vyráběny na různých místech. Přeprava musí být

provedena tak, aby se uspokojili veškeré zákaznické potřeby a aby bylo současně docíleno minimálních přepravních nákladů (Rais, 2001).

2.6.2 Obecný dopravní problém

Obecný dopravní problém se od dopravního problému liší hlavně tím, že zdrojové kapacity a odběratelské požadavky nejsou uváděny ve stejných jednotkách. Je nutné doplnit model o určité koeficienty určené k převodu, aby se mohly proměnné vzájemně porovnávat (Jablonský, 2007).

2.6.3 Přiřazovací problém

V přiřazovacím problému se hledá jednoznačné přiřazení dvojice jednotek ze dvou skupin. A to tak, aby přiřazení přineslo maximální efekt. Jsou vymezeny dvě skupiny, které mají stejný počet prvků. Dosažení stejného počtu prvků lze pouze doplněním o fiktivní jednotky (Jablonský, 2007). Holoubek, 2006 ve své publikaci uvádí, že typický příklad přiřazovacího problému je způsob jakým přiřadíme pracovníky ke strojům. A to za předpokladu, že je každý pracovník schopen pracovat na všech strojích. Na splnění požadovaného úkolu je zvláštní potřeba různé délky pracovního času či různé náklady. Úloha má řešení když je výsledek minimální. Přiřazení strojů a pracovníků má velikost nákladů nebo spotřebu co nejmenší.

2.6.4 Kontejnerový problém

Kontejnerový dopravní problém je modifikace základního dopravního problému. U kontejnerového problému se však přeprava realizuje pomocí kontejnerů o určité kapacitě (Jablonský, 2007). Přepravní náklady jsou lineárně závislé pouze na počtu využívaných kontejnerů. A to bez ohledu na to, zda je kontejner poloprázdný či plný. Je tedy samozřejmé, že se požaduje, aby byly přepravované kontejnery využity na svou maximální kapacitu (Pelikán, 1993).

2.6.5 Problém obchodního cestujícího

Problém obchodního cestujícího bývá označován také jako úloha obchodního cestujícího, okružní dopravní problém nebo jen okružní problém. Má celou řadu společných rysů jako přiřazovací problém (Jablonský, 2007). Úloha obchodního cestujícího byla již detailně popsána výše.

3 Metodika práce

Cílem práce je popsat logistické procesy při zpracování komunálního odpadu. Popsat firmu a analyzovat její rozhodovací problémy. Následně analyzovat současnou situaci a navrhnout změny k uplatnění optimalizačních metod. Proto je níže popsána společnost Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou, její organizační struktura a působnost na základě interních informací získaných osobní návštěvou ve firmě. Nastíněny jsou i statistické údaje o městě Hluboká nad Vltavou a produkce nejrůznějších odpadů vznikajících na tomto území, získané z nejrůznějších interních i veřejných statistik. Níže jsou popsány i logistické procesy zpracování komunálního odpadu a analýza současné situace společnosti Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou v podobě shromažďování, sběru, svozu a nakládání s odpady, též na základě interních informací.

Firmy provádějící sběr odpadů mohou ušetřit náklady optimalizací sběru a svozu odpadů. Mezi základní složky optimalizace patří například předcházení vzniku odpadů, vhodná volba nádob a odstranění odpadů, podpora recyklace apod. Nejdůležitější je optimalizace svozových tras, která snižuje náklady a zefektivňuje současný sběr a svoz odpadů. A proto jsou v diplomové práci popsány svozové trasy společnosti Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou a provedena jejich optimalizace.

Při optimalizaci svozových tras je zapotřebí najít optimální, tedy tu nejkratší trasu, díky které se ušetří náklady na pohonné hmoty, náklady vzniklé opotřebením vozidel, dochází také k úspoře času. I když je nalezena optimální svozová trasa je zapotřebí ji otestovat v praxi. Nejkratší trasa nemusí být vždy ta optimální, protože se v praxi můžeme setkat s problémy v podobě šíře či zúžení silnice, úhlu zatáček, překážek apod.

V současné době se k optimalizaci svozových tras využívají různé systémy. Velmi dobře však lze tuto problematiku řešit za pomoci teorie grafů. Konkrétně za pomoci úlohy obchodního cestujícího, která hledá nejkratší trasy. Proto je tato úloha vybrána pro řešení optimalizace tras Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou. Úloha využívá vrcholy a hrany. Vrcholy představují města či obce. Hrany představují silnice a délka hrany udává skutečnou vzdálenost mezi vrcholy. Proto je tedy nezbytné znát soupis obsluhovaných obcí a s tím související znalost aktuální platné mapy.

K řešení úlohy obchodního cestujícího lze využít řadu systémů. Lze využít počítačové programy, kde je zapotřebí u většiny z nich znát základní programování. Existují však i počítačové programy, které tuto znalost nevyžadují a pro tuto práci

budou takovéto programy dostačující. Tyto programy jsou jednoduché a úlohu obchodního cestujícího vyřeší bez potřeby znalosti programování, což umožní jejich využití širokou veřejností. Jednodušší forma řešení úlohy obchodního cestujícího funguje za pomoci aplikace, ve které je zapotřebí nejprve zvolit možnost plánování trasy, ve vyhledávači mapy zvolit požadovanou oblast, zadat body a nechat aplikaci vygenerovat optimální trasu. Pro optimalizaci svozových tras Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou jsou použity dvě volně dostupné webové aplikace.

První z nich je aplikace OptiMap, která je volně dostupná na internetu. Aplikace řeší problém obchodního cestujícího. K řešení využívá Google maps. Můžeme zde bezplatně řešit úlohu až pro 100 vrcholů. Aplikace vyhledává optimální trasu vedoucí přes všechny vrcholy, tak aby byl každý vrchol obsloužen pouze jednou a trasa byla nejkratší. S tím, že trasa začíná i končí ve stejném vrcholu (OptiMap, 2017). Druhá použitá aplikace s názvem RouteXL je také volně dostupná na internetu. Je to plánovač tras pro více adres, který je seřadí do ideálního pořadí, aby byla trasa co nejrychlejší. Aplikace řeší problém obchodního cestujícího zdarma pouze pro 20 vrcholů, za denní či měsíční poplatek je možné zadat až 200 vrcholů (RouteXL, 2017).

Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou řeší 7 svozových tras obsluhující dohromady 37 obcí. V diplomové práci jsou popsány 4 trasy, které zabezpečují svoz směsného komunálního odpadu pouze obcím nacházejících se v okolí Hluboké nad Vltavou. Jedná se o trasy, které firma pravidelně jezdí od pondělí do čtvrtka. Pro optimalizace těchto tras je vždy popsána současná svozová trasa společnosti. Dále použity webové aplikace řešící úlohu obchodního cestujícího OptiMap a RouteXL. A dochází k porovnání všech tras a nalezení té nejkratší a optimální trasy.

Na základě provedené podrobné analýzy společnosti a její současné situace jsou v práci navrženy změny k uplatnění optimalizačních metod, týkající se změny obcí v současných trasách společnosti. Pro tento návrh změn je použita jedna webová aplikace OptiMap, která vygeneruje nejkratší možnou trasu zahrnující konkrétní obce na konkrétní trase. Návrh změn se týká tras, u kterých firma Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou zabezpečuje svoz směsného komunálního odpadu v okolních obcích v úterý a ve středu.

Optimalizace svozových tras odpadních společností je složitá. Použité aplikace nemají reálné zkušenosti. Neberou v úvahu kvalitu silnic, které mohou být sice vhodné pro osobní automobil, ale pro velký automobil určený ke svozu odpadu už ne. Aplikace neberou v úvahu také šířku silnic či prudkost zatáček a mnohé jiné. Tuto zkušenost mají řidiči, jezdící tyto trasy každý týden. Proto je vždy na místě vygenerovanou trasu webové aplikace realizovat v praxi a prokázat tím její proveditelnost.

4 Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou

Z původního Městského hospodářství městského národního výboru v Hluboké nad Vltavou účinného od 1.1.1968 se stal po patnácti letech působení 1.4.1985 Podnikem místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou (dále též jako PMH). Podnik místního hospodářství je příspěvková organizace. Zprostředkovatelem společnosti je město Hluboká nad Vltavou. Společnost je pověřena k provádění těchto činností (Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou, 2017):

- správa nemovitého majetku,
- správa domů v majetku města,
- správa a údržba městské zeleně,
- správa a údržba komunikací a chodníků,
- správa a údržba skládek a odpadové hospodářství,
- správa a údržba veřejného osvětlení,
- správa a údržba hřbitovů v Hluboké nad Vltavou, Kostelci a Purkarcí,
- dodávka pitné vody v obci Kostelec,
- ostatní služby (prodej PB, parkovací plochy ve městě, správa domů v majetku jiných subjektů, zajištění provozu veřejných WC, atd.).

Podnik místního hospodářství dále provádí svoz komunálního odpadu v přibližně 37 okolních obcích. Tento komunální odpad je ukládán na skládku v obci Munice. Společnost také zajišťuje svoz tříděného odpadu v několika obcích, který je dále separován a předán k dalšímu zpracování vybraným odběratelům. PMH poskytuje také na objednávku i kontejnery na svoz a uložení velkoobjemového odpadu (Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou, 2017).

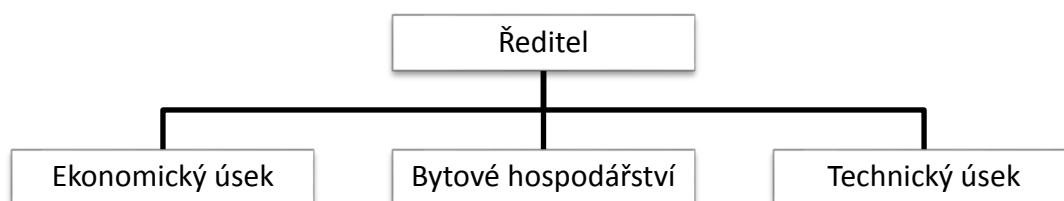
Společnost také spravuje sběrný dvůr, nabízí velkokapacitní kontejnery o objemu 5 m³ a tonáži do 8 t. Provádí výškové práce za pomoci vysokozdvizné plošiny. Zajišťuje zemní práce, nakládání se zeminou speciálním strojem, provádí i drobné elektroinstalační, vodo-instalační a topenářské opravy a práce (Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou, 2017).

4.1 Organizační struktura společnosti

Celkový počet pracovníků společnosti se odvíjí od potřeby v jednotlivých měsících. Průměrný počet se i s brigádníky pohybuje kolem dvaceti zaměstnanců, proto je lini-ová organizační struktura velmi jednoduchá. Nejvyšší pravomoc a odpovědnost má ředitel společnosti, který představuje nadřízenou osobu pro všechny zaměstnance. Jedná se tedy o centralizovanou strukturu.

Společnost je dělena na ekonomický úsek, bytové hospodářství a technický úsek. Ekonomický úsek má na starosti mzdy, fakturace, účetnictví, finanční rozvahy, výkazy odpadového hospodářství, ekonomiku a plánování. Úsek bytového hospodářství řeší rozúčtování poplatků, pronájmy, reklamace a požadavky nájemců. Technický úsek představují řidiči, dělníci a pomocný personál. Jelikož má organizace velmi nízký počet stupňů řízení, jedná se o plochou organizaci (Ing. Rada, 2017).

Obrázek 9 - Organizační struktura Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou



Zdroj: Vlastní zpracování

4.2 Působnost Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou

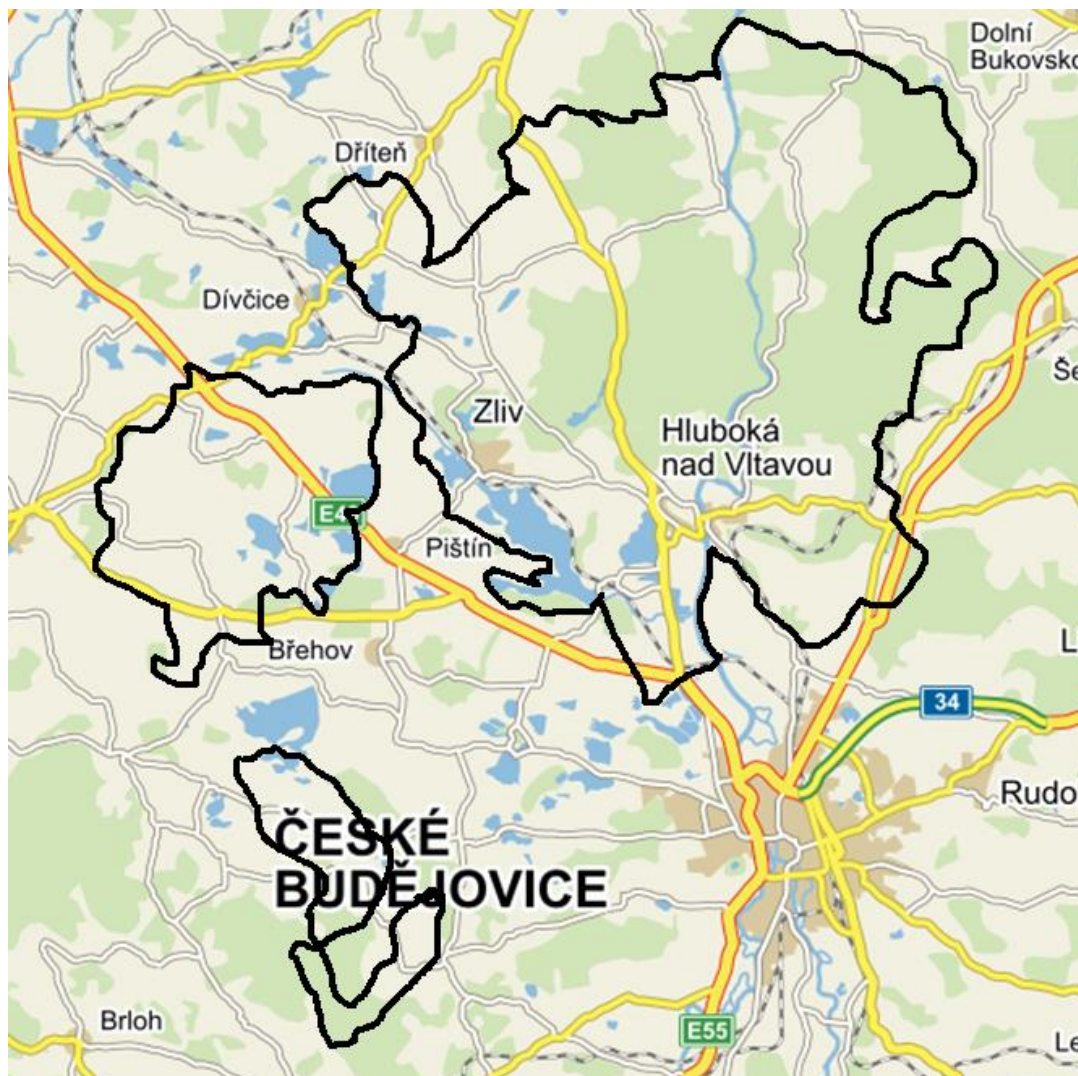
Působnost Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou je historicky a politicky daná. PMH zabezpečuje svoz komunálního odpadu z více jak třiceti katastrálních území. Jedná se o tyto obce a jejich místní části (Ing. Rada, 2017):

- Hosín – Dobřejovice,
- Hluboká nad Vltavou – Bavorovice, Buzkov, Hroznějovice, Jaroslavice, Jeznice, Kostelec, Líšnice, Munice, Poněšice, Purkarec, dvůr Vondrov,
- Zliv,
- Zahájí,
- Mydlovary,
- Nákří,
- Olešník – Chlumec, Nová Ves,
- Sedlec – Lékařova Lhota, Malé Chrástky, Plástovice, Vlhavy,
- Hlavatce,
- Olšovice – Hláška,
- Mahouš – osada Hlodačky,
- Němčice – Sedlovice,
- Čakov – Čakovec, Holubovská bašta,
- Habří.

Kompletní svoz odpadů, což zahrnuje odpad směsný, tříděný, velkoobjemový, zelené zbytky, bioodpad a služby sběrného dvora zajišťuje pouze pro město Hlubokou

nad Vltavou a její místní části. V ostatních obcích PMH zajišťuje svoz odpadu smluvně. Vždy je zajištěn svoz směsného komunálního odpadu a dále ten odpad, který je smluvně dohodnut.

Obrázek 10 - Mapa působnosti Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou



Zdroj: Vlastní zpracování (Mapy.cz, 2017)

Na obrázku 10 je znázorněna působnost PMH. Černá čára představuje přibližné okrajové hranice obcí, které musí společnost obsloužit sběrem směsného komunálního odpadu. Svou působnost společnost směřuje převážně směrem na sever, ale také na západ a jihozápad. Zajišťuje jak přímé okolí Hluboké nad Vltavou, které je i největší, tak i vzdálenější oblasti. Za vzdálenější obsluhované obce se dá považovat Sedlec, Hlavatce, Olšovice, Mahouš a Němčice. Nejvzdálenější obce, kterým PMH vyváží směsný komunální odpad jsou Čakov a Habří. Tyto dvě vesnice jsou od Hluboké nad Vltavou vzdáleny přibližně 16 km.

4.3 Statistické údaje o obci

Město Hluboká nad Vltavou leží v Jihočeském kraji, v okrese České Budějovice. Počet obyvatel je 5163 a katastrální výměra je 9112 ha. Město leží 394 m n.m. Starostou je od roku 1994 Ing. Tomáš Jirsa. Hluboká nad Vltavou má deset městských částí - Hluboká nad Vltavou, Bavorovice, Hroznějovice, Jaroslavice, Jeznice, Kostelec, Líšnice, Munice, Poněšice, Purkarec (Město Hluboká nad Vltavou, 2017).

Tabulka 2 - Počet obyvatel a průměrný věk v Hluboké nad Vltavou k 1.1.2016

Název obce	Počet obyvatel			Průměrný věk		
	celkem	muži	ženy	celkem	muži	ženy
Hluboká nad Vltavou	5163	2505	2658	41,3	40,4	42,1

Zdroj: Vlastní zpracování (Český statistický úřad, 2016c)

Počet obyvatel je pro odpadové hospodářství města důležitým ukazatelem. Za období od roku 2011 do roku 2015 v Hluboké nad Vltavou dlouhodobě přibývá počet obyvatel. Za toto období je to přibližně o 4,6 %. S přibývajícím počtem obyvatel stoupá i množství odpadu, u kterého musí PMH zajistit shromažďování, sběr i svoz.

4.3.1 Odpady vznikající na území města

Jedním z hlavních ukazatelů stavu životního prostředí je produkce odpadů. Odpady jsou produkovány lidskou činností každý den. Produkce odpadů je závislá na mnoha faktorech jako je například hustota osídlení a environmentálním povědomím obyvatel nebo životní úrovni. Stav odpadového hospodářství města Hluboká nad Vltavou charakterizují informace o stavu technické vybavenosti a o produkci a nakládání s odpady (PMH v Hluboké nad Vltavou, 2017).

Na území města Hluboká nad Vltavou vzniká několik druhů odpadů, které je možné uložit do příslušného sběrného dvora, nebo PMH zajistí jejich shromažďování i sběr. Jedná se o tyto druhy odpadů (PMH v Hluboké nad Vltavou, 2017):

- nechlorované minerální motorové,
- převodové a mazací oleje,
- papírové obaly,
- plastové obaly,
- kovové obaly,
- kompozitní obaly,
- skleněné obaly,
- obaly obsahující zbytky nebezpečných látek,
- pneumatiky,
- beton,
- cihly,
- směsi nebo oddělené frakce betonu, cihel, tašek a keramických výrobků,
- plasty,
- železo a ocel,
- izolační materiály,
- zemina a kamení,
- směsné stavební a demoliční odpady,

- papír a lepenka,
- sklo,
- textilní materiály,
- zářivky a jiný odpad obsahující rtuť,
- barvy, tiskařské barvy, lepidla a pryskyřice,
- drobné elektro,
- vyřazené elektrické a elektronické zařízení,
- plasty,
- biologicky rozložitelný odpad,
- zemina a kameny,
- jiný biologicky nerozložitelná odpad,
- směsný komunální odpad,
- odpad z tržišť,
- uliční smetky,
- objemný odpad

Na území města jsou produkovány i nebezpečné odpady, které je možné uložit do sběrného dvora v hluboké nad Vltavou. Mezi nebezpečné odpady patří: vyřazené elektrozařízení, drobné elektro, barvy, tiskařské barvy, lepidla a pryskyřice, nechlorované minerální motorové, převodové a mazací oleje, kovové obaly, zářivky, světelné zdroje a plastové obaly (PMH v Hluboké nad Vltavou, 2017).

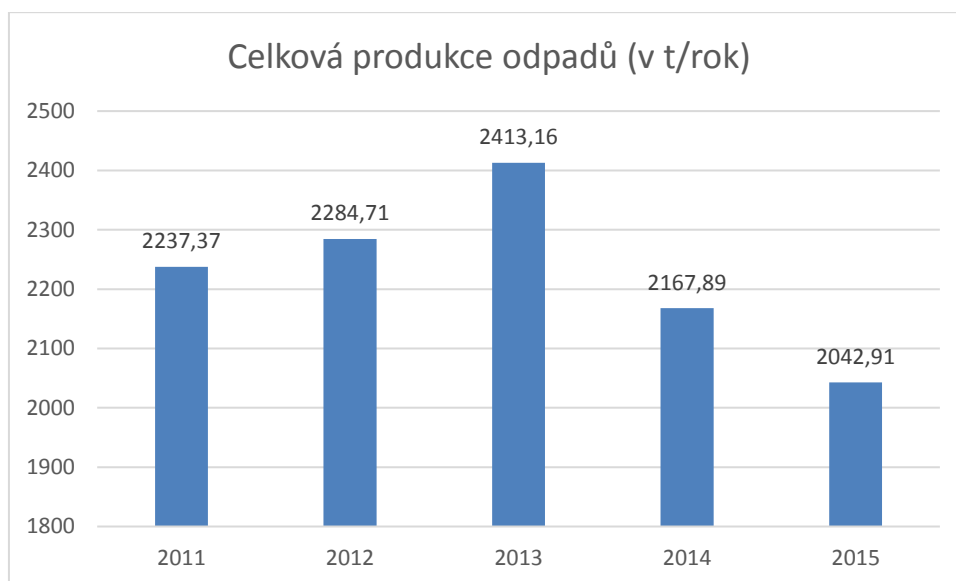
Tabulka 3 - Produkce vybraných druhů odpadů města Hluboká nad Vltavou

Druhy odpadů	Produkce v t/rok				
	Rok 2011	Rok 2012	Rok 2013	Rok 2014	Rok 2015
Produkce odpadů celkem	2237,37	2284,71	2413,16	2167,89	2042,91
Směsný komunální odpad	1230,54	1268,74	1224,97	1019,75	1086,45
Papírové obaly	76,55	73,86	67,31	70,17	73,68
Plastové obaly	21,03	25,48	24,23	25,67	26,46
Skleněné obaly	47,11	59,39	66,10	70,75	79,19

Zdroj: Vlastní zpracování (PMH v Hluboké nad Vltavou, 2017)

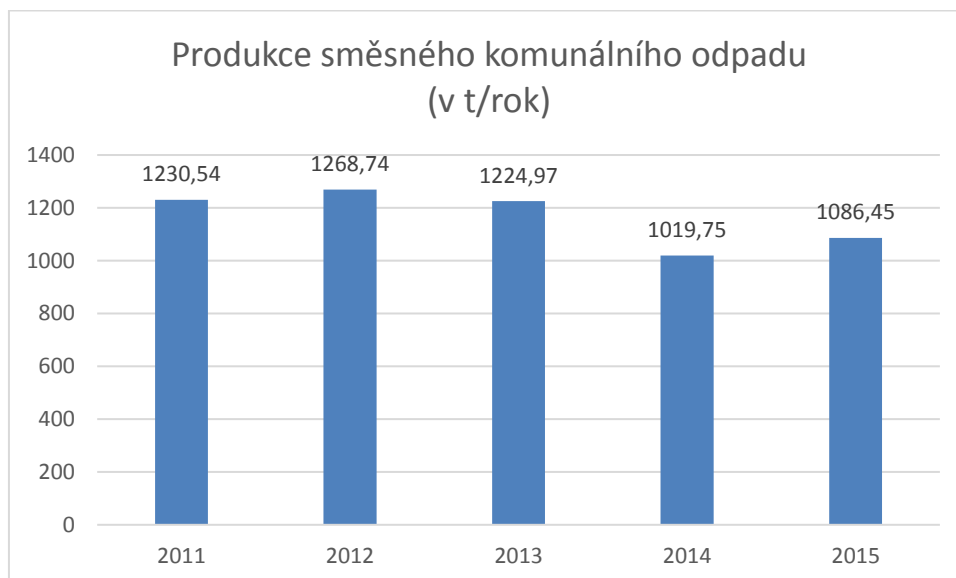
V tabulce 3 jsou uvedeny vybrané druhy odpadů produkovány občany na území města Hluboká nad Vltavou. Za sledované období došlo k poklesu celkové produkce odpadů o 9 % a o 10 % poklesla produkce komunálních odpadů. Pokles produkce komunálních odpadů může být zapříčiněna ochotou lidí komunální odpad třídit.

Po přepočítání údajů z tabulky 3 na měrnou produkci odpadu vznikne objem, který vyprodukuje jeden obyvatel Hluboké nad Vltavou. Celková měrná produkce odpadů za rok 2015 odpovídá hodnotě 396 kg odpadů na obyvatele za rok. Tato hodnota je pod průměrem Jihočeského kraje, která je 450 kg a průměr ČR je dokonce 490 kg na obyvatele za rok. Z celkové měrné produkce odpadů za rok 2015 tvoří měrná produkce směsného komunálního odpadu 210 kg za rok na jednoho obyvatele, 14 kg tvoří papírové obaly, 5 kg tvoří plastové obaly a 15 kg tvoří obaly skleněné.

Graf 2 - Celková produkce odpadů v Hluboké nad Vltavou

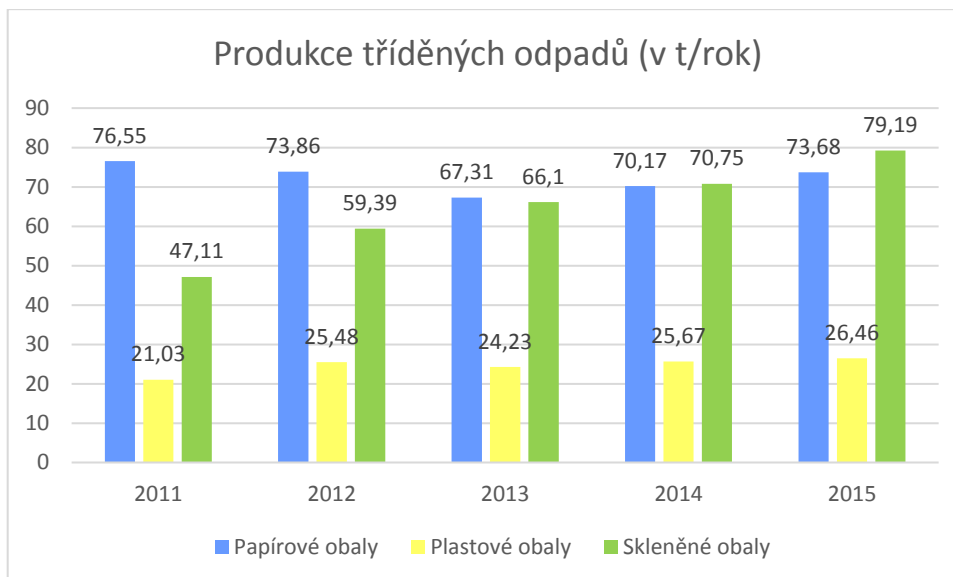
Zdroj: Vlastní zpracování (PMH v Hluboké nad Vltavou, 2017)

Celková produkce odpadů ve městě Hluboká nad Vltavou dosáhla svého maxima za sledované období v roce 2013. Od této doby je z grafu 2 vidět sestupná tendence. Dá se předpokládat, že celková produkce odpadů bude dále klesat, v závislosti na tom, jak se bude zvyšovat množství tříděného komunálního odpadu občanů Hluboké nad Vltavou.

Graf 3 - Produkce směsného komunálního odpadu v Hluboké nad Vltavou

Zdroj: Vlastní zpracování (PMH v Hluboké nad Vltavou, 2017)

Graf 3 zobrazuje produkci směsného komunálního odpadu občanů Hluboké nad Vltavou. Od roku 2013 produkce tohoto odpadu má klesající charakter, přičemž v roce 2015 došlo k mírnému zvýšení.

Graf 4 – Produkce typických tříděných odpadů v Hluboké nad Vltavou

Zdroj: Vlastní zpracování (PMH v Hluboké nad Vltavou, 2017)

Graf 4 ukazuje produkci tříděných odpadů v Hluboké nad Vltavou. Za období od roku 2011 do roku 2015 má stoupající tendenci pouze produkce skleněných obalů. Tato skutečnost je žádaná, protože jestliže stoupá podíl tříděných odpadů, tak klesá produkce komunálního směsného odpadu. U produkce papírových a plastových obalů je vývoj množství spíše stagnující a k žádným výkyvům nedochází. Pro město Hluboká nad Vltavou by bylo nejlepší, kdyby objem produkce tříděného odpadu vzrůstal a objem směsného komunálního odpadu klesal. Proto mimo těchto kategorií poskytuje nádoby na třídění i jiných druhů odpadů, a to nádoby na polystyren, kompozitní obaly a hliník.

4.4 Sběr a nakládání s odpady

Nakládání s odpady v Hluboké nad Vltavou závisí na technické vybavenosti území, a to zejména na kapacitě a možnosti využití zařízení. Dále nakládání s odpady ovlivňují faktory řízení odpadového hospodářství, jako například legislativní požadavky na odpadové hospodářství. Nakládání s odpady v Hluboké nad Vltavou upravují právní normy pro odpadové hospodářství a obecně závazné vyhlášky. Jedná se zejména o obecně závaznou Vyhlášku č. 1/2015 o místním poplatku za provoz systému shromažďování, sběru, přepravy, třídění, využívání a odstraňování komunálních odpadů a o obecně závaznou Vyhlášku č. 2/01 o nakládání s komunálním odpadem a se stavebním odpadem (PMH v Hluboké nad Vltavou, 2017).

Město Hluboká nad Vltavou má zpracovaný Plán odpadového hospodářství. Plán je zpracován na 5 let, a to od roku 2017 do roku 2021 s výhledem až do roku 2025.

Tento plán města musí být v souladu se závaznou částí Plánu odpadového hospodářství Jihočeského kraje. Dokument je rozdělen do tří hlavních částí, na část analytickou, závaznou a směrnou. Analytická část uvádí základní údaje o obci, jsou zde popsány informace o druzích odpadů, o produkci, sběru a nakládání s odpady. V závazné části je vyhodnocen soulad odpadového hospodářství obce se závaznou částí Plánu odpadového hospodářství Jihočeského kraje, posouzení změn a doplnění obecního systému sběru a nakládání s komunálním odpadem. Směrná část popisuje návrhy na zlepšení obecního systému nakládání s komunálním odpadem (PMH v Hluboké nad Vltavou, 2017).

Významný podíl způsobu nakládání s odpady tvoří ve městě skládkování. Zejména u komunálních a stavebních odpadů. Zbylé odpady PMH předává oprávněným osobám za účelem dalšího zpracování nebo odstranění. Na skládku je ukládáno 85 % z celkové produkce odpadů města Hluboká nad Vltavou a 15 % těchto odpadů je předáváno odborným firmám, což tvoří přibližně 287 t za rok 2015 (PMH v Hluboké nad Vltavou, 2017).

4.4.1 Shromažďování a sběr odpadů

Hlavní skupinu odpadů, které PMH sbírá, tvoří směsný komunální odpad. Dále je v Hluboké nad Vltavou sbírán separovaný odpad. Občané mají možnost třídít sklo, papír, plast, nápojové kartony, textil, hliník a polystyren. Mimo sběru odpadu PMH zajišťuje zpětný odběr výrobků. Hlavní druhy tvoří elektrozařízení nebo světelné zdroje (Ing. Rada, 2017).

Pro sběr odpadů je důležitá technická vybavenost obce pro nakládání s odpady. Obyvatelé města, kteří doma vyprodukují odpad, ho musí mít kam uložit. K tomuto účelu slouží síť sběrných míst. Jedná se o nádoby pro tříděný a směsný komunální odpad a dále se jedná o jeden sběrný dvůr na území města Hluboká nad Vltavou.

PMH zajišťuje sběr jak směsných komunálních odpadů, tak i tříděného. Ve většině případů v zástavbě rodinných domů převládají menší nádoby na sběr směsného komunálního odpadu tzv. popelnice s objemem 110 l. U bytových domů a sídlištní zástavbě převládají větší nádoby tzv. kontejnery s objemem 1100 l (Ing. Rada, 2017).

V případě bytových domů a sídlištní zástavbě se využívá shromažďování odpadů do tzv. hnízd, kde je v určité oblasti seskupen větší počet nádob a kontejnerů na sběr odpadu, jak směsného, tak tříděného. Plastové popelnice na tříděný odpad jsou rozlišovány barevně. Plasty občané ukládají do žlutých plastových popelnic, sklo do zelených, papír do modrých, kompozitní obaly do černých s oranžovým víkem, hliník do šedých, polystyren do oranžových a na textil jsou speciální železné kontejnery s červeným uzávěrem. Barva plastových popelnic určených k ukládání hliníku

a polystyrenu není legislativně určena, proto si PMH určil barvy sám (Ing. Rada, 2017).

Beznádobový sběr v Hluboké nad Vltavou není využíván. V současné době je tento způsob nahrazen velkoobjemovými kontejnery na zelené zbytky. Slouží ke shromažďování trávy a větví v době vegetace, tedy od dubna do října. Umisťováno je celkem 16 velkoobjemových kontejnerů, na území města 8 kusů a zbylých 8 kusů je umístěno v okolních vesnicích, které jsou místními částmi Hluboké nad Vltavou. Mimo sezonu PMH umisťuje tyto kontejnery v období Vánoc na vánoční stromky. O konkrétních datumech a umístění se občané dozvídají z informací vydávaných městským úřadem na webových stránkách města a na městské facebookové stránce (Ing. Rada, 2017).

Tabulka 4 - Způsoby shromažďování odpadů

Nádoby, kontejnery na (v ks):	Objem nádob/kontejnerů (v l)				
	110	240	1100	2100	2800
Směsný komunální odpad	701	338	50	-	-
Papír	-	54	-	-	-
Plast	-	96	-	-	-
Sklo	-	51	-	-	-
Kompozitní obaly	-	37	-	-	-
Hliníkové obaly	-	2	-	-	-
Polystyren	-	6	-	-	-
Biodopady	-	20	-	-	-
Textil	-	-	-	-	4
Elektro	-	-	-	5	-

Zdroj: Vlastní zpracování (PMH v Hluboké nad Vltavou, 2017)

V tabulce 4 je uvedena vybavenost města Hluboká nad Vltavou nádobami a kontejnery na shromažďování odpadů. Z tabulky vyplývá, že město disponuje pěti typy nádob a kontejnerů co se týká objemu. Nejvíce zastoupenou skupinou jsou popelnice o objemu 110 l s celkovým počtem 701 ks. Druhou nejvíce využívanou skupinou jsou boxy o objemu 240 l s celkovým počtem 604 ks. Podle způsobu využívání má město Hluboká nad Vltavou 10 druhů využití. Nejvíce zastoupenou skupinou jsou nádoby a kontejnery na směsný komunální odpad s celkovým množstvím 1089 ks. Opakem jsou nádoby na hliníkové obaly, které jsou pouze dvě.

Shromažďovat odpad mají občané možnost i do sběrného dvora. PMH má pouze jeden sběrný dvůr na Hluboké nad Vltavou. Otvírací doba je šest dní v týdnu a občané

zde mohou shromažďovat veškeré odpady, jak nebezpečné, tak i elektrospotřebiče, nábytek, suť a jiné. Tento sběrný dvůr slouží pro občany Hluboké nad Vltavou a jejich místních částí, do kterých patří obce Bavorovice, Buzkov, Hroznějovice, Jaroslavice, Jeznice, Kostelec, Líšnice, Munice, Poněšice, Purkarec, a dvůr Vondrov (Ing. Rada, 2017).

4.4.2 Svoz odpadů

Poté co občané města shromáždí odpad, tak je zapotřebí zajistit pravidelný sběr, aby nedocházelo k přeplňování nádob a kontejnerů. Svoz směsného komunálního odpadu jak popelnic, tak kontejnerů probíhá vždy jedenkrát týdně. Pravidelné svozy se provádí vždy od pondělí do pátku. PMH nevlastní žádné překládací stanice ani sklady, proto provádí svozy odpadů přímo na místo odstraňování těchto odpadů (Ing. Rada, 2017).

Firma vlastní 3 popelářské vozy, 3 multikáry pro sběr tříděného odpadu a jeden vůz na svážení velkoobjemových kontejnerů. Popelářské vozy používají lineární stlačování v podobě lisu. Objem mají dva vozy 12 t a jeden vůz má objem 7 t a všechny mají zadní vysypání. JPMH vlastní jeden vůz s menším objemem, protože s ním projede úzká místa. Popelářský vůz obsluhují vždy tři zaměstnanci, jeden řidič a dva popeláři. Svoz odpadu je zajišťován jednosměnným provozem zaměstnanců (Ing. Rada, 2017).

Pro svoz směsného komunálního odpadu z celé oblasti působnosti PMH je celkem 7 tras. Jednotlivé trasy jsou rozděleny do pracovních dnů, kdy pouze v pondělí a v pátek sváží odpad dva popelářské vozy. Od úterý do čtvrtka sváží odpad pouze jeden automobil, který má za úkol jet jednu trasu. Na každou trasu vždy stačí objem popelářského vozu. Každý vůz má určenou přesnou svozovou trasu, ale nemá určený přesný směr či přesnou cestu svozu. Každý řidič si může volit směr a cestu podle svého uvážení a svých zkušeností s danou trasou (Ing. Rada, 2017).

Veškeré trasy jsou pravidelné a bez jakýchkoliv výkyvů. Jeden popelářský vůz musí za den splnit jednu trasu, která je jasně určená. V pondělí se jezdí dvě trasy. První trasa pokrývá svoz směsného komunálního odpadu z části Záměstí, ZOO Hluboká, zámek Hluboká nad Vltavou a veškeré podniky v Hluboké nad Vltavou. Druhá trasa zajišťuje svoz odpadu z Poněšic, Líšnic, Kostelce a Hroznějovic. V úterý PMH sváží směsný komunální odpad z trasy vedoucí přes: Sedlec, Hlavatce, Olšovice, Mahouš, Němčice, Čakov a Habří. Ve středu se jezdí trasa: Hosín a místní podnikatelé, Dobřejovice, Purkarec, Jeznice, Olešník a Nákří. Ve čtvrtek je na pořadí trasa přes Zliv, Zahájí a Mydlovary. V pátek PMH sváží směsný komunální odpad ve dvou trasách.

První vůz sváží odpad ze zbylých částí města Hluboká nad Vltavou a druhé auto obstará trasu přes Munice, rekreační oblast Bezdrev, Dasný a Bavorovice (Ing. Rada, 2017).

Tabulka 5 - Frekvence svozů vybraných druhů tříděného odpadu za rok 2015

Počet svozů do roka	1x týdně	2x týdně	3x týdně	1x za 14 dní	Počet vy- sypaných nádob
Papíru	-	-	156	-	54
Plastů	-	-	156	-	96
Skla	-	104	-	-	51
Nápojových kartonů	-	-	-	26	37

Zdroj: Vlastní zpracování (PMH v Hluboké nad Vltavou, 2017)

U tříděného odpadu je svoz komplikovanější. PMH provádí sběr tříděného odpadu za pomoci 3 multikár. Tříděný odpad vyžaduje ruční vysypání do vozu, pouze sběr skla je zabezpečováno multikárou s nástavbou, který umožňuje strojní sběr. Každý druh tříděného odpadu vyžaduje jinou frekvenci svozu. Nejčastěji je zapotřebí svážet plast a papír, které se sváží téměř denně, dle potřeby. Sklo a kompozitní obaly dvakrát týdně, polystyren jedenkrát týdně a hliník 1x za tři týdny. Bioodpad se v sezóně sváží dvakrát týdně, a to vždy v pondělí a pátek a dále o víkendu 1x za 14 dní (Ing. Rada, 2017).

Pro svoz tříděného odpadu z Hluboké nad Vltavou a jejich místních částí je celkem 5 tras. Jednotlivé trasy jsou rozděleny do pracovních dnů. Každý vůz má určenou přesnou svozovou trasu, ale nemá určený přesný směr či přesnou cestu svozu. Každý řidič si může volit směr a cestu podle svého uvážení a svých zkušeností s danou trasou (Ing. Rada, 2017).

Jednotlivé trasy pro svoz tříděného odpadu jsou následující. V pondělí, ve středu a v pátek se sváží odpad z města Hluboká nad Vltavou, a to zejména papír a plast, který se sváží nejčastěji. Trasa zabezpečovaná PMH v úterý vede přes obce Munice, Bavorovice a sváží se i ze zbylých částí Hluboké nad Vltavou. Ve čtvrtek vede trasa přes Purkarec, Jeznice, Kostelec a Líšnice (Ing. Rada, 2017).

4.4.3 Odstraňování odpadů

Veškerý směsný komunální odpad a objemný komunální odpad, jako jsou pohovky, molitanové matrace a stavební sutě, je likvidován na skládkách. Jedná se o skládky Munice a skládka Řídká Blana u Zahájí (Ing. Rada, 2017).

Dalším druhem odpadu, který musí PMH odstraňovat, je odpad tříděný. Bioodpad v podobě zelených zbytků ze zahrádek a veřejné zeleně je z části likvidován v komunitní kompostárně Jarošovice v Týně nad Vltavou a část je likvidována na skládce. Ostatní tříděný odpad je předáván odborným firmám pro další zpracování. Kontejnery na textil zajišťuje na území města Hluboká nad Vltavou firma Dimatex a stará se i o recyklaci tohoto druhu odpadu. O sběr a recyklaci vysloužilých drobných elektrospotřebičů a baterií se stará firma Asekol (Ing. Rada, 2017).

Firma PMH nevyužívá k odstraňování odpadů spalovny, protože žádná spalovna v přijatelné vzdálenosti není. Velké spalovny se nacházejí v Plzni či v Praze a jsou vytíženy na maximum. V Jihočeském kraji se zatím neuvažuje o vybudování spalovny (Ing. Rada, 2017).

4.5 Financování sběru, svozu a nakládání s odpady

PMH udává, že průměrné náklady na občana činí 750 Kč. Hluboká nad Vltavou nevyužívá možnost navyšovat poplatek za odpady. Tento poplatek činí od roku 2014 částku 100 Kč za občana a rok. Na odpady tedy doplácí město z rozpočtu (Ing. Rada, 2017).

Tabulka 6 - Vybrané příjmy a náklady PMH

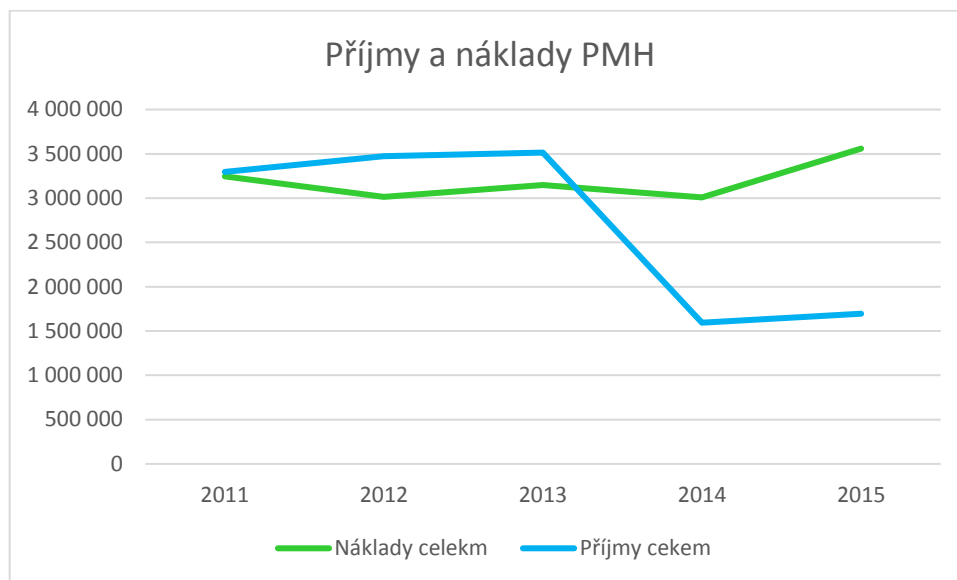
Náklady a příjmy	Kč/rok				
	2011	2012	2013	2014	2015
Náklady za směsný komunální odpad	1 535 904	1 490 259	1 594 334	1 446 202	1 543 539
Náklady za tříděný sběr	658 993	706 796	711 970	675 377	1 145 565
Náklady celkem	3 244 156	3 012 630	3 149 173	3 008 090	3 558 933
Příjmy celkem	3 295 731	3 474 748	3 514 020	1 593 828	1 697 056
Poplatky od občanů	2 212 604	2 412 000	2 457 000	440 820	495 100

Zdroj: Vlastní zpracování (PMH v Hluboké nad Vltavou, 2017)

Tabulka 6 uvádí vybrané příjmy a náklady PMH za období 2011-2015. Z celkových nákladů tvoří největší podíl náklady za směsný komunální odpad, ten tvoří za rok 2015 43 %. Za tunu uloženého směsného komunálního odpadu na skládku musí PMH zaplatit 1200 Kč. Náklady za tříděný sběr tvořili v roce 2015 32 % z celkových nákladů. Z uložení tuny plastu musí PMH platit 500 Kč a například za tunu pneumatik 700 Kč. Zbylých 25 % z celkových nákladů za rok 2015 tvoří náklady na provoz sběrného dvora a kompostárny, na svoz košů a úklid veřejných prostranství. Z tabulky lze také vyčíst, že se náklady na tříděný sběr v roce 2015 prudce zvýšily.

Celkové příjmy PMH tvoří zejména poplatky od občanů, tvořící 29% podíl za rok 2015 a od původců odpadů zapojených do systému obce, tvořící 58% podíl. Zbýlých 13 % z celkových příjmů za rok 2015 tvoří příjmy z prodeje druhotných surovin, platby od rekreantů a platby od ostatních kolektivních systémů.

Graf 5 - Celkové příjmy a náklady PMH za období 2011-2015



Zdroj: Vlastní zpracování (PMH v Hluboké nad Vltavou, 2017)

Graf 5 znázorňuje celkové příjmy a náklady PMH za období 2011-2015. Celkové náklady mají spíše konstantní vývoj, nejsou u nich velké výkyvy. Celkové příjmy naopak vykazují velký skok v roce 2014. Tento skok je zapříčiněn změnou poplatku od občanů za odpad. Poplatek za odpady byl v roce 2011 ve výši 460 Kč za občana a rok, v letech 2012 a 2013 mírně vzrostl na částku 500 Kč/občan/rok. Od roku 2014 rada města rozhodla o snížení tohoto poplatku na částku 100 Kč/občan/rok. Tato částka zůstává stále stejná a můžeme předpokládat, že k navýšení poplatku nedojde. Město nevyužívá možnost navyšovat tento poplatek.

5 Optimalizace svozových tras

Každá firma provádějící sběr odpadů, ale i obce mohou ušetřit náklady za pomoci optimalizace sběru a svozu odpadů. Mezi základní složky optimalizace patří například kontrola obcí, předcházení vzniku odpadů, vhodná volba nádob a odstranění odpadů, podpora recyklace apod. Nejdůležitější ze složek optimalizace je optimalizace svozových tras, která snižuje náklady a zefektivňuje současný sběr a svoz odpadů.

Při optimalizaci svozových tras je zapotřebí najít nejkratší trasu, díky které se ušetří náklady na pohonné hmoty či opotřebení vozu, dochází také k úspoře času. I když je nalezena optimální svozová trasa je zapotřebí ji otestovat v praxi, je-li proveditelná. Nejkratší trasa nemusí být vždy ta optimální, protože se v praxi můžeme setkat s problémy v podobě šíře či zúžení silnice, úhlu zatáček, překážek apod.

5.1 Optimalizace svozových tras za pomoci úlohy obchodního cestujícího

V současné době se k optimalizaci svozových tras využívají různé systémy. Velmi dobře však lze tuto problematiku řešit za pomoci teorie grafů. Konkrétně za pomoci úlohy obchodního cestujícího, která hledá nejkratší trasy. Úloha využívá vrcholy a hrany. Vrcholy představují města či nádoby a kontejnery na odpad. Hrany představují silnice a délka hrany udává skutečnou vzdálenost mezi vrcholy. Proto je tedy nezbytné znát rozmístění nádob a kontejnerů na odpad, soupis obsluhovaných obcí a s tím související znalost aktuální platné mapy.

K řešení úlohy obchodního cestujícího lze využít řadu systémů. Lze využít počítačové programy, kde je zapotřebí u většiny z nich znát základní programování. Existují však i počítačové programy, které tuto znalost nevyžadují a pro tuto práci budou takovéto programy dostačující. Tyto programy jsou jednoduché a úlohu obchodního cestujícího vyřeší bez potřeby znalosti programování, což umožní jejich využití širokou veřejností. Jednodušší forma řešení úlohy obchodního cestujícího funguje za pomoci aplikace, ve které je zapotřebí nejprve zvolit možnost plánování trasy, ve vyhledávači mapy zvolit požadovanou oblast, zadat body a nechat aplikaci vygenerovat optimální trasu.

V této práci je použita aplikace OptiMap, která je volně dostupná na internetu. Aplikace řeší problém obchodního cestujícího neboli TSP a k řešení využívá Google maps. Můžeme zde bezplatně řešit úlohu až pro 100 vrcholů. Aplikace vyhledává optimální trasu vedoucí přes všechny vrcholy, tak aby byl každý vrchol obslužen pouze jednou

a trasa byla nejkratší možná. S tím, že trasa začíná i končí ve stejném vrcholu (OptiMap, 2017).

Druhá použitá aplikace s názvem RouteXL je také volně dostupná na internetu. Je to plánovač tras na více adres, který je seřadí do ideálního pořadí, aby byla trasa co nejrychlejší. Aplikace řeší problém obchodního cestujícího zdarma pouze pro 20 vrcholů, za denní či měsíční poplatek je možné zadat až 200 vrcholů. RouteXL umožňuje vygenerované trasy vytisknout, exportovat jí do navigačního zařízení, poslat e-mailem nebo sdílet na sociálních sítích (RouteXL, 2017).

5.2 Optimalizace svozových tras Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou

Cílem je zjistit optimální svozové trasy pomocí počítačového programu, které pomohou Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou ušetřit najeté kilometry, čas, finance i majetek. Za pomocí aplikací OptiMap a Route XL nalézt trasy a následně je mezi sebou porovnat, a porovnat je také z aktuálně používanými trasami PMH. Jelikož firma provádí 7 svozových tras směsného komunálního odpadu v rámci 14 obcí a jejich místních částí, což představuje dohromady 37 obcí, tak budou vybrány 4 svozové trasy zahrnující okolní obce Hluboké nad Vltavou.

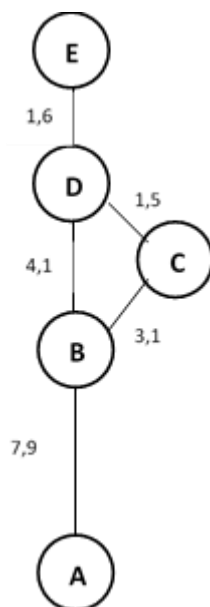
5.2.1 Trasa pondělí

V pondělí společnost PMH zajišťuje dvě trasy na svoz směsného komunálního odpadu. První svozová trasa zahrnuje část města Hluboké nad Vltavou Zámostí, ZOO Hluboká, zámek Hluboká nad Vltavou a veškeré podniky v Hluboké nad Vltavou. Druhá trasa zajišťuje svoz odpadu ze 4 obcí, a to z Poněšic, Líšnic, Kostelce a Hroznějovic.

V práci je zpracována optimalizace druhé svozové trasy, která zahrnuje obce v okolí Hluboké nad Vltavou. Trasu tvoří 4 okolní vesnice, označené velkými písmeny abecedy od B do E plus Hluboká nad Vltavou, která představuje počáteční i konečný vrchol trasy označený písmenem A.

V grafu 6 jsou znázorněny obce z druhé svozové trasy komunálního odpadu zajišťované vždy v pondělí. Graf ukazuje rozmístění jednotlivých obcí za pomoci vrcholů zobrazených velkými písmeny abecedy v kruhu, dále veškeré možné cesty spojující obce zobrazených za pomoci čar neboli hran a jejich skutečné délky udané v kilometrech.

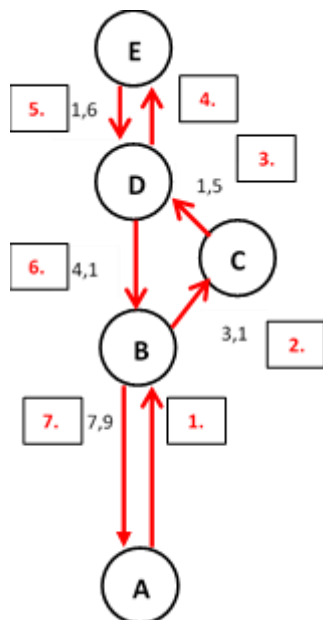
Graf 6 - Grafické znázornění obcí-trasa pondělí



Zdroj: Vlastní zpracování

Jelikož tato trasa nemá moc alternativ, protože zde nevedou jiné cesty, aplikace OptiMap i RouteXL navrhli stejnou optimální trasu. Po zadání všech vrcholů v podobě obcí do map u obou aplikací vyjde trasa znázorněná v grafu 7.

Graf 7 - Optimální svozová trasa-pondělí



Zdroj: Vlastní zpracování

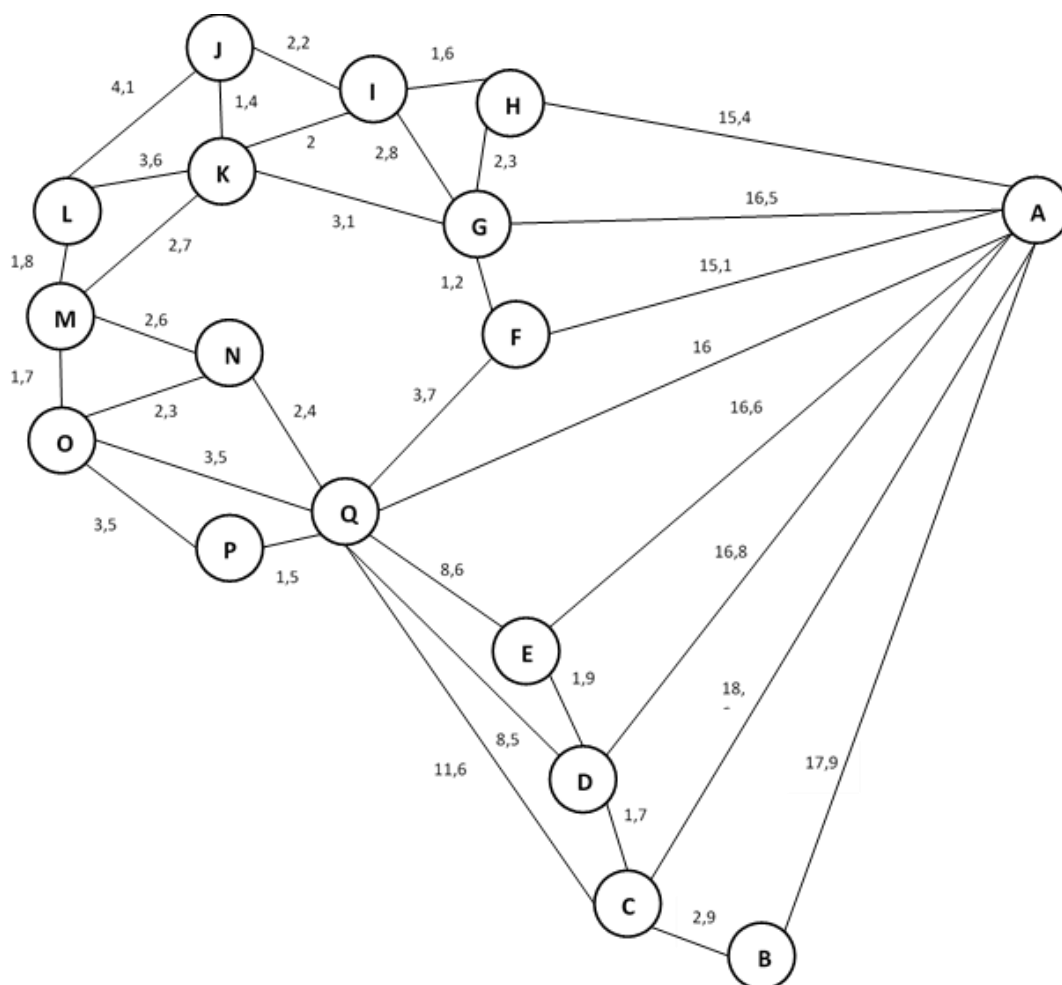
Vrchol A v grafu 7 znázorňuje počáteční i konečný bod. Jedná se o sběrný dvůr PMH. Obě aplikace zvolili trasu ve stejném pořadí. Trasa je znázorněna červenými šipkami,

přičemž šipka udává směr jízdy. Pořadí je zobrazeno v grafu jako červená čísla v rámečku. Výsledná optimální trasa vypočítaná oběma aplikacemi měří přibližně 27 km. PMH tuto trasu jezdí ve stejném pořadí, jak bylo navrženo aplikacemi. Je to zapříčiněno tím, že v této oblasti nevedou jiné možné cesty, které by umožňovali zkrácení trasy, proto tuto trasu můžeme považovat za optimální. I proto že je tato trasa vyzkoušena v praxi.

5.2.2 Trasa úterý

V úterý PMH sváží směsný komunální odpad pouze z jedné trasy. Tato trasa je nejdelší ze všech zpracovávaných tras a obsahuje nejvíce obcí. Trasa vede přes 16 obcí a to přes: Habří, Čakovec, Čakov, Holubovskou baštu, Němčice, Sedlovice, Mahouš, Hlodačky, Olšovice, Hlásku, Hlavatce, Lékařovu Lhotu, Sedlec, Plástovice, Vhlavy a Malé Chrástky.

Graf 8 - Grafické zobrazení obcí-trasa úterý

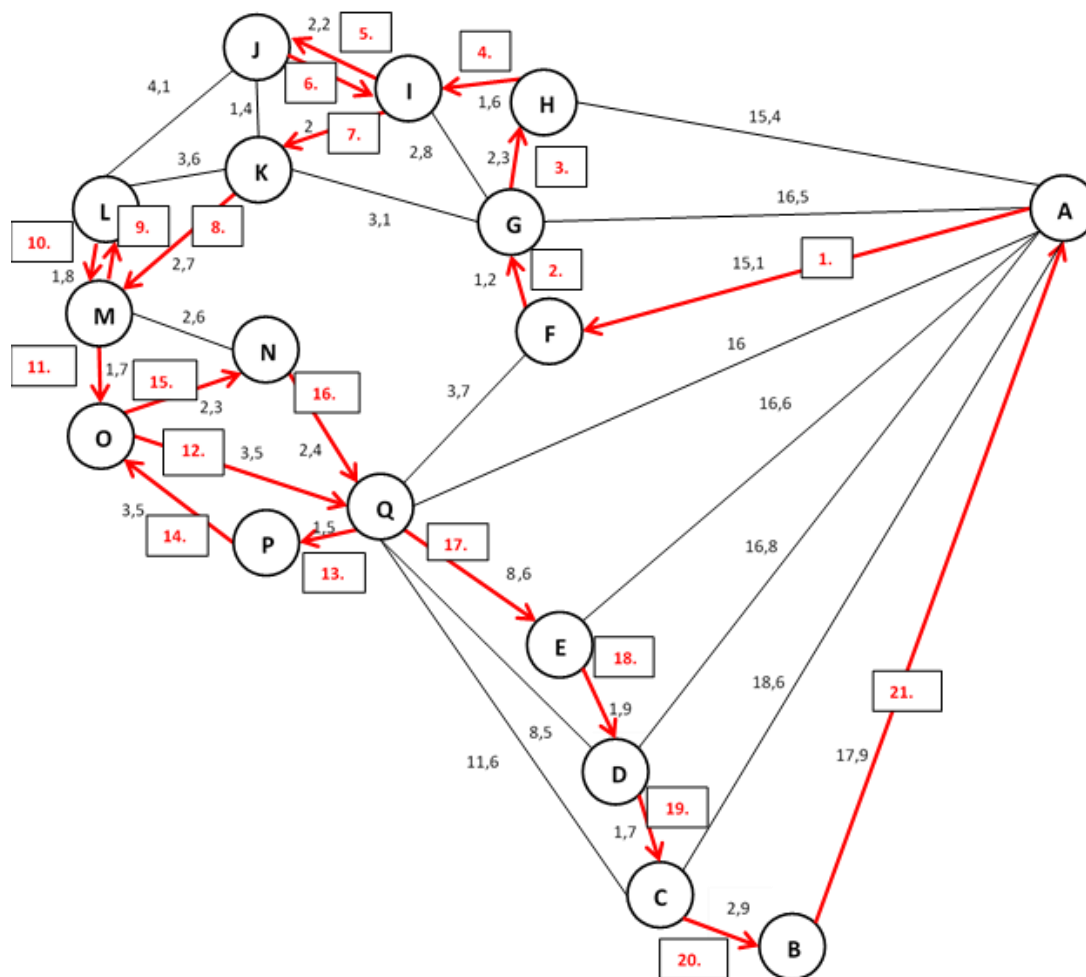


Zdroj: Vlastní zpracování

Jak je znázorněno v grafu 8, tuto trasu tvoří 16 vrcholů představující okolní obce označené písmeny B-Q a vrchol A představuje sběrný dvůr PMH, kde trasa začíná i končí. U hran je uvedena vzdálenost mezi obcemi v kilometrech.

V následujícím grafu 9 je červenou barvou znázorněna trasa, po které zajišťuje sběr směsného komunálního odpadu společnost Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou, a to v úterý. Začátek i konec této trasy začíná ve vrcholu A. Směr trasy je znázorněn šipkami. Pořadí cest neboli hran je očíslován červenými čísly v rámečku, což ukazuje přesný průběh trasy svozových automobilů. Díky znázornění vzdálenosti mezi jednotlivými vrcholy je možné vypočítat délku této trasy, která měří přibližně 81 km.

Graf 9 - Svozová trasa společnosti PMH-trasa úterý

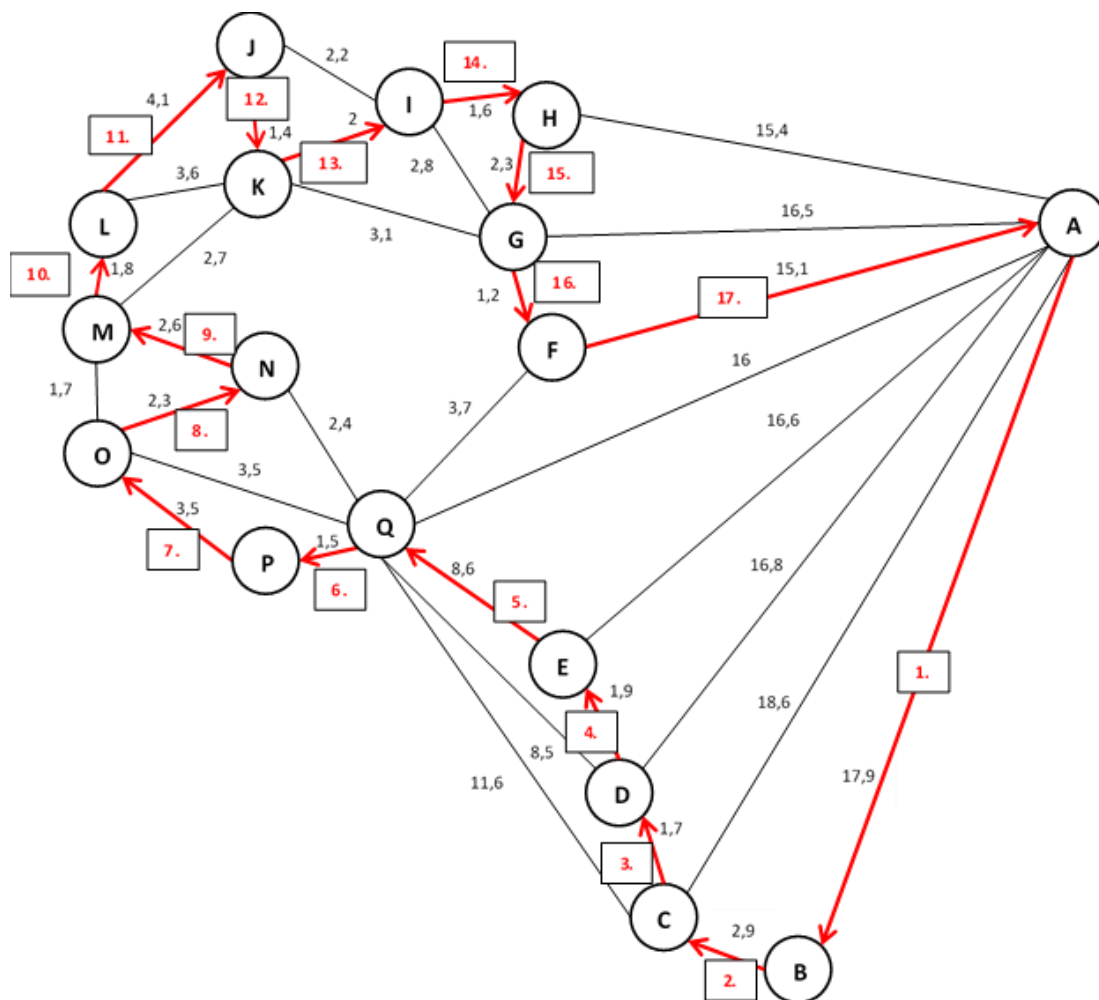


Zdroj: Vlastní zpracování

Tato trasa má mnohem více alternativ než trasa v pondělí, proto je na místě provést optimalizaci za pomoci počítačového programu. Po zadání všech obcí na trase vyjde

v obou aplikacích OptiMap i RouteXL stejná trasa, ačkoliv má tato trasa více alternativ. S tím rozdílem, že se lišil pouze směr. Znázorněný směr na grafu 10 udala aplikace OptiMap. Druhá aplikace RouteXL udala opačný směr, ale jelikož se jedná o okružní úlohu, jsou přípustně oba směry bez změn v trase.

Graf 10 - Optimální svozová trasa-úterý



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf 10 zobrazuje optimální svozovou trasu pro úterý, kdy je svážen směsný komunální odpad z šestnácti okolních obcí. Trasa vygenerovaná aplikacemi měří 73 km a výhodou je, že není nutné jet po jedné cestě dvakrát. Směr trasy je v grafu 10 znázorněn červenými šipkami a pořadí červenými čísly v rámečku.

Vygenerovaná trasa oběma aplikacemi je o 8 km kratší než ta, kterou využívá společnost PMH. Tento rozdíl je dán. Tím že aplikace berou v úvahu některé kratší cesty mezi obcemi. Aplikace uvažují trasu po hranách mezi vrcholy N-M, L-J a mezi J-K, které společnost nevyužívá, ale využívá jiné hrany, které neuvažují aplikace. Je otázkou, zda navržená trasa by byla proveditelná v praxi. Nicméně v této oblasti již nyní

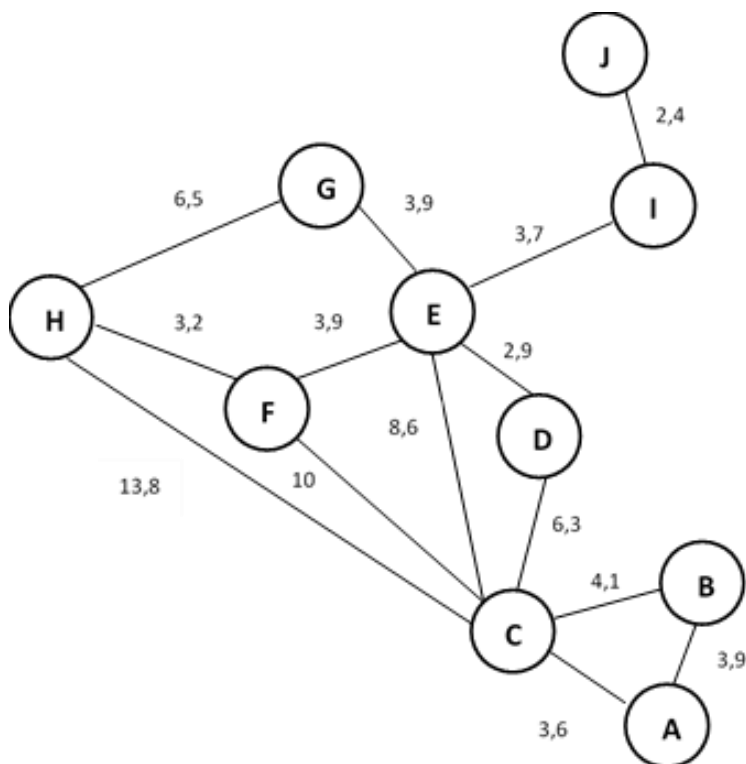
společnost využívá i silnice třetí třídy, a neměl by tedy být problém. Například navržená hrana spojující vrcholy L a J vede po silnici druhé třídy.

Výsledná trasa navržená oběma aplikacemi se zdá být jako právě ta optimální. Tato trasa je o 8 km kratší než ta, kterou nyní provozuje společnost PMH, což je přibližně o 10 % méně než nyní využívaná trasa společností. Z původní 81 km dlouhé trasy se stala trasa měřící 73 km. Je ovšem zapotřebí si navrženou trasu ověřit v praxi, aby se opravdu dala považovat za optimální.

5.2.3 Trasa středa

Ve středu PMH zajišťuje sběr smíšeného komunálního odpadu také z jedné trasy. Tento sběr zajišťuje v 9 obcích: Hosín, Dobřejovice, Stará Obora, Purkarec, Jeznice, Olešník, Chlumeč, Nová Ves a Nákří.

Graf 11 - Grafické znázornění obcí-trasa středa

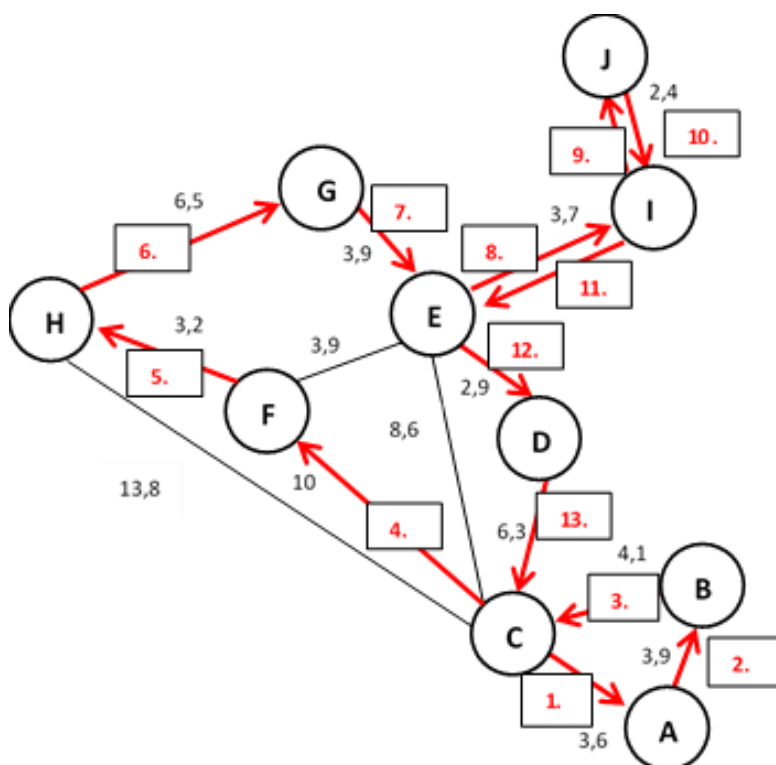


Zdroj: Vlastní zpracování

Graf 11 graficky znázorňuje obce na trase, kterou PMH zajišťuje vždy ve středu. Tuto trasu tvoří 10 vrcholů, které představují obce označené písmeny A až J a vrchol C představuje sběrný dvůr PMH, kde trasa začíná i končí. U hran je uvedena vzdálenost mezi obcemi v kilometrech.

V následujícím grafu 12 je červenou barvou znázorněna trasa, po které ve středu zajišťuje sběr směsného komunálního odpadu společnost Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou. Začátek i konec této trasy začíná ve vrcholu C. Směr trasy je znázorněn šipkami. Pořadí cest neboli hran je očíslován červenými čísly v rámečku, což ukazuje přesný průběh trasy svozových automobilů. Díky znázornění vzdálenosti mezi jednotlivými vrcholy je možné vypočítat délku této trasy, která měří přibližně 57 km.

Graf 12 - Svozová trasa společnosti PMH-středa

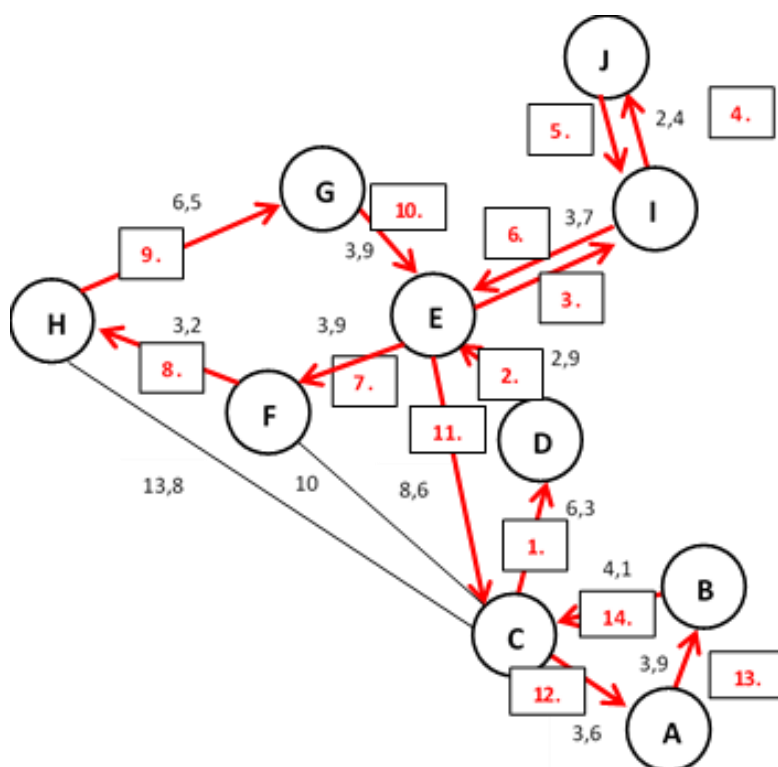


Zdroj: Vlastní zpracování

Po zadání všech obcí na trase do obou aplikací vyjde v aplikaci RouteXL stejná trasa, kterou nyní Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou zajišťuje. Jedná se o trasu dlouhou 57 km vyznačenou na grafu 12 červenými šipkami.

Druhá aplikace OptiMap vygenerovala trasu znázorněnou na grafu 13. Tato trasa má zcela jiný postup. Uvažuje na rozdíl od aplikace RouteXL hrany mezi vrcholy E-F a E-C. A naopak hranu mezi vrcholy F-C neuvažuje vůbec. Výsledná trasa navržená aplikací OptiMap měří přibližně 59 km, což je o 2 km více než trasa navržená aplikací RouteXL, tudíž i o 2 km více než aktuální svozová trasa společnosti PMH. Je otázkou, zda navržená trasa aplikací OptiMap by byla proveditelná v praxi. Nicméně v této oblasti již nyní společnost využívá i silnice třetí třídy, a neměl by tedy být problém.

Graf 13 - Optimální svozová trasa (OptiMap) - středa



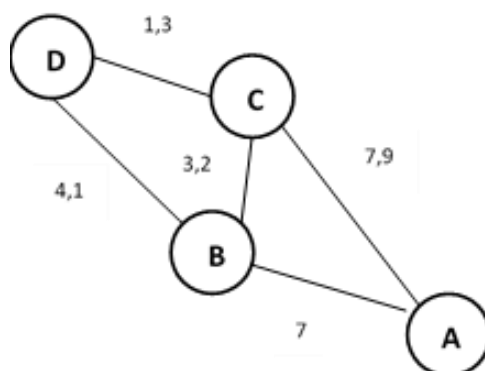
Zdroj: Vlastní zpracování

Jako výsledná optimální trasa pro svoz směsného komunálního odpadu ve středu se zdá být trasa navržená aplikací RouteXL, která měří o 2 km méně, než navrhla aplikace OptiMap. Za optimální trasu se může považovat i proto, že přesně v tomto pořadí touto trasou sváží směsný komunální odpad společnost PMH.

5.2.4 Trasa čtvrték

Ve čtvrtek PMH zabezpečuje svoz směsného komunálního odpadu z obcí Zliv, Zahájí a Mydlovary. Tato trasa je ze zpracovávaných nejkratší a vede přes nejméně obcí.

Graf 14 - Grafické znázornění obcí-trasa čtvrtek



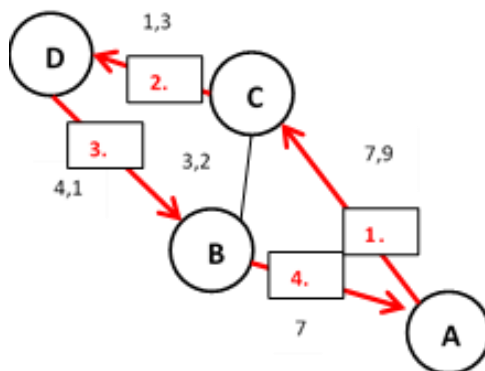
Zdroj: Vlastní zpracování

Graf 14 graficky znázorňuje obce na trase, kterou PMH zajišťuje vždy ve čtvrtek. Tuto trasu tvoří 4 vrcholy, které představují obce označené písmeny A až D a vrchol A představuje sběrný dvůr PMH, kde trasa začíná i končí. U hran je uvedena vzdálenost mezi obcemi v kilometrech.

V následujícím grafu 15 je červenou barvou znázorněna trasa, po které ve čtvrtek zajišťuje sběr směsného komunálního odpadu společnost Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou. Začátek i konec této trasy začíná ve vrcholu A. Směr trasy je znázorněn šipkami. Pořadí cest neboli hran je očíslován červenými čísly v rámečku, což ukazuje přesný průběh trasy svozových automobilů. Díky znázornění vzdálenosti mezi jednotlivými vrcholy je možné vypočítat délku této trasy, která měří přibližně 20 km.

Jelikož tato trasa nemá moc alternativ, aplikace OptiMap i RouteXL navrhli stejnou optimální trasu. Po zadání všech vrcholů v podobě obcí do map u obou aplikací vyjde trasa znázorněná v grafu 15, což znázorňuje i současnou svozovou trasu společnosti PMH.

Graf 15 - Svozová trasa společnosti PMH-trasa čtvrtků



Zdroj: Vlastní zpracování

Vrchol A v grafu 15 znázorňuje počáteční i konečný bod. Jedná se o sběrný dvůr PMH. Obě aplikace zvolili trasu ve stejném pořadí. Trasa je znázorněna červenými šipkami, přičemž šipka udává směr jízdy. Pořadí je zobrazeno v grafu jako červená čísla v rámečku. Výsledná optimální trasa vypočítaná oběma aplikacemi měří přibližně 20 km. PMH tuto trasu jezdí ve stejném pořadí, jak bylo navrženo aplikacemi. Je to zapříčiněno tím, že v této oblasti nevedou jiné alternativy možných cest, které by umožňovali zkrácení trasy, proto tuto trasu můžeme považovat za optimální. I proto že je tato trasa vyzkoušena v praxi.

5.2.5 Trasa pátek

V pátek PMH sváží směsný komunální odpad ve dvou trasách. První vůz sváží odpad ze zbylých částí města Hluboká nad Vltavou, tedy Hluboká nad Vltavou část město, zámek Hluboká nad Vltavou, hotely a podniky na smlouvu. Druhé auto obstará trasu přes Munice, rekreační oblast Bezdrev, Dasný a Bavorovice. Tyto trasy v práci nebudou řešeny.

6 Doporučení

Na základě zkoumání logistických procesů zpracování komunálního odpadu a optimalizace tras pro svoz směsného komunálního odpadu pro společnost Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou jsou navržena následující doporučení.

Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou má rozsáhlou a velmi členitou působnost, která čítá dohromady 37 obcí. Tyto obce by šly rozdělit na Hlubokou nad Vltavou a její místní části, kterých je dohromady 12 včetně Hluboké nad Vltavou a na zbylé okolní obce, jejichž počet je 25. Ze všech 37 obcí je produkován značný objem komunálního odpadu, u kterého musí PMH zajistit jeho shromažďování, svoz i nakládání s ním, což vyžaduje značné finanční náklady. S financováním odpadového hospodářství jsou spíše spojeny náklady než příjmy. Náklady PMH v roce 2015 činily přibližně 3,6 milionu Kč a příjmy činily přibližně 1,7 milionu Kč. Největší podíl nákladů tvoří právě ukládání komunálního odpadu na skládky, které je zpoplatněné a firma musí platit za každou tunu uloženou na skládce. Proto doporučení spočívá v redukci obcí na menší počet a tím snížení celkového objemu komunálního odpadu vyváženého na skládku. Ideální by bylo, kdyby PMH zajišťoval shromažďování, sběr i nakládání s odpady pouze pro působnost Hluboké nad Vltavou a jejich místních částí, protože město musí neustále dotovat tuto činnost z městského rozpočtu. Tím by se náklady více vyrovnaly příjmům, ale musíme brát v úvahu i historicky danou působnost této společnosti, která vždy zajišťovala služby pro všech 37 obcí.

Jednou z otázek je i shromažďování a svoz tříděného odpadu společností PMH na území Hluboké nad Vltavou a jejich místních částí. PMH využívá pro shromažďování tříděného odpadu pouze plastové popelnice o objemu 240 l. A svoz těchto odpadů provádí téměř každý den. Každý druh tříděného odpadu vyžaduje jinou frekvenci svozu. Nejvyšší frekvenci svozu vyžaduje z tříděného odpadu plat a papír, které je zapotřebí vyvážet téměř denně. Proto mé doporučení je navýšit kapacitu popelnic u těchto druhů tříděných odpadů. Plastové popelnice s objemem 240 l by se mohly nahradit plastovými kontejnery s objemem 1100 l. Tím by se zvýšila kapacita 4,5krát a svoz by mohl probíhat pouze jednou týdně. Což by ušetřilo náklady na svoz odpadu, úspory by se týkaly i času nebo opotřebení majetku.

Nejdůležitější z celé práce je optimalizace svozových tras pro svoz směsného komunálního odpadu. PMH v současné době využívá 7 svozových tras v rámci celé působnosti společnosti. Vždy v pondělí a v pátek jsou denně obslouženy dvě trasy a od úterý do čtvrtka vždy pouze jedna. V práci byly řešeny 4 svozové trasy PMH, jedna z tras v pondělí a dále trasy z úterý, středy a čtvrtka zajišťující výhradně obce

z okolí Hluboké nad Vltavou. Pro zjištění, zda jsou trasy společnosti PMH optimalizované byly použity dvě počítačové aplikace s názvy OptiMap a RouteXL. Po porovnání stávajících tras společnosti PMH a vygenerovaných tras z aplikací bylo zjištěno, že tři trasy ze čtyř společnost PMH zajišťuje zcela v souladu s vygenerovanými trasami. Tyto trasy se dají tedy považovat za optimální, protože jsou nejkratší možné a vyzkoušené v praxi. Zbývající jedna trasa zabezpečovaná společností PMH v úterý ježděná řidiči společnosti v délce 81 km byla aplikacemi optimalizována na délku 73 km. Obě aplikace tuto trasu vedly stejnými cestami, jen opačným směrem. Navrhovaná trasa je kratší o 8 km, což je o 10 % než je ta stávající. Bylo by vhodné tuto trasu vyzkoušet v praxi. Kdyby byla realizovatelná mohla by být považována za optimální svozovou trasu pro společnost PMH zajišťovanou v úterý.

Na základě optimalizace svozových tras sběru směsného komunálního odpadu zajišťované Podnikem místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou bych ráda navrhla změnu současných svozových tras. Návrh se týká více řešených svozových tras společnosti PMH.

6.1 Návrh změny svozových tras

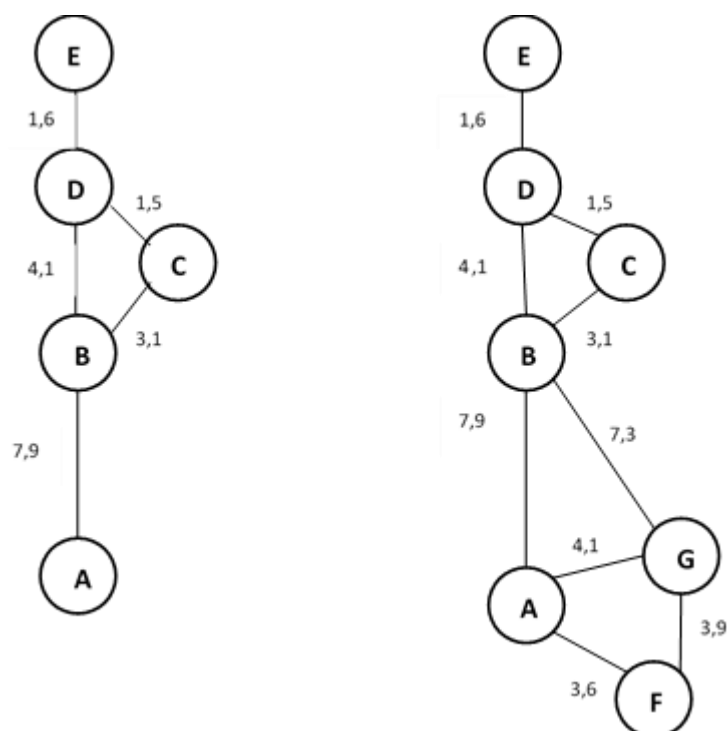
Cílem kapitoly je navrhnout změny ve stávajících svozových trasách, které zabezpečuje společnost PMH v Hluboké nad Vltavou. Návrh změn řešených svozových tras spočívá ve změně dvou tras, a to tras z pondělí a ze středy. Trasa z úterý zůstává nezměněna a trasa určená pro čtvrtek zaniká. Pro znázornění optimálních navrhovaných tras je použita aplikace OptiMap. Při zpracování optimalizace současných svozových tras PMH došlo k návrhu následujících změn.

6.1.1 Návrh změny svozové trasy-pondělí

Návrh této trasy spočívá v tom, že je zachována původní svozová trasa zahrnující Poněšice, Líšnici, Kostelec a Hroznějovice. Jen se zvedne počet obsluhovaných obcí ze 4 na 6, připojením obcí Hosín a Dobřejovice do trasy, protože leží v těsné blízkosti.

Původní trasu tvořilo 5 vrcholů představující okolní obce označené písmeny A-E a vrchol A představuje sběrný dvůr PMH, kde trasa začíná i končí. U hran je uvedena vzdálenost mezi obcemi v kilometrech. Po změně by došlo k navýšení vrcholů z 5 na 7 označených A až G. Graf 16 znázorňuje obce před a po navrhované změně. Dvě přidání obce jsou znázorněny písmeny G a F.

Graf 16 - Grafické znázornění obcí před a po navrhované změně-trasa pondělí

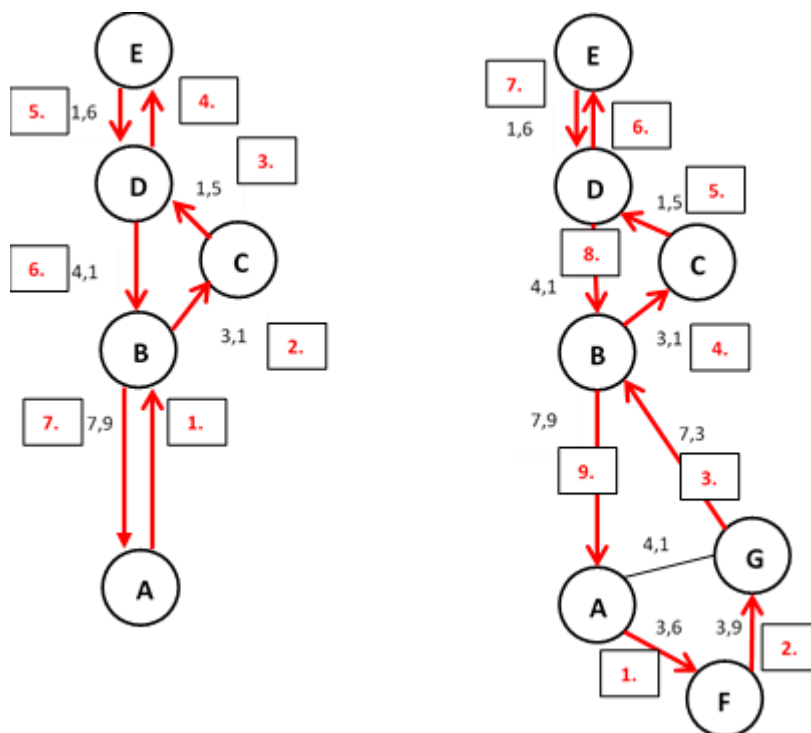


Zdroj: Vlastní zpracování

V následujícím grafu 17 je červenou barvou znázorněna trasa před a po změně, kterou zajišťuje sběr směsného komunálního odpadu společnost Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou, a to v pondělí. Začátek i konec této trasy začíná ve vrcholu A. Směr trasy je znázorněn šipkami. Pořadí cest neboli hran je očíslován červenými čísly v rámečku, což ukazuje přesný průběh trasy svozových automobilů. Díky znázornění vzdálenosti mezi jednotlivými vrcholy je možné vypočítat délku této trasy, která měří přibližně 27 km. Tato vzdálenost představuje současnou délku trasy, kterou zabezpečuje PMH svoz směsného komunálního odpadu vždy v pondělí.

Návrh na změnu této trasy by délku prodloužil na vzdálenost přibližně 34 km. Navrhovaná trasa je vyobrazena také na následujícím grafu 17, kde je znázorněn i přesné pořadí obsluhovaných vrcholů. Na úkor prodloužení této trasy o 7 km by se zkrátila trasa zabezpečovaná PMH ve středu.

Graf 17 - Optimální navrhovaná svozová trasa před a po navrhované změně-pondělí



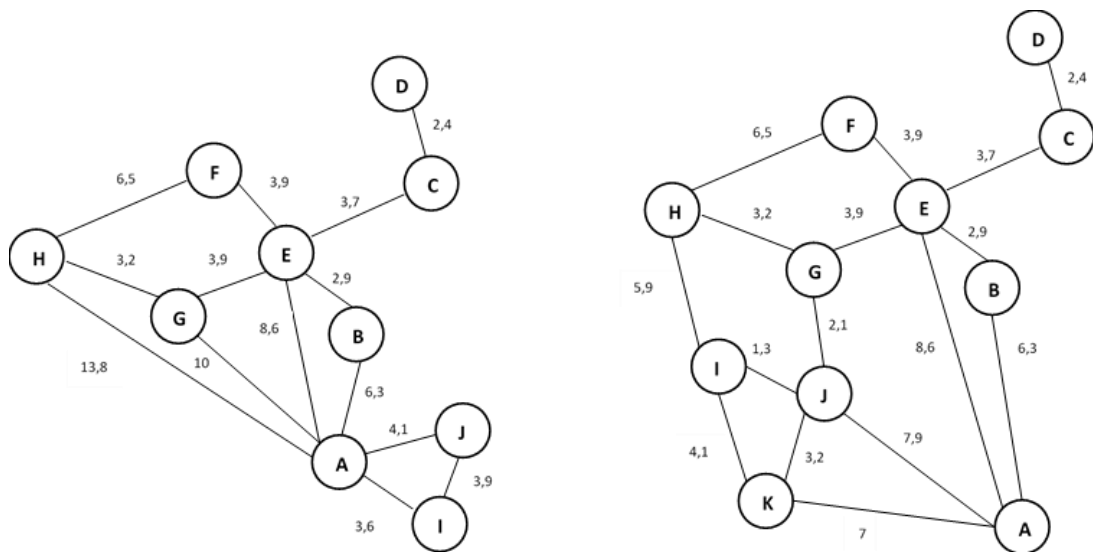
Zdroj: Vlastní zpracování

6.1.2 Návrh změny svozové trasy-středa

Návrh této trasy spočívá v tom, že by se z původní trasy, kterou společnost PMH zabezpečuje ve středu, vedoucí přes Hosín, Dobřejovice, Starou Oboru, Chlumec, Purkarec, Jeznici, Novou Ves, Nákří a Olešník přesunuly 2 obce Hosín a Dobřejovice do trasy na pondělí, jak již bylo řešeno výše. Dále by se připojily 3 obce Zliv, Zahájí a Mydlovary, kterým PMH zabezpečuje svoz směsného komunálního odpadu ve čtvrtek. Počet obsluhovaných obcí by se zvedl z 9 na 10.

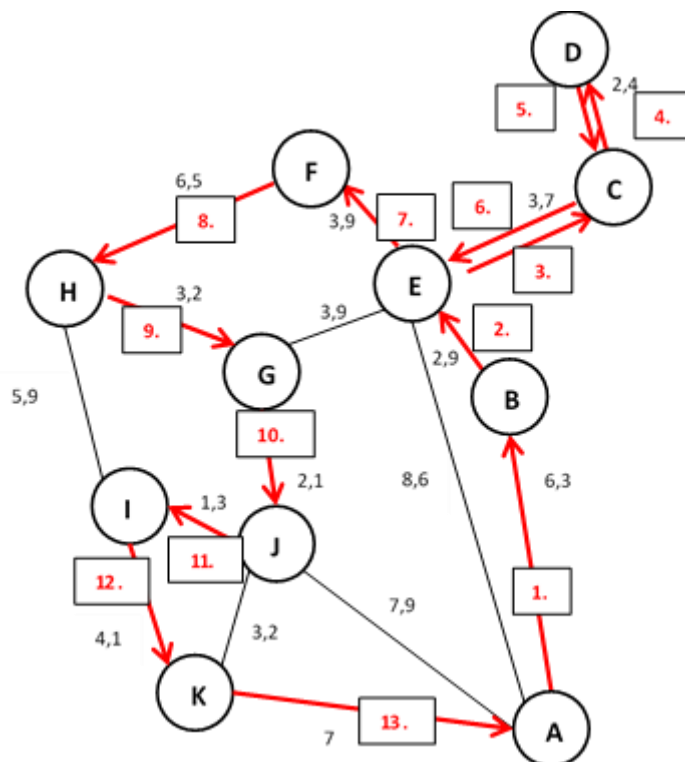
Původní trasu tvořilo 10 vrcholů představujících okolní obce označené písmeny A-J a vrchol A představuje sběrný dvůr PMH, kde trasa začíná i končí. Po změně by došlo k navýšení vrcholů z 10 na 11 označených A až K a vrchol A představuje sběrný dvůr PMH. Graf 18 znázorňuje obce před a po navrhované změně. Dvě odebrané obce jsou znázorněny písmeny I a J u prvního grafu a tři nově přidružené obce do trasy jsou znázorněny vrcholy I, J a K u druhého grafu.

Graf 18 - Grafické znázornění obcí před a po navrhované změně-trasa středa



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf 19 - Optimální navrhovaná trasa-středa



Zdroj: Vlastní zpracování

V grafu 19 je červenou barvou znázorněna trasa po změně. Začátek i konec této trasy začíná ve vrcholu A. Směr trasy je znázorněn šipkami. Pořadí cest neboli hran je očíslován červenými čísly v rámečku, což ukazuje přesný průběh trasy svozových

automobilů. Díky znázornění vzdálenosti mezi jednotlivými vrcholy je možné vypočítat délku této trasy, která měří přibližně 49 km. Současná svozová trasa využívaná společností PMH měří 57 km.

Návrh na změnu této trasy by délku zkrátil z 57 km na vzdálenost přibližně 49 km, tedy o 8 km což je přibližně o 14 %. Trasa by se zkrátila i přes to, že přibyla jedna obsluhovaná obec. Tím, že by se připojily Zliv, Zahájí a Mydlovary by vznik ve čtvrtek volný den, protože v současné době tvoří tyto obce jednu celou svozovou trasu. Došlo by tedy ke snížení současných 7 svozových tras na nových 6.

Snížením současných 7 svozových tras na nových 6 by firma jistě ušetřila. Součet délek čtyř řešených současných tras PMH je 185 km. Za předpokladu, že by se ověřila v praxi optimální délka trasy navrhovaná na úterý by se celková délka mohla zkrátit na 177 km. A kdyby firma vzala v úvahu i navrhované celkové změny tras v pondělí a úterý, tak by se celková délka mohla zkrátit až na 156 km a ze 4 tras by vznikly jen 3. Celková délka pro tyto trasy by se zkrátila o 29 km týdně, tedy o 1508 km ročně. Nejen že by firma ušetřila najeté kilometry, pohonné hmoty, opotřebení popelářského vozu, tak i čas vzniklý při eliminaci jedné trasy. Záleží vždy ale na tom, zda je tento návrh realizovatelný v praxi. Zkušenosti řidiče, šíře či kvalita silnic mohou tento zdánlivě vhodný návrh k optimalizaci svozových tras zavrhnout.

Závěr

Cílem diplomové práce bylo popsat logistické procesy při zpracování komunálního odpadu. Popsat firmu a analyzovat její rozhodovací problémy. Následně analyzovat současnou situaci a navrhnout změny k uplatnění optimalizačních metod.

Pro zpracování jsem si vybrala a následně popsala firmu Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou. Společnost se zabývá správou nemovitého majetku a domů v majetku města, správou a údržbou městské zeleně, komunikací a chodníků, skládek a odpadového hospodářství, veřejného osvětlení a hřbitovů v Hluboké nad Vltavou, Kostelci a Purkarcí. Mezi ostatní služby patří svoz směsného komunálního odpadu v přibližně 37 okolních obcích. Společnost také zajišťuje svoz tříděného odpadu v několika obcích.

V teoretické části diplomové práce jsem se primárně zaměřila na dvě kapitoly. A to na kapitolu zabývající se odpadovým hospodářstvím, vymezením tohoto pojmu, legislativou s tím spojenou, pojmem odpad a jeho dělením. Podrobněji popisují pouze komunální odpad, nakládání s ním a poplatky z něj plynoucí, což je stěžejní pro praktickou část. V druhé kapitole popisují logistiku odpadového hospodářství, konkrétně dopravní logistiku a teorii dopravních sítí, kde jsou vymezeny základní pojmy. Jsou zde popsány i druhy dopravních úloh. Stěžejní dělení dopravních úloh je na jednookruhové a víceokruhové jízdy. Mezi jednookruhové se řadí úloha obchodního cestujícího, kterou jsem použila pro zpracování optimalizace svozových tras směsného komunálního odpadu v praktické části pro Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou.

Pro metodiku práce jsem využila zejména interní informace společnosti. Dále interní i volně dostupné statistické údaje. A k optimalizaci svozových tras jsem vybrala dvě volně dostupné webové aplikace OptiMap a RouteXL, které řeší úlohu obchodního cestujícího. První z nich je aplikace OptiMap, která je volně dostupná na internetu. Aplikace řeší problém obchodního cestujícího. K řešení využívá Google maps. Můžeme zde bezplatně řešit úlohu až pro 100 vrcholů. Aplikace vyhledává optimální trasu vedoucí přes všechny vrcholy, tak aby byl každý vrchol obslužen pouze jednou a trasa byla nejkratší. Druhá použitá aplikace s názvem RouteXL je plánovač tras pro více adres, který je seřadí do ideálního pořadí, aby byla trasa co nejrychlejší. Aplikace řeší problém obchodního cestujícího zdarma pouze pro 20 vrcholů, za denní či měsíční poplatek je možné zadat až 200 vrcholů.

V současné době se k optimalizaci svozových tras využívají různé systémy a programy. Lze využít počítačové programy, kde je zapotřebí u většiny z nich znát

základní programování. Existují však i počítačové programy, které tuto znalost nevyžadují. Tyto programy jsou jednoduché a úlohu obchodního cestujícího vyřeší bez potřeby znalosti programování, což umožní jejich využití širokou veřejností. Jednodušší forma řešení úlohy obchodního cestujícího funguje za pomoci aplikace, ve které je zapotřebí nejprve zvolit možnost plánování trasy, zadat body do mapy a nechat aplikaci vygenerovat optimální trasu. Velmi dobře lze tuto problematiku řešit za pomoci teorie grafů. Konkrétně za pomoci úlohy obchodního cestujícího, která hledá nejkratší trasu. Proto je tato úloha vybrána pro řešení optimalizace tras Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou. Úloha využívá vrcholy a hrany. Vrcholy představují města či obce. Hrany představují silnice a délka hrany udává skutečnou vzdálenost mezi vrcholy.

V praktické části jsem analyzovala současnou situaci firmy a popsala společnost Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou, její organizační strukturu a působnost na základě interních informací získaných osobní návštěvou ve firmě. Nastíněny jsou i statistické údaje o městě Hluboká nad Vltavou a o produkci nejrozličnějších odpadů vznikajících na tomto území. Popsány jsou i logistické procesy zpracování komunálního odpadu a analýza současné situace společnosti Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou v podobě shromažďování, sběru, svozu a nakládání s odpady.

Následuje pátá kapitola s názvem optimalizace svozových tras. Cílem této kapitoly je navrhnout změny k uplatnění optimalizačních metod. Jedná se o optimalizaci svozových tras za pomoci úlohy obchodního cestujícího aplikované na společnosti Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou. Firma zajišťuje 7 svozových tras směsného komunálního odpadu v Hluboké nad Vltavou a okolních obcích. Přičemž jsou tyto trasy pravidelně zabezpečované od pondělí do pátku. V pondělí a v pátek společnost zajišťuje vždy dvě svozové trasy směsného komunálního odpadu. Na každou trasu stačí vždy objem jednoho popelářského vozu. Každý vůz má určenou svozovou trasu, ale nemá určený přesný směr či pořadí obcí. Cestu volí dle svého uvážení a svých zkušeností se stavem, terénem, šíří či frekventovaností silnic.

Firmy provádějící sběr odpadů mohou ušetřit náklady optimalizací svozu odpadů. Mezi základní složky optimalizace patří například předcházení vzniku odpadů, vhodná volba nádob a odstranění odpadů, podpora recyklace apod. Nejdůležitější je optimalizace svozových tras, která snižuje náklady a zefektivňuje současný svoz odpadů. A proto jsem v diplomové práci popsala svozové trasy společnosti Podniku místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou a provedla jejich optimalizaci. Při optimalizaci svozových tras je zapotřebí najít optimální, tedy tu nejkratší trasu, díky

které se ušetří náklady na pohonné hmoty, náklady vzniklé opotřebením vozidel, dochází také k úspoře času. I když je nalezena optimální svozová trasa je zapotřebí ji otestovat v praxi. Nejkratší trasa nemusí být vždy ta optimální, protože se v praxi můžeme setkat s problémy v podobě šíře či zúžení silnice, úhlu zatáček, překážek apod.

V diplomové práci jsem se detailněji zabývala 4 svozovými trasami, které zajišťují svoz směsného komunálního odpadu pouze z okolních obcí Hluboké nad Vltavou. Jedná se o trasy, které firma pravidelně jezdí od pondělí do čtvrtka. Tyto 4 současné svozové trasy společnosti jsem porovnála s vygenerovanými trasami od webových aplikací OptiMap a RouteXL. Následně jsem doporučila trasu, která je nejkratší a optimální. Vždy nemusí nejkratší trasa představovat tu optimální, proto je důležité aplikovat tyto trasy v praxi.

První trasa zajišťovaná Podnikem místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou v pondělí je vedena přes Poněšice, Líšnici, Kostelc a Hroznějovice. Počáteční i konečný vrchol je v Hluboké nad Vltavou ve sběrném dvoře. Výsledná optimální trasa vypočítaná oběma aplikacemi měří přibližně 27 km. PMH tuto trasu jezdí ve stejném pořadí, jak bylo navrženo aplikacemi. Je to zapříčiněno tím, že v této oblasti nevedou jiné možné cesty, které by umožňovali zkrácení trasy, proto tuto trasu můžeme považovat za optimální. I proto že je tato trasa vyzkoušena v praxi.

Druhá trasa ježděná každé úterý je nejdelší ze všech zpracovávaných tras a obsahuje nejvíce obcí. Trasa vede přes 16 obcí a to přes: Habří, Čakovec, Čakov, Holubovskou baštu, Němčice, Sedlovice, Mahouš, Hlodačky, Olšovice, Hlásku, Hlavatce, Lékařovu Lhotu, Sedlec, Plástovice, Vlhlavy a Malé Chrástany. Délka trasy v pořadí obcí, jak ji zabezpečuje Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou je přibližně 81 km. Po zadání všech obcí na trase vyjde v obou aplikacích OptiMap i RouteXL stejná trasa. S tím rozdílem, že se liší pouze směr, ale jelikož se jedná o okružní úlohu, jsou přípustné oba směry bez změn v trase. Trasa vygenerovaná aplikacemi měří 73 km a výhodou je, že není nutné jet po jedné cestě dvakrát. Výsledná trasa navržená oběma aplikacemi se zdá být jako právě ta optimální. Tato trasa je o 8 km kratší než ta, kterou nyní provozuje společnost PMH, což je přibližně o 10 % méně než nyní využívaná trasa společností. Z původní 81 km dlouhé trasy se stala trasa měřící 73 km. Tento rozdíl je dán tím, že aplikace berou v úvahu některé kratší cesty mezi obcemi. Je otázkou, zda navržená trasa by byla proveditelná v praxi. Nicméně v této oblasti již nyní společnost využívá i silnice třetí třídy, a neměl by tedy být problém.

Středeční trasa vede přes 9 obcí, a to přes Hosín, Dobřejovice, Starou Oboru, Purkarec, Jeznici, Olešník, Chlumec, Novou Ves a Nákří. Trasa, po které ve středu

zajišťuje sběr směsného komunálního odpadu společnost Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou měří přibližně 57 km. Po zadání všech obcí na trase do obou aplikací vyjde v aplikaci RouteXL stejná trasa, kterou nyní Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou zajišťuje. Druhá aplikace OptiMap vygenerovala zcela jinou trasu. Výsledná trasa navržená aplikací OptiMap měří přibližně 59 km, což je o 2 km více než trasa navržená aplikací RouteXL, tudíž i o 2 km více než aktuální svozová trasa společnosti PMH. Jako výsledná optimální trasa pro svoz směsného komunálního odpadu ve středu se zdá být trasa navržená aplikací RouteXL, která měří o 2 km méně, než navrhla aplikace OptiMap. Za optimální trasu se může považovat i proto, že přesně v tomto pořadí touto trasou sváží směsný komunální odpad společnost PMH.

Ve čtvrtěk PMH zabezpečuje svoz směsného komunálního odpadu z obcí Zliv, Zahájí a Mydlovary. Tato trasa je ze zpracovávaných nejkratší a vede přes nejméně obcí. Trasa, po které ve čtvrtěk zajišťuje sběr směsného komunálního odpadu společnost Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou měří přibližně 20 km. Jelikož tato trasa nemá moc alternativ, aplikace OptiMap i RouteXL navrhli stejnou trasu, kterou představuje i současná svozová trasa společnosti PMH. Je to zapříčiněno tím, že v této oblasti nevedou jiné alternativy možných cest, které by umožňovali zkrácení trasy, proto tuto trasu můžeme považovat za optimální. I proto že je tato trasa vyzkoušena v praxi.

Na základě provedené podrobné analýzy společnosti a její současné situace jsem v diplomové práci vedle doporučení navrhla i změny k uplatnění optimalizačních metod, týkající se změny obcí v současných trasách společnosti. Pro tento návrh změn jsem použila pouze jednu webovou aplikaci OptiMap, která vygeneruje nejkratší možnou trasu zahrnující konkrétní obce na konkrétní trase. Návrh změn se týká tras, u kterých firma Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou zabezpečuje svoz směsného komunálního odpadu v okolních obcích v úterý a ve středu. Tato změna se netýká svozové trasy v úterý, a svozovou trasu ve čtvrtěk zcela eliminuje a tímto jedna trasa zaniká.

Návrh trasy pro pondělí spočívá v tom, že je zachována původní svozová trasa zahrnující Poněšice, Líšnici, Kostelec a Hroznějovice. Jen se zvedne počet obsluhovaných obcí ze 4 na 6, připojením obcí Hosín a Dobřejovice do trasy, protože leží v těsné blízkosti. Návrh na změnu této trasy by délku prodloužil z původních 27 km na vzdálenost přibližně 34 km. Na úkor prodloužení této trasy o 7 km by se zkrátila trasa zabezpečovaná PMH ve středu.

Návrh trasy pro středu spočívá v tom, že by se z původní trasy, kterou společnost PMH zabezpečuje ve středu, vedoucí přes Hosín, Dobřejovice, Starou Oboru, Chlumec, Purkarec, Jeznici, Novou Ves, Nákrří a Olešník přesunuly 2 obce Hosín a Dobřejovice do trasy na pondělí, jak již bylo řešeno výše. Dále by se připojily 3 obce Zliv, Zahájí a Mydlovary, kterým PMH zabezpečuje svoz směsného komunálního odpadu ve čtvrtek. Délka navrhované trasy měří přibližně 49 km. Současná svozová trasa využívaná společností PMH měří 57 km. Návrh na změnu této trasy by délku zkrátil o 8 km což je přibližně o 14 %. Trasa by se zkrátila i přes to, že přibyla jedna obsluhovaná obec. Tím, že by se připojily Zliv, Zahájí a Mydlovary by vznik ve čtvrtek volný den, protože v současné době tvoří tyto obce jednu celou svozovou trasu. Došlo by tedy ke snížení současných 7 svozových tras na nových 6.

Snížením současných 7 svozových tras na nových 6 by firma jistě ušetřila. Součet délek čtyř řešených současných tras PMH je 185 km. Za předpokladu, že by se ověřila v praxi optimální délka trasy navrhovaná na úterý by se celková délka mohla zkrátit na 177 km. A kdyby firma vzala v úvahu i navrhované celkové změny tras v pondělí a úterý, tak by se celková délka mohla zkrátit až na 156 km a ze 4 tras by vznikly jen 3. Celková délka pro tyto trasy by se zkrátila o 29 km týdně, tedy o 1508 km ročně. Nejen že by firma ušetřila najeté kilometry, pohonné hmoty, opotřebení popelářského vozu, tak i čas vzniklý při eliminaci jedné trasy. Záleží vždy ale na tom, zda je tento návrh realizovatelný v praxi. Zkušenosti řidiče, šíře či kvalita silnic mohou tento zdánlivě vhodný návrh k optimalizaci svozových tras zavrhnout.

Optimalizace svozových tras odpadních společností je složitá. Použité aplikace nemají reálné zkušenosti. Neberou v úvahu kvalitu silnic, které mohou být sice vhodné pro osobní automobil, ale pro velký automobil určený ke svozu odpadu už ne. Aplikace neberou v úvahu také šířku silnic či prudkost zatáček a mnohé jiné. Tuto zkušenost mají řidiči, jezdící tyto trasy každý týden. Proto je vždy na místě vygenerovanou trasu webové aplikace realizovat v praxi a prokázat tím její proveditelnost.

Seznam literatury

CENEK, Petr. 2003. Modelování procesů na dopravních sítích. *AT&P journal*. 2003, 9, stránky 98-101.

ČERNÁ, Anna a ČERNÝ, Jan. 2014. *Manažerské rozhodování o dopravních systémech*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2014. ISBN 978-80-7395-849-7.

Český statistický úřad. 2016c. Počet obyvatel v obcích - k 1.1.2016. [Online] 24. duben 2016c. [Citace: 14. březen 2017.]
<https://www.czso.cz/documents/10180/32853387/1300721603.pdf/cba78096-1cf5-4fde-b20a-3074b2f135f9?version=1.0>.

—, **2016a.** Produkce, využití a odstranění odpadu a produkce druhotných surovin - v roce 2015. [Online] 27. říjen 2016a.
<https://www.czso.cz/csu/czso/crj/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu-a-produkce-druhotnych-surovin-v-roce-2015>.

—, **2016b.** Statistická ročenka České republiky - 2016: 3. životní prostředí. 3-19. *Produkce komunálních odpadů*. [Online] 23. listopad 2016b.
<https://www.czso.cz/csu/czso/3-zivotni-prostredi-vt3v69q7vi>.

DRAHOTSKÝ, Ivo a ŘEZNÍČEK, Bohumil. 2003. *Logistika procesy a jejich řízení*. Brno : Computer press, 2003. ISBN 80-7226-521-0.

Ekonomika odpadového hospodářství v obcích ČR – aktualizace údajů za rok 2014.
VRBOVÁ, Martina. 2015. Praha : EKO-KOM, a.s., 2015. Sborník přednášek Odpady a obce, konference 2016. stránky 56-57.

FIALA, Petr. 2011. *Operační výzkum - nové trendy*. Praha : Professional Publishing, 2011. ISBN 978-80-7431-036-2.

HOLOUBEK, Josef. 2006. *Ekonomicko-matematické metody*. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. ISBN 80-7157-970-X.

Ing. RADA, Jaroslav. 2017. *Rozhovor s ředitelem firmy Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou*. Hluboká nad Vltavou, 23. únor 2017.

JABLONSKÝ, Josef. 2007. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha : Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-8694-644-3.

KUBÍČKOVÁ, Lea. 2006. *Obchodní logistika*. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. ISBN 80-7157-952-1.

KURAŠ, Mečislav, a další. 2008. *Odpadové hospodářství*. Chrudim : Vodní zdroje Ekomonitor, spol. s.r.o., 2008. ISBN 978-80-86832-34-0.

KURIAN, Simmy, RAMANATHAN, Hareesh N. a CHACKO, Pearly Saira. 2013. A Study on Optimizing Transportation Cost - An Application of Vogels Approximation Method. *Journal of Supply Chain Management Systems*. 2013, Sv. 2, 4, stránky 13-19.

MALČEKOVÁ, Hana a ŠIMEK, Vlastimil. 2014. *Průvodce odpadovým hospodářstvím*. Praktická právnická příručka. Praha : Linde Praha a.s., 2014. ISBN 978-80-7201-905-2.

Mapy.cz. 2017. Mapy.cz. [Online] 2017. [Citace: 25. březen 2017.]
<https://mapy.cz/zakladni?x=14.4667000&y=48.9832990&z=11>.

Město Hluboká nad Vltavou. 2017. Město: Informace o městě. *Město Hluboká nad Vltavou*. [Online] 2017. [Citace: 3. březen 2017.] <http://obcan.hluboka.cz/node/71>.

Ministerstvo životního prostředí. 2015. Téma: Odpadové hospodářství: Odpady. *Plán odpadového hospodářství ČR*. [Online] 2015.
http://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr.

OptiMap. 2017. OptiMap - Fastest Roundtrip Solver. [Online] 2017. [Citace: 6. duben 2017.] <http://gebweb.net/optimap/>.

PASTOR, Otto a TUZAR, Antonín. 2007. *Teorie dopravních systémů*. Praha : Aspi, 2007. ISBN 978-80-7357-285-3.

PAVONE, M., a další. 2009. A Stochastic and Dynamic Vehicle Routing Problem with Time Windows and Customer Impatience. *Mobile Networks and Applications*. 2009, Sv. 14, 3.

PELIKÁN, Jan. 1999. *Diskrétní modely*. Praha : Vysoká škola ekonomická v Praze, 1999. ISBN 80-7079-179-9.

—. 1993. *Praktikum z operačního výzkumu*. Praha : Vysoká škola ekonomická v Praze, 1993. ISBN 80-7079-135-7.

PIZLO, Zygmunt, a další. 2006. Traveling Salesman Problem: A Foveating Pyramid Model. *The Journal of Problem Solving*. 2006, 1: 8.

PMH v Hluboké nad Vltavou. 2017. Plán odpadového hospodářství města Hluboká nad Vltavou na období 2017-2021. Hluboká nad Vltavou : autor neznámý, 2017.

Podnik místního hospodářství v Hluboké nad Vltavou. 2017. Město Hluboká nad Vltavou. [Online] 2017. [Citace: 3. březen 2017.]
<http://obcan.hluboka.cz/node/41>.

RAIS, Karel. 2001. *Základy optimalizace a rozhodování*. Brno : PC DIR Brno, 2001. ISBN 80-86510-18-2.

ROSENKRANTZ, Daniel J., STEARNS, Richard E. a LEWIS II, Philip M. 1977. An Analysis of Several Heuristics for the Traveling Salesman Problem. *SIAM Journal on Computing*. 1977, Sv. 6, 3.

ROSTAMI, Ali Shokouhi, a další. 2015. Solving Multiple Traveling Salesman Problem using the Gravitational Emulation Local Search Algorithm. *Applied Mathematics & Information Sciences: An International Journal*. 2015, 9: 2, stránky 699-709.

RouteXL. 2017. RouteXL. [Online] 2017. [Citace: 6. duben 2017.]
<https://www.routexl.com/>.

SKÝVA, Ladislav, JANNÁČEK, Jaroslav a CENEK, Petr. 1987. *Energeticky optimální řízení dopravních systémů*. Praha : NADAS, 1987.

SVOBODA, Vladimír. 2006. *Doprava jako součást logistických systémů*. Praha : Radix, 2006. ISBN 80-86031-68-3.

ŠIROKÝ, Vladimír a SLIVONĚ, Miroslav. 2010. Optimalizace svozu a rozvozu kusových zásilek. *Perner's Contacts*. duben 2010, I, stránky 255-269.

ŠUBRT, Tomáš, a další. 2011. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň : Aleš Čeněk, 2011. ISBN 978-80-7380-345-2.

TEICHMANN, Dušan a DORDA, Michal. 2011. Úloha obchodního cestujícího s částečně řízenou obsluhou vrcholů. *Perner's Contacts*. 2011, IV, stránky 375-381.

TOTH, Paolo a VIGO, Daniele. 2014. *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications, Second Edition*. Philadelphia : SIAM, 2014. ISBN 978-1-611973-58-7.

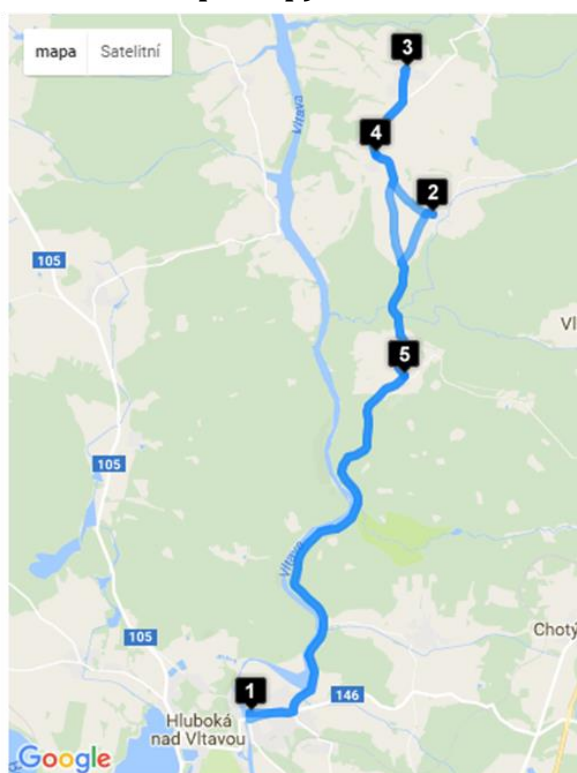
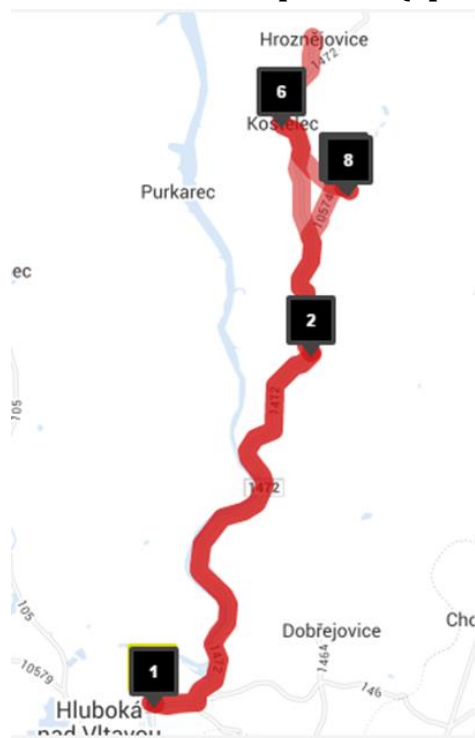
VOŠTOVÁ, Věra, a další. 2009. *Logistika odpadového hospodářství*. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2009. ISBN 978-80-01-04426-1.

Vyhodnocování potenciálu produkce odpadů a možnosti využití. **HANČ, Aleš. 2008.** Praha : Ekodomov, 2008. Sborník přednášek Vzdělávacího programu - Minimalizace odpadů. stránky 45-56. ISBN 978-80-903559-5-8 (brož.).

Zákon č. 185/2001 Sb. *Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů (zákon o odpadech)*.

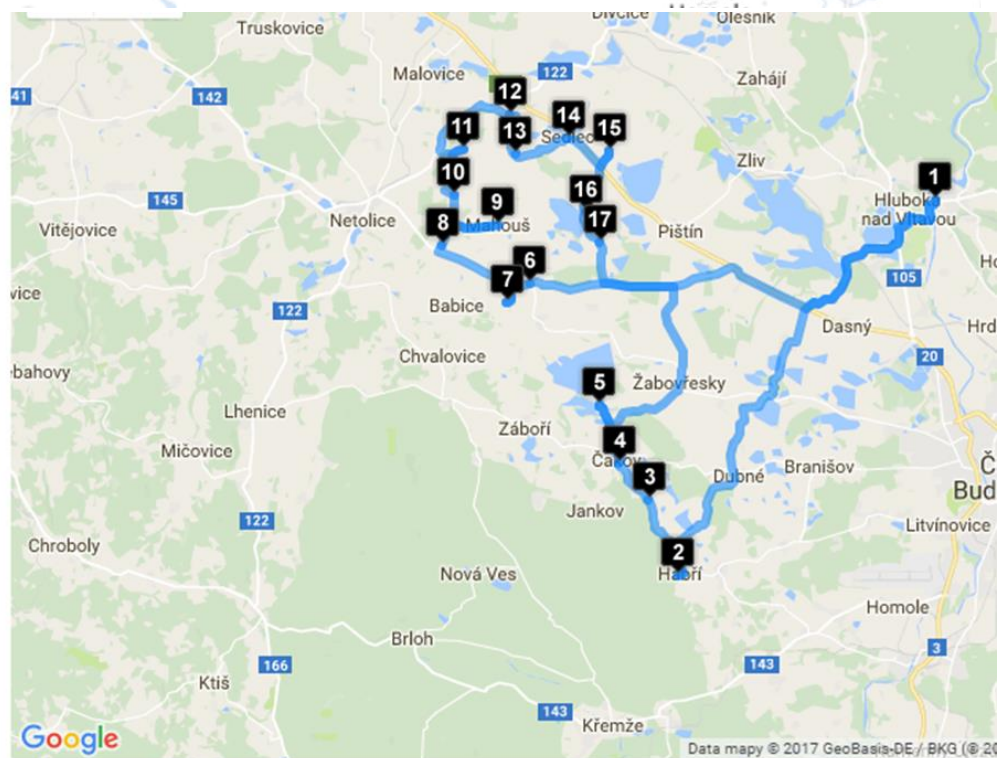
Přílohy

Příloha č.1 – trasa pondělí (aplikace RouteXL a Optimap)



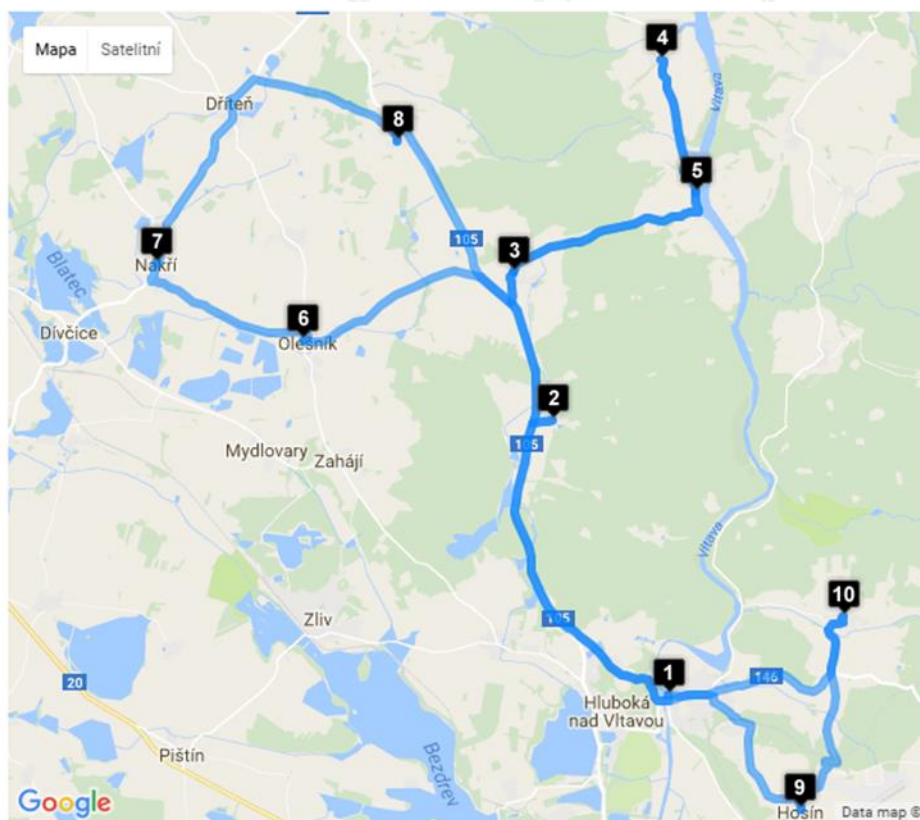
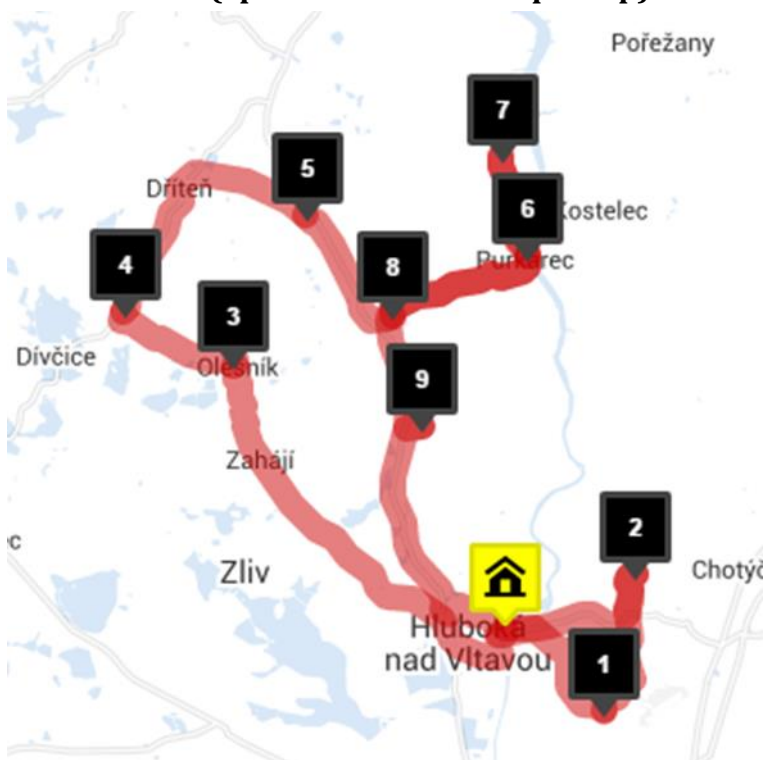
Délka cesty: 34 min 50 sec
délka cesty: 27 km (17,3 mil)

Příloha č.2 – trasa úterý (aplikace RouteXL a Optimap)



Délka cesty: 1 hod 43 min
délka cesty: 75 km (47,2 mil)

Příloha č.3 – trasa středa (aplikace RouteXL a Optimap)



Trip duration: 1 hrs 12 min
Trip length: 59 km (36.8 miles)

Příloha č.4 – trasa čtvrtek (aplikace RouteXL a Optimap)

