

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Racionalizace odpadového hospodářství  
ve Ždírci nad Doubravou

Bc. Nicola Gregorová

Diplomová práce

2018

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2017/2018

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Nicola Gregorová**  
Osobní číslo: **D16365**  
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**  
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**  
Název tématu: **Racionalizace odpadového hospodářství ve Ždírci nad  
Doubravou**  
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Úvod

1. Analýza odpadového hospodářství ve Ždírci nad Doubravou
2. Návrhy změn v odpadovém hospodářství ve Ždírci nad Doubravou
3. Zhodnocení předložených návrhů

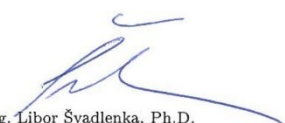
Závěr

Rozsah grafických prací: 4 - 5  
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:

1. **BULÍČEK, Josef a Michaela LEDVINOVÁ. Řešené příklady z teorie a řízení dopravy. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013, 239s. ISBN 978-80-7395-642-4.**
2. **VOLEK, Josef a Bohdan LINDA. Teorie grafů: Aplikace v dopravě a veřejné správě. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2012. ISBN 978-80-7395-225-9.**
3. **Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů ve znění pozdějších předpisů.**

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jaroslav Kleprlík, Ph.D.**  
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: **5. února 2018**  
Termín odevzdání diplomové práce: **18. května 2018**

  
doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.  
děkan

L.S.

  
doc. Ing. Jaromír Šíroky, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 5. února 2018

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše. Beru na vědomí, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 17. května 2018

Bc. Nicola Gregorová

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce doc. Ing. Jaroslavu Kleprlíkovi, Ph.D. za cenné rady, odborné vedení a pomoc při psaní diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala Ing. Bohumírovi Niklovi, Bc. Haně Polcarové a celému městu Ždírec nad Doubravou, za poskytnutí informací do diplomové práce a také to, že jsem tuto diplomovou práci mohla směřovat právě na toto město. Poděkování patří také pedagogickým pracovníkům z Katedry technologie a řízení dopravy. Poslední poděkování patří mé rodině a kamarádům za velkou podporu.

## **ANOTACE**

Práce se věnuje analýze odpadového hospodářství ve Ždírci nad Doubravou. Zabývá se analýzou daného města a svozové firmy. Dále jsou v práci uvedeny návrhy pro zlepšení odpadového hospodářství ve Ždírci nad Doubravou. Jedná se o návrh nové nádoby pro sběr odpadu pomocí metody WSA a návrh řešení stanovišť odpadu. Dále práce obsahuje návrhy svozových tras pro směsný komunální odpad a pro separovaný odpad s využitím metod operačního výzkumu (Úloha čínského pošťáka, Littlův algoritmus). Tyto návrhy jsou v poslední části zhodnoceny.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Eulerovský tah, odpadové hospodářství, odpady, teorie grafů, Ždírec nad Doubravou.

## **TITLE**

Rationalization of waste management in Ždírec nad Doubravou

## **ANNOTATION**

The thesis deals with waste management analysis in Ždírec nad Doubravou. It deals with the analysis of the city and the transport company. The thesis also contains proposals for improving the waste management in Ždírec nad Doubravou. This is a proposal for a new waste collection contains using the WSA method and the design of waste site solutions. In addition, the thesis contains drafts of collection routes for mixed municipal waste and for separated waste using operational research methods (The Chinese postman Problem, Little algorithm). These proposals are evaluated in the last part.

## **KEYWORDS**

Eulerian path, Waste Management, Waste, Graph theory, Ždírec nad Doubravou.

# OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ .....	9
SEZNAM TABULEK.....	11
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	12
ÚVOD .....	13
1 ANALÝZA ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ VE ŽDÍRCI N.D. ....	14
1.1 Právní předpisy a vymezení pojmů .....	14
1.1.1 Právní předpisy .....	14
1.1.2 Základní pojmy .....	15
1.1.3 Druhy odpadu a jejich charakteristika.....	17
1.2 Analýza vybraného města .....	20
1.2.1 Zaměstnanci města Ždírcce n. D. ....	20
1.2.2 Analýza vozového parku města Ždírcce n. D. ....	20
1.3 Společnost AVE CZ, Odpadové hospodářství s.r.o. ....	21
1.3.1 Zaměstnanci společnosti AVE .....	21
1.3.2 Analýza vozového parku.....	21
1.4 Analýza separovaného (tříděného) odpadu na veřejném prostranství .....	22
1.4.1 Stanoviště nádob na separovaný odpad .....	22
1.4.2 Sběrné nádoby a jejich umístění.....	25
1.4.3 Místa uložení odpadu .....	32
1.5 Analýza sběru odpadu v domácnostech .....	34
1.5.1 Směsný komunální odpad .....	34
1.5.2 Biologicky rozložitelný komunální odpad .....	34
1.5.3 Kompostování.....	35
1.5.4 Domácí nádoby na sběr separovaného odpadu – plast .....	35

2	NÁVRHY ZMĚN V ODPADOVÉM HOSPODÁŘSTVÍ VE ŽDÍRCI N.D. ....	36
2.1	Obnova sběrných nádob pomocí multikriteriální analýzy .....	36
2.2	Návrh řešení stanovišť .....	41
2.2.1	<i>Návrh přidání nové nádoby na bioodpad na stálé stanoviště</i> .....	41
2.2.2	<i>Přidání nové nádoby na nové stanoviště</i> .....	41
2.3	Návrh vybudování podzemních kontejnerů .....	47
2.4	Návrh svozového plánu pro směsný komunální odpad.....	48
2.5	Návrh svozového plánu pro separovaný odpad .....	66
3	ZHODNOCENÍ PŘEDLOŽENÝCH NÁVRHŮ .....	82
3.1	Vyhodnocení návrhu řešení přidání nové nádoby pro bioodpad .....	82
3.2	Vyhodnocení návrhu přidáním nové nádoby na nové stanoviště.....	82
3.3	Vyhodnocení návrhu vybudování podzemních kontejnerů.....	84
3.4	Vyhodnocení návrhu svozové trasy pro směsný komunální odpad .....	84
3.5	Vyhodnocení trasy svozu separovaného odpadu – plast.....	85
	ZÁVĚR .....	86
	SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ .....	87
	SEZNAM PŘÍLOH.....	90



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Stanoviště sběrných nádob na separovaný odpad ve Ždírci .....	24
Obrázek 2 Ulice Družstevní před rekonstrukcí.....	24
Obrázek 3 Ulice Družstevní po rekonstrukci.....	25
Obrázek 4 Nádobu SULO .....	26
Obrázek 5 Stanoviště pro sběr plastu.....	27
Obrázek 6 Stanoviště pro sběr papíru .....	27
Obrázek 7 Stanoviště pro sběr skla .....	28
Obrázek 8 Stanoviště pro sběr bioodpadu.....	29
Obrázek 9 Stanoviště pro sběr textilu .....	29
Obrázek 10 Stanoviště pro sběr kovů .....	30
Obrázek 11 Stanoviště pro sběr bioodpadu – tuky .....	30
Obrázek 12 Stanoviště pro sběr směsného odpadu.....	31
Obrázek 13 Stanoviště pro sběr elektroodpadu.....	32
Obrázek 14 Nakládání s odpady .....	33
Obrázek 15 Obnova sběrných nádob - ulice Příčná.....	36
Obrázek 16 Obnova sběrné nádoby - ulice Nádražní .....	36
Obrázek 17 Vítězný návrh nádoby.....	40
Obrázek 18 Návrh řešení nádob na textil.....	42
Obrázek 19 Návrh rozmístění nádob v ulici Lipová .....	43
Obrázek 20 Ulice Lipová .....	43
Obrázek 21 Návrh řešení nádob na kov .....	44
Obrázek 22 Řešení rozmístění nádob na stanovišti .....	44
Obrázek 23 Návrh nádob pro sběr bioodpadu .....	45
Obrázek 24 Uložení kontejneru na olej v ulici Na Balkáně.....	45
Obrázek 25 Fotografie stanoviště ulice na Balkáně.....	46
Obrázek 26 Návrh zvětšení místa .....	46
Obrázek 27 Stávající stav ulice Spojovací .....	47
Obrázek 28 Návrh podzemních kontejnerů v ulici Spojovací .....	48
Obrázek 29 Zakreslení ulic do mapy .....	49
Obrázek 30 Graf ulic ve městě.....	50
Obrázek 31 Fiktivní hrany slepých ulic .....	53
Obrázek 32 Přiřazení všech fiktivních hran do grafu .....	54

Obrázek 33 Eulerovský tah .....	55
Obrázek 34 Graf 1–1/2 města perfektní párování .....	57
Obrázek 35 Eulerovský tah 1/2 města .....	57
Obrázek 36 Graf 2–2/2 perfektní párování .....	58
Obrázek 37 Eulerovský tah pro druhou část grafu .....	58
Obrázek 38 První trasa doplněná o místo pro bezpečnostní přestávku .....	62
Obrázek 39 Druhá trasa doplněná o místo pro bezpečnostní přestávku .....	64
Obrázek 40 Graf stanovišť zakreslený v mapě .....	67
Obrázek 41 Schéma zakreslení kořene .....	74
Obrázek 42 Schéma zakreslení větve 1 .....	75
Obrázek 43 Schéma zakreslení větvi 2 .....	76
Obrázek 44 Trasa svozu mezi stanovišti .....	78
Obrázek 45 Schéma stromu Littlova algoritmu .....	79

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Stanoviště sběrných nádob ve Ždírci nad Doubravou .....	23
Tabulka 2 Stanoviště pro separovaný odpad v přílehlých obcích.....	23
Tabulka 3 Varianty pro metodu váženého součtu.....	37
Tabulka 4 Varianty pro výpočet metody váženého součtu.....	38
Tabulka 5 Váhy kritérií.....	38
Tabulka 6 Řešení příkladu - 1. krok.....	39
Tabulka 7 Řešení příkladu - 2. krok.....	39
Tabulka 8 Řešení příkladu - 3. krok.....	40
Tabulka 9 Řešení příkladu - 4. krok.....	40
Tabulka 10 Řešení příkladu - 5. krok.....	40
Tabulka 11 Floydův algoritmus .....	51
Tabulka 12 Matice přímých vzdáleností.....	68
Tabulka 13 Počet nádob na stanovištích.....	68
Tabulka 14 Krok 1 Littlova algoritmu .....	72
Tabulka 15 Krok 2 Littlova algoritmu .....	73
Tabulka 16 Krok 2 Odečtení minim .....	73
Tabulka 17 Ohodnocení nul v matici.....	74
Tabulka 18 Nula s maximálním ohodnocení .....	75
Tabulka 19 Krok 7 Vyjmutí řádku a sloupce.....	76
Tabulka 20 Nalezení cesty.....	77
Tabulka 21 Vyhodnocení návrhu přidání nádoby.....	82
Tabulka 22 Vyhodnocení návrhu pro sběr textilu.....	82
Tabulka 23 Vyhodnocení návrhu pro sběr kovu .....	83
Tabulka 24 Vyhodnocení návrhu pro sběr bioodpadu .....	83
Tabulka 25 Vyhodnocení stavu podzemních kontejnerů.....	84
Tabulka 26 Vyhodnocení první trasy svozu .....	85
Tabulka 27 Vyhodnocení druhé trasy svozu.....	85
Tabulka 28 Vyhodnocení svozové trasy pro plast .....	85

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BRKO	Biologicky rozložitelný komunální odpad
č.	Číslo
E-graf	Eulerovský graf
E-tah	Eulerovský tah
HDPE	High density polyethylene (polyethylen s vysokou hustotou)
KO	Komunální odpad
Ks	Kusů
l	Litr
m	Metry
m <sup>3</sup>	Metr krychlový
mm	Milimetr
m.n.m.	Metrů nad mořem
MP3	Music Protocol 3
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
PET	Polyethylentereftalát
Sb.	Sbírký
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným
SW	Software (programové vybavení)
ŠJ	Školní jídelna
WSA	Weighted sum product (Metoda váženého součtu)

## ÚVOD

Třídění odpadu a také jeho eliminace je v současné době velký trend. Lidé ve městech a obcích se snaží o maximální třídění odpadu v domácnostech i v podnicích, z důvodu zlepšení životního prostředí. Ministerstvo životního prostředí a firmy, zabývající se životním prostředím, každý rok vypisují různé soutěže, které se týkají právě třídění odpadu, aby občanům jednotlivých měst ukázali, jak snadné je třídění a jaké výhody z toho plynou. I město Ždírec nad Doubravou, kterým se tato práce zabývá, se do těchto soutěží také zapojuje a snaží se o čistější a ekologičtější život ve městě.

V diplomové práci jsou popsány základní pojmy odpadového hospodářství, s popisy jednotlivých druhů odpadů, nacházející se na území města Ždírci nad Doubravou. V práci bude dále autorka analyzovat tříděný (separovaný) odpad a směsný domácí komunální odpad.

Po analyzování nejdůležitějších částí odpadového hospodářství ve Ždírci nad Doubravou autorka zhodnotí, zda stávající stav vyhovuje, nebo ne. Pokud stávající stav nebude podle autorky vyhovovat, navrhne vhodná opatření pro zlepšení stavu a navržená opatření v poslední části práce také zhodnotí.

**Cílem této práce je analýza odpadového hospodářství v daném městě, návrhy změn (návrh nové nádoby, umístění nádob, návrh svozových tras směsného a separovaného odpadu) a následné zhodnocení předložených návrhů.**

# 1 ANALÝZA ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ VE ŽDÍRCI N.D.

Nezbytnou součástí pro pochopení problematiky odpadového hospodářství je nutné znát právní předpisy a základní pojmy, které se vztahují k odpadovému hospodářství. V kapitole je dále zanalyzováno město Ždírec nad Doubravou a také firma AVE Vysočina, starající se o odpadové hospodářství na území města Ždírci. V poslední části kapitoly je uvedena analýza odpadového hospodářství ve Ždírci nad Doubravou. Práce je řešena k 1.1.2018

## 1.1 Právní předpisy a vymezení pojmů

Odpadové hospodářství je široký rozsah legislativních předpisů a pojmů (1), které jsou v této části vysvětleny.

### 1.1.1 Právní předpisy

Odpadové hospodářství je úzce spojeno se životním prostředím a existuje mnoho zákonů a předpisů, pro tyto oblasti (1). Zákony a vyhlášky jsou seřazeny v této podkapitole podle využitelnosti.

- Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů

Nejdůležitější zákon v odpadovém hospodářství. Obsahuje zařazení a hodnocení odpadů. Povinnosti při nakládání s odpady, zpětné odběry a také podmínky pro jednotlivé plány odpadového hospodářství.

- Vyhláška č. 93/2016 Sb., katalog odpadů (dříve vyhláška č.381/2001Sb.)

Vyhláška obsahuje skupiny katalogů odpadů, zařazení odpadů do katalogů a také jejich odstranění.

- Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady

Informace se vyhláše se týkají požadavků na provoz zařízení vhodný ke sběru a uložení odpadu, technické požadavky na tyto zařízení a také evidence odpadů.

- Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech

Podmínky k obalům, které jsou znovu použitelné, vratné obaly, podmínky pro obaly uváděné na trh, označování obalů. Tento zákon je v účinnosti, avšak existuje již zákon č. 147/2017 Sb. o obalech a o změně některých dalších předpisů (mění zákon č. 477/2001 Sb.).

- Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadu na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změna vyhlášky 383/2001 Sb.

Vyhláška obsahuje podmínky související s uložením odpadu na skládky a požadavky na jednotlivé druhy odpadu v souvislosti s uložením tohoto odpadu na skládky. Ve vyhlášce jsou uvedeny také technické normy pro provádění zkoušek odpadu.

- Vyhláška č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb. a vyhlášky č.383/2001 Sb.

Vyhláška uvádí katalog biologicky rozložitelných odpadů a technologické podmínky pro zpracování bioodpadu

- Vyhláška č. 94/2016 Sb., hodnocení nebezpečných vlastností odpadů č. 376/2001

Nebezpečné vlastnosti odpadů a jejich hodnocení, definice nebezpečných vlastností, obsah osvědčení.

- Vyhláška č. 374/2008 Sb., o přepravě odpadů

Správné označování vozidel přepravujících odpad, vyvážení odpadu mimo Českou republiku, přeprava odpadu do České republiky k dalšímu využití.

- Vyhláška č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší (dříve vyhláška č.354/2002 Sb.)

Přípustné úrovně pro znečištění a znečišťování a jejich posuzování. Programy pro zvyšování kvality života z hlediska ovzduší. Přestupky a nápravy při znečištění ovzduší. (2)

### **1.1.2 Základní pojmy**

Základní pojmy jsou obsaženy v zákoně č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů (3). Z tohoto zákona byly základní pojmy čerpány. Pro diplomovou práci autorka vybrala jen základní pojmy, týkající se dané problematiky řešené v diplomové práci. Pojmy jsou seřazeny dle abecedy.

## **BRKO**

BRKO neboli biologicky rozložitelný komunální odpad, jsou odpady, které jsou pomocí anaerobního nebo aerobního rozkladu rozloženy. Do biologického odpadu patří odpady z domácností, anebo také odpad ze zahrad a zeleně vhodný ke kompostování.

## **Komunální odpad**

Komunálním odpadem se nazývá odpad, který vzniká při činnosti fyzických osob na území příslušné obce. Komunální odpad je zařazen do katalogu odpadů. Katalog odpadů vydává Ministerstvo životního prostředí.

Komunální odpad je v katalogu odpadů (4) rozdělen do tří kategorií:

### 1) Složky z odděleného sběru (tříděný odpad)

V této kategorii se nacházejí odpady, které jsou tříděné. Patří sem například papír, sklo, biologicky rozložitelný odpad, oděvy, textilní materiály, dřevo nebo kovy.

### 2) Odpad ze zahrad a parků (včetně hřbitovního odpadu)

Zde můžeme najít biologicky rozložitelný odpad, zeminu nebo také kameny.

### 3) Ostatní komunální odpad

V této skupině se nacházejí odpady typu uliční smetky, kal ze septiků, objemný odpad, anebo také směsný komunální odpad.

## **Nakládání s odpady**

Všechny úkony spojené s odpady. Převážně, doprava, výkup, úprava, využití, shromažďování, sběr, skladování a také odstranění odpadů.

## **Odpadové hospodářství**

Odpadové hospodářství je činnost, která se zabývá předcházením vzniku odpadů, nakládání s odpady a následnou péčí o místo, kde jsou odpady uloženy.

## **Plán odpadového hospodářství**

Plán odpadového hospodářství se zpracovává pro jednotlivé obce na území České republiky, většinou na období deseti let. Plán obsahuje základní údaje o městě, identifikaci zpracovatele, analýzu odpadového hospodářství a cíle odpadového hospodářství pro dané město. Cíle vytyčené v plánu, by měly být splněny za období, pro které je plán vytvořen.



## **Skládka odpadů**

Skládka je technické zařízení, které slouží k odstraňování odpadů, uložením na zemi nebo do země.

## **Tříděný sběr**

Odpady jsou rozděleny podle charakteru, druhu a kategorie, pro lepší zpracování (zpětný odběr a recyklace).

V celé diplomové práci autorka používá výraz nádoba pro určení sběrné nádoby, respektive sběrného kontejneru.

### ***1.1.3 Druhy odpadu a jejich charakteristika***

V této části jsou vybrány a popsány druhy odpadu, nacházející se v posuzovaném městě, se kterými je dále nakládáno. Druhy odpadů jsou seřazeny podle množství tříděného odpadu občany města.

Pro každý druh odpadu autorka uvádí (5) barvu nádoby a také druhy odpadu, které do určené nádoby patří, či nikoliv.

## **Směsný komunální odpad**

Barva nádoby: černá.

Směsný komunální odpad se ukládá do nádob dvojího typu. Prvním typem nádob jsou odpadkové koše, rozmístěné po celém městě. Druhý typ nádob, do kterých můžeme ukládat směsný komunální odpad, jsou popelnice u každého domu a také volně stojící nádoby na sběrných stanovištích.

## **Plast**

Barva nádoby: žlutá.

Do nádob na plasty je vhodné dát PET lahve od nápojů, sáčky, folie, polystyrén a kelímky. Nepatří sem ale obaly od nebezpečných látek, jako jsou motorové oleje a barvy. Dále sem také nepatří CD (compact disk) disky, guma nebo také pryžové výrobky.

## **Papír**

Barva nádoby: modrá.

Do nádob na papír patří noviny, časopisy, letáky, knihy a sešity, lepenka, karton, papírové obaly a kancelářský papír. Nelze do těchto nádob dávat mokrý nebo znečištěný papír, voskovaný papír, použité lepenky nebo například hygienické potřeby.

## **Biologické odpady rostlinného původu**

Barva nádob: hnědá.

Při použití nádob na bioodpad, se může do těchto nádob vložit listí, tráva, čajové sáčky, skořápky, zbytky ovoce a zeleniny. Nelze ale vkládat maso, kosti, tuky, mastné potraviny nebo uhynulá zvířata.

## **Sklo**

Barva nádoby: zelená/bílá.

Lahve od nápojů, skleněné nádoby a tabulové sklo jsou předměty, které lze vložit do nádob na sklo. Rozhodně do těchto nádob nepatří keramika, porcelán, autosklo nebo zrcadla. U nádob na sklo bychom měli rozlišovat barevné a čiré sklo. Barevné sklo patří do zelené nádoby a čiré sklo do bílé sběrné nádoby.

## **Textilní odpad**

Barva nádoby: oranžová.

Textilní nádoby jsou určeny na oděvy, hračky, příkrývky nebo obuv.

## **Biologické odpady živočišného a rostlinného původu – jedlé tuky a oleje**

Barva nádoby: modrá.

Využití těchto nádob je pro sběr olejů a tuků z domácností.

## **Nápojové kartony**

Barva nádoby: oranžová

Do nádob na nápojové kartony, patří krabice od džusů, mléčných výrobků nebo krabice od vín. Krabice před vhozením je třeba stlačit. Nepatří sem ale například měkké sáčky od kávy nebo zbytky nápojů a potravin.

## **Elektroodpad**

Barva nádoby: červená.

Televize, rádia, ledničky, pračky, fotoaparáty nebo telefony patří do elektroodpadu. Nepatří však sem elektrozařízení v demontovatelném stavu.

## **Kovový odpad**

Barva nádoby: šedá.

Nádoby na sběr kovu mohou obsahovat železný šrot, hliníkové předměty, barevné kovy, hrnce, plechovky a další. (5)

## **Objemný odpad**

Objemný odpad je takový odpad, který se svými rozměry nevejde do klasických nádob. Takovýto objemný odpad lze ukládat na sběrný dvůr nebo do velkoobjemových kontejnerů.

## **Kompostování**

Barva nádoby: zelená.

Kompostéry jsou uloženy u jednotlivých občanů na jejich zahradách. Do kompostérů patří ovocné a zeleninové odpady, kávové zbytky, lepenka, mléčné produkty, skořápky (6). Do kompostérů není vhodné dávat kosti, chemicky ošetřené materiály, popel z uhlí, časopisy nebo také kameny.

## **Stavební a demoliční odpad**

Mezi stavební a demoliční odpad patří beton, kovy, cihly, keramické tašky, asfaltové směsi a další materiály, nepotřebné při stavbě a demolici. Stavební s demoliční odpad je možné ukládat na předem stanovenou skládkou určenou městským úřadem.

## **Nebezpečné složky komunálního odpadu**

Nebezpečný odpad je odpad, který svým množstvím, koncentrací nebo fyzikálními vlastnostmi může přispět k vážnému onemocnění nebo dokonce k úmrtí obyvatelstva (7). Mezi tyto nebezpečné odpady můžeme zařadit hořlaviny, chemické látky nebo také radioaktivní látky. Nebezpečné složky lze ukládat na sběrný dvůr.

## **1.2 Analýza vybraného města**

Ždírec nad Doubravou se nachází na Vysočině, při horním toku řeky Doubravy. Město leží v nadmořské výšce 555 m. n. m. Ve Ždírci žije 2276 obyvatel. Spolu s okolními obcemi je dohromady 3124 obyvatel (8). Z hlediska sběru odpadu a kladení velkého důrazu na životní prostředí, je toto město významné, neboť se zapojuje do mnoha soutěží, které se týkají třídění odpadu a ve své kategorii od 2001 do 10 000 obyvatel, zaujímá vždy vítězné pozice. Okolo Ždírci nad Doubravou se nacházejí její místní části (9) a to Kohoutov, Stružinec, Nové Ransko, Horní Studenec, Nový Studenec, Údavy a Benátky, kteří spadají do odpadového hospodářství města.

Opadové hospodářství ve Ždírci je řízeno vyhláškami města č. 1/2016, o stanovení systému shromažďování, sběru, přepravy, třídění, využívání a odstraňování komunálních odpadů a nakládání se stavebním odpadem na území města Ždírec nad Doubravou (10) a obecně závaznou vyhláškou č. 2/2016, o místním poplatku za provoz systému shromažďování, sběru, přepravy, třídění, využívání a odstraňování komunálních odpadů.

Občané města jsou o sběru a třídění odpadu informováni (11) jednak prostřednictvím místního rozhlasu, tak i prostřednictvím ždíreckého měsíčníku s názvem „Naše Noviny“, internetových stránek města nebo také za pomoci zpráv prostřednictvím telefonních mobilů.

### ***1.2.1 Zaměstnanci města Ždírci n. D.***

Z hlediska organizačního řízení, odpadové hospodářství mají na starost dva pracovníci městského úřadu (11). Tyto dva pracovníci zajišťují technickou a ekonomickou stránku systému. Systém odpadového hospodářství spadá do působnosti místostarosty města Ždírci nad Doubravou, Ing. Bohumíra Nikla. Při odstraňování odpadů (převážně bioodpad) doplňkově pomáhají Služby města Ždírec nad Doubravou.

### ***1.2.2 Analýza vozového parku města Ždírci n. D.***

Služby města Ždírec nad Doubravou využívají pro svoz odpadu (8) nákladní automobil Bonetti FX 100 ES 4x4 s univerzálním nosičem a také s hydraulickým ramenem pro nakládání sběrných nádob. Vozidlo je staré 4 roky a slouží pro svoz bioodpadu ze sběrných stanovišť. Tento automobil z hlediska analýzy vyhovuje.

### **1.3 Společnost AVE CZ, Odpadové hospodářství s.r.o.**

Nakládání s odpady pro město Ždírec nad Doubravou, zajišťuje firma AVE Vysočina s.r.o. (dále v textu jako AVE), (12) provozovna firmy AVE CZ, Odpadové hospodářství s.r.o. pro kraj Vysočina.

#### ***1.3.1 Zaměstnanci společnosti AVE***

Provozovna AVE Vysočina nyní zaměstnává okolo 100 lidí. Pracovníky můžeme rozdělit (13) podle pracovních pozic na ekonomický a provozní úsek.

Do ekonomického úseku spadají lidé na pracovních pozicích, jako například fakturantka, jednatel, účetní, referentka evidence odpadů, vedoucí logistiky nebo také například poradce pro ekologii a další. V ekonomickém úseku pracuje okolo 20 zaměstnanců. Převážná většina zaměstnanců pracuje na provozním úseku.

V provozním úseku se můžeme setkat se zaměstnanci na pozicích dělník zpracování odpadu, dělník třídění odpadu, strojníci, vedoucí třídící linky, manipulační dělník, obsluha úložiště stavební suti nebo také obsluha sběrného dvora (13). Největší počet zaměstnanců zastává pozice řidičů (23 pracovních pozic) a závozníků (23 pracovních pozic).

Pro Ždírec nad Doubravou sváží odpad 1 řidič a 1-2 závozníci. Odpad se sváží každou středu v měsíci od 5:00 do 9:00.

#### ***1.3.2 Analýza vozového parku***

Svoz odpadu firmou AVE probíhá za pomoci vozového parku (13), vlastněnou firmou AVE. Vozy autorka analyzovala podle využití vozů, stáří vozu, objemu nástavby, případně zda mají funkci stlačení, či nikoliv. Další vlastností uvedenou v analýze je doba nakládacího cyklu/ doba zdvihu kontejneru. Poslední charakteristika vozidla je z hlediska posádky vozu.

Pro svoz odpadu ve městě jsou využity tyto vozy:

- MAN TGS 26.360 s nástavbou ZOELLER Medium XL

Tento vůz slouží pro svoz směsného komunálního odpadu ve městě. Stáří tohoto vozu je 7 let. Objem nástavby je 25 m<sup>3</sup>. Stlačení odpadu lisovacím mechanismem je v poměru 1:6. (14) Doba nakládacího cyklu 17-21 sekund. Tento vůz z hlediska svozu vyhovuje.

- Mercedes – Benz 963-0 KIRCHHOFF ECOTEC

Využití vozu při svozu separovaného (tříděného) odpadu. Stáří vozu jsou tři roky. Objem nástavby je 10-14 m<sup>3</sup> (maximálně 15 tun nákladu). Lineární stlačení odpadu je v poměru 1:6. Doba nakládacího cyklu 17-20 sekund. Tento vůz z hlediska svozu vyhovuje.

- MAN TGL 12.220

Tento malý kontejnerový nosič, je využíván při obsluze podzemních kontejnerů a sběrného dvora. Stáří vozu je 7 let. Vůz je pouze nosič, nemá tedy systém stlačování, ani objem nástavby. Doba zdvihu kontejneru je do 30 sekund. Vůz MAN vyhovuje pro svoz odpadu.

- IVECO ML120EL22

Posledním typem vozu využívaného pro odpadové hospodářství ve Ždírci nad Doubravou je vůz IVECO. Tento vůz je skříňového typu s hydraulickým ramenem a je určen pro ranní svoz a také pro obsluhu sběrného dvora. Stáří vozu je 5 let. Systém stlačování tento vůz nemá. Nosnost skříňe je 5 tun. Vůz je skříňový, nemá tedy cyklus nakládání, ani dobu zdvihu. Vůz IVECO také vyhovuje.

Z analýzy svozových vozidel autorka zjistila, že tyto vozidla pro svoz odpadu vyhovují a není potřeba obměna vozového parku.

## **1.4 Analýza separovaného (tříděného) odpadu na veřejném prostranství**

Stanoviště pro sběrné nádoby, druhy nádob a jejich správné používání jsou popsány v této kapitole. Nakládání s odpady ve Ždírci nad Doubravou najdeme ve vyhlášce města č. 1/2016 (10). V příloze A jsou znázorněna jednotlivá stanoviště a druhy nádob nacházející se na daném stanovišti.

### **1.4.1 Stanoviště nádob na separovaný odpad**

Ve Ždírci nad Doubravou a v přilehlých obcích se nachází 36 míst stanovených městem, pro uložení separovaného odpadu. Tato místa jsou zveřejněna ve vyhlášce města č. 1/2016. V Tabulce 1 jsou zobrazena stanoviště podle umístění ve Ždírci nad Doubravou. Tabulka 2 obsahuje stanoviště místních částí (okolních obcí).

Tabulka 1 Stanoviště sběrných nádob ve Ždírci nad Doubravou

Stanoviště č.	Umístění	Stanoviště č.	Umístění
1	Družstevní 304	14	Na Kopaninách 426
2	Chrudimská, ŠJ	15	K Borovině
3	Chrudimská, Tipsport	16	U Kina
4	Spojovací 483	17	Na Balkáně 15
5	Příčná 387	18	Liběcká
6	Zahradní I, areál DIPP	19	Nádražní
7	Jižní-Nad řekou 626	32	5. května 317
8	Jižní 621	33	Zahradní II, servis TIR
9	Ve Vilkách 520	34	Sběrný dvůr
10	Ke Stadionu 152	35	Školní 94, SM
11	Lipová 145	36	Na rozcestí 87
12	Nad Řekou DPS 560		
13	Spojovací 404		

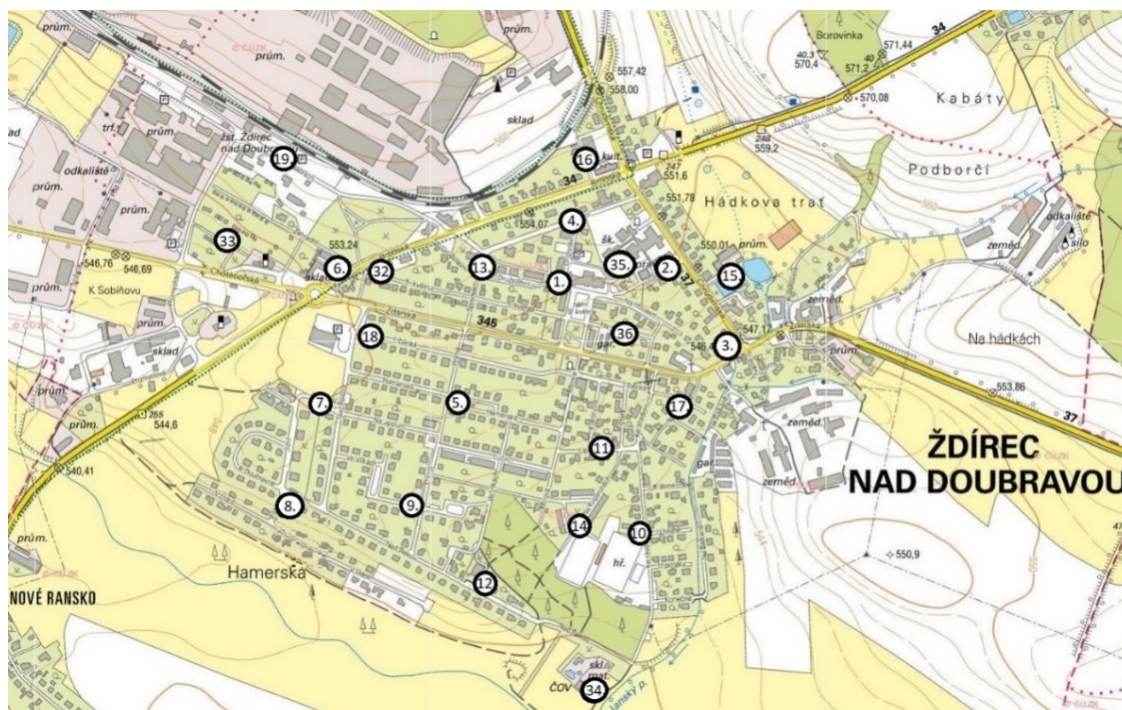
Zdroj: autorka s využitím (10)

Tabulka 2 Stanoviště pro separovaný odpad v přilehlých obcích

Stanoviště č.	Umístění
20	Nové Ransko
21	Kohoutov
22	Benátky, prodejna
23	Benátky, hostinec
24	Stružinec, náves
25	Stružinec, ČD
26	Údavy, náves
27	H. Studenec, hřbitov
28	H. Studenec, hostinec
29	H. Studenec, prodejna
30	N. Studenec, zastávka
31	Vyhnálov

Zdroj: autorka s využitím (10)

Přímo ve Ždírci je 24 míst pro uložení separovaného odpadu (Obrázek 1). Obrázek 1 je také uveden ve větším formátu v Příloze B. Čísla na obrázku znázorňují stanoviště pro sběr separovaného odpadu, uvedených v Tabulce 1.



Obrázek 1 Stanoviště sběrných nádob na separovaný odpad ve Ždírci

Zdroj: autorka s využitím (15)

Na těchto stanovištích, jsou usazeny nádoby podle druhů odpadu. Stanoviště Chrudimská ŠJ, obě ulice Spojovací a Sběrný dvůr patří k největším místům pro sběr odpadu. Do roku 2015 k těmto stanovištím patřila i Družstevní ulice, kde bývalo 16 nádob (stanoviště č. 1), avšak zde proběhla rekonstrukce sběrného místa a byly zde vybudovány podzemní kontejnery (Obrázek 3) z hlediska estetiky náměstí.

Tomuto místu se říká sběrné super hnízdo a první nádoby zde stály už v roce 1994 (8). Z hlediska estetiky a uceleného čistého náměstí, bylo vhodné řešení tyto podzemní kontejnery vybudovat.



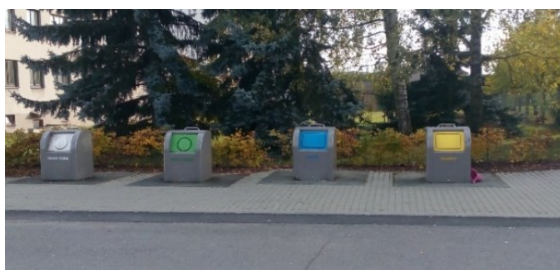
Obrázek 2 Ulice Družstevní před rekonstrukcí

Zdroj: (8)



Podzemní kontejnery můžeme charakterizovat jako jímku, která se z většiny nachází pod zemí. Na těchto jímkách se nachází betonová deska (16) a také nádoba, do které občané Ždírece mají možnost vhazovat právě určený odpad.

Namísto 16 sběrných nádob se zde vystavily 4 podzemní kontejnery, na papír, plast, barevné sklo a bílé sklo. Podzemní kontejner na plast má obsah pět kubíků. Na sklo je podzemní kontejner menší, obsahem tří kubíků. Dané objemy podzemních kontejnerů pro toto sběrné místo stačí, není žádný problém s přeplněností kontejnerů, případně s pohazováním odpadu okolo těchto míst.



Obrázek 3 Ulice Družstevní po rekonstrukci

Zdroj: foto autorka

S ohledem na dobré zkušenosti občanů města s těmito podzemními kontejnery a také na estetiku, autorka v návrhové části navrhuje tyto podzemní kontejnery i na další sběrné místo ve městě. Podle analýzy stanovišť ve městě, budou další podzemní kontejnery navrhovány v ulici Spojovací, kde se nyní nachází 15 nádob na tříděný odpad. Tento návrh je znázorněn v kapitole 2.3.

#### ***1.4.2 Sběrné nádoby a jejich umístění***

Občané města Ždírec nad Doubravou mohou mimo směsného komunálního odpadu využívat také separovaný (tříděný) odpad. Pro uložení odpadu jsou ve městě využity nádoby o různých objemech (8; 11). Od nádoby, od nejmenšího objemu 120 l na kuchyňské oleje (Obrázek 11) až po nádoby o objemu 5000 l (Obrázek 3), které se využívají na papír a plast.

Město využívá různé druhy nádob na odpad podle výrobců. Na plast, papír, bioodpad a na kovy, se využívají nádoby od firmy SULO. Tyto nádoby o objemu 1100 l jsou vyrobeny z plastu. Mají horní výsyp a víko pro vhoz odpadu je zabudované ve víku nádoby. Od firmy SULO, využívají také plastový kontejner o objemu 120 l využívaný pro potravinové tuky.

Nádoby na textil a nápojové kartony jsou zakoupeny od firmy MEVA. Nádoby na textil jsou o objemu 2500 l. Sběrné nádoby na nápojové kartony jsou o objemu 1100 l. Tyto nádoby jsou vyrobeny z kovu.

Pro sběr bílého a barevného skla se využívají sběrné nádoby typu zvon, zakoupené od firmy Reflex. Tyto nádoby mají objem 1100 l.

Mezi další typy nádob využívaných ve Žďirci nad Doubravou patří nádoby od firmy Asekol. Tato firma se zabývá sběrem elektroodpadu a distribuují nádoby do jednotlivých měst. Tyto nádoby mají objem 2500 l.

Posledním druhem nádob na odpad, který se nachází ve Žďirci, jsou podzemní nádoby. Tyto nádoby se ve Žďirci nacházejí na plast, papír a sklo. Nádoby na plast a papír mají objem 5 000 l a nádoby na sklo (barevné i čiré) mají objem 3 000 l.

Nejvíce využívanou nádobou pro separovaný odpad je nádoba o objemu 1100 l. Tyto nádoby jsou zakoupeny od firmy SULO (17). Na Obrázku 4 jsou uvedeny rozměry a hmotnosti nádoby. Rozměry nádoby jsou 1370 × 1460 × 1060 mm. Jsou vyrobeny z polyethylenu s vysokou hustotou (HDPE). Výhodou u těchto sběrných nádob jsou vysoká životnost a snadná údržba.



Obrázek 4 Nádoba SULO

Zdroj: (17)

Ve Žďirci můžeme tedy najít sběrné nádoby pro plast, papír, sklo, ale také i pro textil, kovy, elektrozařízení nebo bioodpad pro živočišné i rostlinné tuky (10). Všechny druhy odpadu jsou specifické svými barvami nádob, pro snadné zapamatování občanů. V textu jsou dále uvedeny druhy odpadu seřazené podle využití, velikosti jejich nádob a pomocí map znázorněná stanoviště, kde můžeme tyto druhy najít.

## Plast

Pro sběr plastu jsou ve městě (Obrázek 5) zpřístupněny nádoby o objemech 1100 l značky MEVA a SULO a podzemní nádoba o objemu 5000 l. V celém městě je rozmístěno 29 nádob na 18 stanovištích a v okolních obcích dalších 16 nádob (10). Nádoby na plast se vyváží každé sudé pondělí v měsíci. Rozmístění a počet nádob plně vyhovuje množství uloženého odpadu do těchto nádob a dostupné vzdálenosti pro občany.

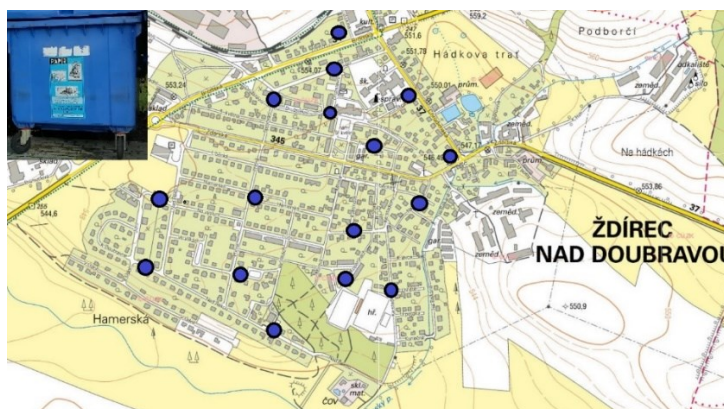


Obrázek 5 Stanoviště pro sběr plastu

Zdroj: autorka s využitím (15)

## Papír

Nádoby na papír, podobně jako na plasty, se dělí na nádoby o objemu 1100 l a 5000 l. Nádoby stojí na 17 stanovištích a jejich počet je 24. Dohromady s okolními obcemi čítají nádoby 34 kusů (10). Na Obrázku 6 jsou znázorněna stanoviště, na kterých se nachází nádoby na papír. Nádoby na papír se vyváží každé liché pondělí v měsíci. Jak je vidět z Obrázku 6, nádoby jsou rovnoměrně rozmístěné po celém městě a není nutné tedy navrhovat nová stanoviště. Objemy nádob na plast také vyhovují.



Obrázek 6 Stanoviště pro sběr papíru

Zdroj: autorka s využitím (15)

## Sklo

Nádoby na sklo se dělí na nádoby pro sklo barevné a čiré. Pro barevné i čiré sklo se ve Ždírci využívají 3 druhy nádob o různých objemech (1100 l, 1300 l a 3000 l). Nádoby na sklo barevné i čiré stojí na 15 stanovištích (Obrázek 7). Na těchto 15 stanovištích je 17 nádob na čiré sklo a 14 nádob na barevné sklo (10). Mimo Ždírec se v okolních obcích nachází dalších 10 nádob na čiré sklo a 10 na barevné sklo. Nádoby na sklo barevné i čiré se vyváží jednou za měsíc, a to první lichý týden. Rozmístění nádob je rovnoměrné a není důvod ke změně.



Obrázek 7 Stanoviště pro sběr skla

Zdroj: autorka s využitím (15)

## Biologicky rozložitelné odpady

V dubnu 2009 se ve městě uskutečnil první svoz bioodpadu. Pro sběr bioodpadu jsou ve Ždírci rozmístěny nádoby o objemu 1100 l na 19 stanovištích. V okolních obcích se dále nachází dalších 6 nádob na bioodpad (celkem 56 ks) (10). Dalších 200 ždíreckých domácností využívá nádoby umístěné na svých zahradách. Velké nádoby stojící na stanovištích sváží město Ždírec pomocí nákladního automobilu Bonetti FX 100 ES, a to jednou týdně v období od dubna do října. V listopadu se tyto nádoby uklízí a na jaře se znovu staví na sběrná stanoviště. Bioodpad vyváží do bioplynové stanice Zemědělské a.s. Krucemburk ve Ždírci nad Doubravou. Malé nádoby, které mají občané na svých zahradách, vyváží firma AVE a sváží bioodpad do jejich bioplynové stanice (18). Na Obrázku 8 je řešen pouze bioodpad na veřejných stanovištích pro třídění odpadu.





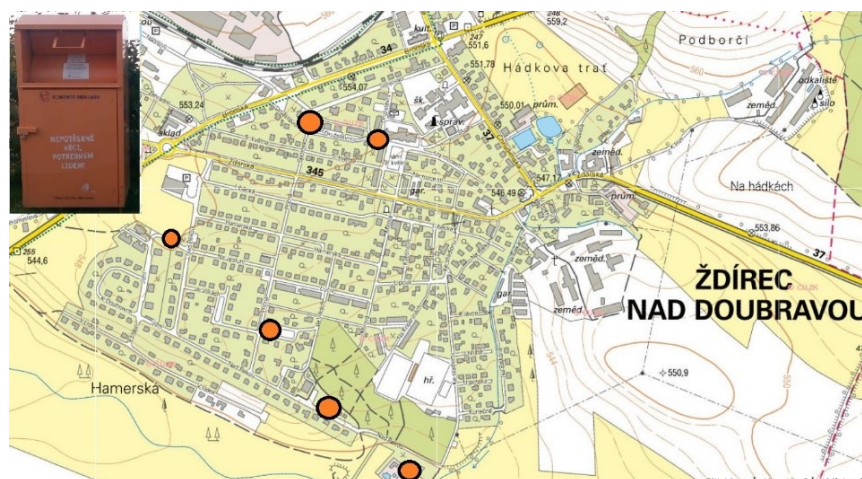
Obrázek 8 Stanoviště pro sběr bioodpadu

Zdroj: autorka s využitím (15)

V ulici Příčná (stanoviště č. 5) dochází k přeplnění nádob pro sběr bioodpadů. Tento problém bude řešen v kapitole 2.2 Návrh řešení stanovišť.

## Textil

Nádoby na textil se využívají pro sběr oblečení, hraček, textilu a dalšího textilního oblečení. Oblečení, které se nahromadí ve sběrných nádobách, je poté odvezeno do Diakonie Broumov. Město má rozmístěno na 6 staveništích 6 sběrných nádob o objemu 2500 l (10). Na sběrném dvoře najdeme dalších 5 nádob na textil, které se ale nedováží do Diakonie Broumov. Jedna nádoba se také nachází ve vedlejší obci Horní Studenec. Z Obrázku 9 je vidět, že na jihovýchodě města není umístěna žádná nádoba na textil. V kapitole návrhu 2.2 bude znázorněno možné místo pro další umístění nádoby, nebo lepší rozmístění stálých nádob.

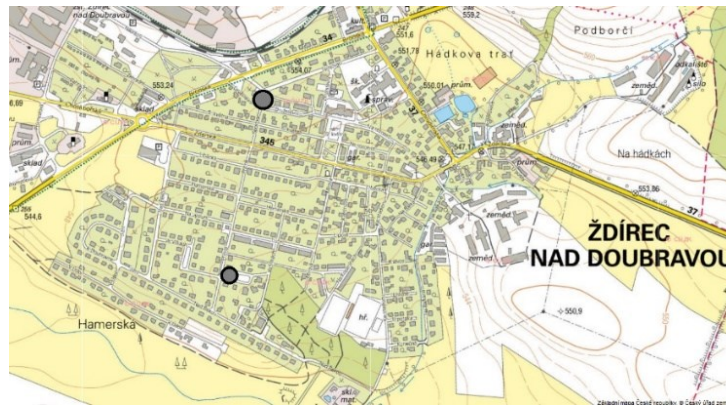


Obrázek 9 Stanoviště pro sběr textilu

Zdroj: autorka s využitím (15)

## Kovy

Pro bezpečnou likvidaci kovů se ve Ždírci nacházejí dvě nádoby na dvou staveništích a dvě nádoby se nachází v Horním Studenci a na Novém Ransku (10). Kovy můžeme také odkládat na sběrný dvůr. Jak je z Obrázku 10 vidět, dvě stanoviště nepokryjí celou plochu města Ždírec. V kapitole 2.2, bude navrženo lepší umístění nádob pro docházkovou vzdálenost všech obyvatel města.

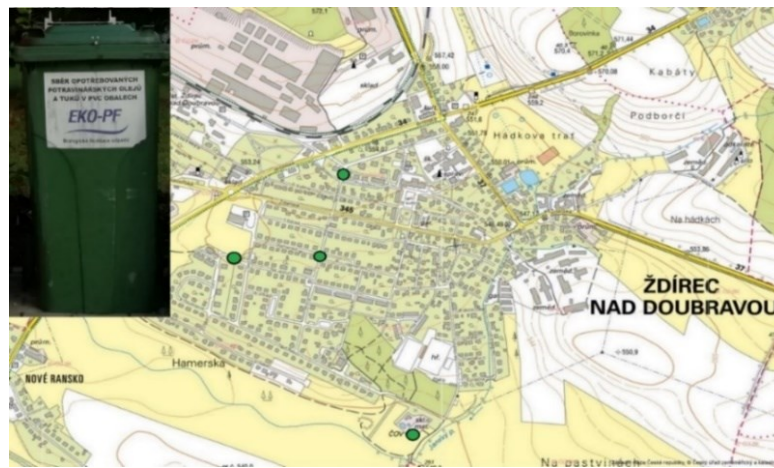


Obrázek 10 Stanoviště pro sběr kovů

Zdroj: autorka s využitím (15)

## Bio – tuky živočišného a rostlinného původu

Oleje a tuky lze likvidovat pomocí nádob na tuky živočišného a rostlinného původu. Tyto nádoby mají objem 240 l a likviduje je firma EKO-PF. Ve Ždírci momentálně najdeme 4 stanoviště (zobrazeno na Obrázku 11) se 4 nádobami na likvidaci olejů a tuků (10). Nádoby na bioodpad se vyváží jednou týdně. Z hlediska správného rozmístění nádob, jsou tyto nádoby dobře rozmístěny, avšak opět jihovýchodní strana je nevyužita. V kapitole 2.2 je uvedeno umístění nové nádoby pro jihovýchodní stranu.



Obrázek 11 Stanoviště pro sběr bioodpadu – tuky

Zdroj: autorka s využitím (15)

## Domovní odpad

Nádoby na domovní odpad (nebo též směsný komunální odpad) jsou velké o objemu 1100 l a nachází se na 5 stanovištích ve Ždírci (10). Pět stanovišť mají také v okolních obcích, a to dvě ve Stružinci a tři v Horním Studenci. Umístění nádob je zobrazeno na Obrázku 12. Toto umístění je velice vhodné, z hlediska nadměrného odpadu. Další rozmístění v případě nádob na směsný komunální odpad autorka nezohledňovala.



Obrázek 12 Stanoviště pro sběr směsného odpadu

Zdroj: autorka s využitím (15)

## Elektroodpad

Občané mají ve městě tu možnost odkládat již nepoužitelné elektrospotřebiče na sběrný dvůr, který se nachází bezprostředně za městem. Tím je umožněno elektrospotřebiče ekologicky zlikvidovat. Od roku 2008 mají občané další možnost, jak bezpečně uložit již nepotřebné elektrozařízení, a to pomocí E-boxů (Elektro boxů). Tento box slouží pro menší typy elektrozařízení, jako jsou například mobilní telefon, počítačové vybavení nebo také MP3 přehrávač. E-box se nachází v areálu městské úřadu města (8). Tuto službu zajišťuje firma ASEKOL, která zdarma zajišťuje odvoz a následnou likvidaci.

Nádoby na sběr drobného elektrozařízení můžeme najít v ulici Příčná (Obrázek 13). Rozmístění nádob na použité elektrozařízení je vhodné, vzhledem k občanům. Elektrozařízení se netřídí tak často, jak plast nebo papír, a tak z tohoto hlediska je počet i umístění nádob vhodné.

V roce 2010 přibyl na sběrný dvůr E-domek (Elektro domek) (19). E-domek má také funkci odběru nepotřebného elektrozařízení. Jeho konstrukce je tvořena dvoudílnými posuvnými vraty a ocelovým přístřeškem. E-domek je uzamykatelný.





Obrázek 13 Stanoviště pro sběr elektroodpadu

Zdroj: autorka s využitím (15)

## Nápojové kartony

Ve Ždírci nad Doubravou se nacházejí také sběrné nádoby na třídění nápojových kartonů. Tyto nádoby můžeme najít na stanovišti Příčná, Chrudimská, Tipsport nebo na stanovišti Jižní-Nad Řekou. Tyto nádoby jsou však v dezolátním stavu. Obnovu kontejnerů autorka řešila v kapitole 2, podkapitole 2.1 Obnova sběrných nádob, kde je řešena obnova sběrných nádob pomocí Metody váženého součtu.

### 1.4.3 Místa uložení odpadu

Při sběru separovaného odpadu, město a společnost AVE využívají tři zařízení, která se nacházejí na okrajích města Ždírec nad Doubravou.

První je sběrný dvůr, který slouží i jako kompostárna (11). Sběrný dvůr je zařízení pro sběr a výkup. Jeho provozovatelem je AVE Vysočina s.r.o. Tento sběrný dvůr můžeme najít v ulici ke Stadionu ve Ždírci nad Doubravou. Sběrný dvůr odebírá nejen biologický odpad, ale také kovy, nebezpečný odpad, pneumatiky, nebo také papír, plast a sklo. Odebírá také elektrozařízení a baterie. Na tomto místě najdeme také výkupnu druhotných surovin. Provozní doba sběrného dvora se liší podle období. Od dubna do října je provozní doba, pondělí, středa, pátek od 13:00 do 17:00 a sobota od 8:00 do 11:00. (8) V období od listopadu do března je provozní doba pondělí, středa, pátek od 13:00 do 16:00 a soboty od 8:00 do 11:00. Zodpovědné osoby za sběrný dvůr jsou Pavel Vosecký a František Suchý.

Otevírací doba sběrného dvora je přijatelná. Autorka neřešila změnu otevírací doby, z důvodu spokojenosti obyvatel s touto otevírací dobou.



Pro uložení bioodpadu se ve Žďírce v ulici K Hati, nachází zemědělská bioplynová stanice (11). Jeho provozovatelem je Zemědělská a.s. Krucemburk. Provozní doba je stejná jako u sběrného dvora. Od dubna do října je v provozní doba pondělí, středa, pátek od 13:00-17:00 a od listopadu do října od 13:00-16:00. Soboty zůstávají ve všech měsících stejné od 8:00-11:00 hodin. Otevírací doba tohoto zařízení je vhodná, autorka neřešila změnu.

Poslední místo pro uložení odpadu se nachází na Novém Ransku v podniku Slévárna a modelárna Nové Ransko s.r.o. (11). Zde probíhá recyklace kovů. Ředitelem společnosti Slévárna a Modelárna Nové Ransko s.r.o. je Ing. František Kubát. Umístění všech těchto zařízení je zakresleno na Obrázku 14.

Další zařízení, využitá v odpadovém hospodářství města jsou umístěna mimo Žďirec nad Doubravou (11). Město a firma AVE zajišťující svoz odpadu mohou využít třídící linky na využívající odpady, nacházející se ve Žďáře nad Sázavou (vlastník AVE) a v Havlíčkově Brodě (vlastník HBH odpady s.r.o.). Zemědělskou bioplynovou stanici mají na území města, ale odpadová bioplynová stanice se nachází ve Žďáře nad Sázavou, vlastněná firmou AVE (11). Město nemá ani svoji skládku, a tak využívají skládku nacházející se v Ronově nad Doubravou (vlastník skládky město Přibyslav) a v Nasavrkách. Jako poslední zařízení, které je městu dostupné je ZEVO neboli zkratka pro zařízení na energetické využívání odpadu pro komunální odpad a toto zařízení provozuje firma SAKO Brno, umístěné ve městě Brno.



Obrázek 14 Nakládání s odpady

Zdroj: autorka s využitím (15)

## **1.5 Analýza sběru odpadu v domácnostech**

Odpadové hospodářství ve Ždírci nad Doubravou se netýká jen tříděného odpadu, ale také i směsného komunálního odpadu, kompostování a biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO). Nádoby na tyto druhy odpadu jsou vlastněny občany města, nebo městem, které tyto nádoby zdarma zapůjčuje.

### ***1.5.1 Směsný komunální odpad***

Při analýze sběru odpadu ve městě, nesmíme zapomenout také na směsný komunální odpad. Sběr odpadu tohoto materiálu se nachází nejen v jednotlivých domácnostech, ale s tímto sběrem odpadu se můžeme setkat i na veřejných prostranstvích ve formě odpadkových košů.

Domácí směsný komunální odpad je svážen firmou AVE. Sazba poplatku za svoz směsného komunálního odpadu je uvedena ve vyhlášce města č. 2/2016 a to i s náležitostmi, vztahující se k tomuto plnění.

Domácí směsný odpad občané ukládají do svých nádob (popelnic), které mají objem 240 litrů. Tyto nádoby jsou ve vlastnictví občanů. Svozy směsného komunálního odpadu ve Ždírci nad Doubravou probíhají každou středu v měsíci od října do dubna. V měsících od května do září probíhá svoz směsného komunálního odpadu každou lichou středu v měsíci. Svozy probíhají od páté do deváté hodiny ráno.

Firma AVE neposkytlá autorce plán svozu. Autorka navrhuje plán svozu pro směsný komunální odpad v kapitole 2.4.

### ***1.5.2 Biologicky rozložitelný komunální odpad***

Biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO) neboli bioodpad najdeme i v domácnostech občanů. Nádoby mají občané zdarma vypůjčené od města. Tyto nádoby jsou o objemu 240 litrů a označeny hnědou barvou pro sběr bioodpadu (6). K listopadu roku 2017 bylo městem zapůjčeno 195 kusů nádob.

Svoz tohoto odpadu provádí firma AVE a sváží odpad do bioplynové stanice, která se nachází ve Žďáře nad Sázavou (11) a provozovatelem této bioplynové stanice je firma AVE.

### ***1.5.3 Kompostování***

Kompostování funguje na stejném principu jako biologicky rozložitelný komunální odpad. Rozdíl oproti sběru bioodpadu je v tom, že odpad není skladován ve sběrné nádobě a následně odvážen, ale je uložen v kompostéru a následně využit občany na zahrádkách a záhonech.

Od roku 2017 mají občané města možnost, půjčit si zdarma kompostér. Město dostalo dotace na kompostéry z Operačního programu Životního prostředí (6). Pro zapůjčení má město 180 kompostérů o objemu 900 litrů.

Nádoba na kompost nemá dno a je vyrobena z recyklovaného plastu (6). Součástí nádoby jsou boční dvířka na vyjmutí kompostu a vrchní víko s otočným ventilem pro regulaci vzduchu v nádobě.

### ***1.5.4 Domácí nádoby na sběr separovaného odpadu – plast***

Od ledna roku 2018 mají obyvatelé města Ždírec nad Doubravou možnost využití nádob na separovaný odpad (plasty). Tyto nádoby město zapůjčuje obyvatelům zdarma (8). Město disponuje s osmi desítkami nádob pro možnost zapůjčení. Tyto nádoby jsou o objemu 240 litrů a město chce pomocí těchto nádob docílit většího třídění odpadu občany města Ždírec nad Doubravou.

Z hlediska třídění odpadu jsou tyto nádoby na domácí sběr vhodné. Občané ve městě jsou zvyklí třídit odpad a pokud budou mít možnost třídit odpad do nádob na svých zahradách, potom bude třídění více využíváno.

## 2 NÁVRHY ZMĚN V ODPADOVÉM HOSPODÁŘSTVÍ VE ŽDÍRCI N.D.

V této kapitole jsou nastíněny problémy, které se týkají sběrných nádob a stanovišť ve městě Ždírec nad Doubravou a návrhy těchto změn.

### 2.1 Obnova sběrných nádob pomocí multikriteriální analýzy

Nádoby na odpad, stejně jako ostatní věci denně využívané se časem opotřebují. Na Obrázku 15 jsou znázorněny dvě plechové nádoby v ulici Příčná. Tyto nádoby jsou využívány na sběr nápojových kartonů (objem 1100 l). Jak je vidět, nádoby vlivem opotřebení a vlivu povětrnostních podmínek jsou značně zrezlé, guma připevněná na poklopu nádoby pro správné přiléhání na spodní nádobu je otrhaná a otvor pro vhoz obalových materiálů je značně poničen.



Obrázek 15 Obnova sběrných nádob - ulice Příčná

Zdroj: foto autorka

Podobná situace se nachází v ulici Nádražní (Obrázek 16) před budovou nádraží ve Ždírci nad Doubravou. Také se jedná o nádobu na nápojové kartony o objemu 1100 l. Nádoba je značně stará s neestetickým vzhledem. Koroze je také značná.



Obrázek 16 Obnova sběrné nádoby - ulice Nádražní

Zdroj: foto autorka

Pokud jsou tyto tři nádoby stále využívány z hlediska odpadového hospodářství, je vhodné je vyměnit za nové. Pokud nejsou tyto nádoby využívány, je vhodné je z těchto stanovišť pro odpad vyřadit a odvézt. Autorka se dále v této kapitole zabývá obnovou sběrných nádob.

### Výběr nádoby pomocí Metody váženého součtu (Metoda WSA)

Pro výběr nové nádoby je zapotřebí znát specifikace jednotlivých nádob. Nádoby jsou rozdílné jak svými rozměry, objemy, ale i materiálem, ze kterého jsou vyrobeny. Hlavním rozdílem sběrných nádob je také pořizovací cena, která se podle výrobce (prodávajícího) mění. Najítí vhodné nádoby, je z těchto důvodů složité a zdlouhavé. Pro výběr vhodné nádoby autorka využila model multikriteriálního hodnocení variant, a to Metodu váženého součtu (WSA). Tato metoda (20) byla zvolena z důvodu využití více kritérií při hledání vhodné nádoby a ve výsledku tato metoda zobrazí pořadí jednotlivých variant.

### Metoda váženého součtu

V této metodě je uplatněn princip maximalizace užitku. Ze všech navržených variant, tato metoda vybere tu variantu, která bude nejlepší (20). Zjišťování varianty probíhá podle kritérií, které si autorka stanovila.

### Zadání

Pro najítí vhodné nádoby pomocí Metody váženého součtu si autorka vybrala 5 variant druhů nádob. Tyto nádoby jsou od výrobců Ekoplast (21), Sulo (22) a Meva (23). Všechny tyto nádoby mají stejný objem (1100 litrů) a také mají stejnou konstrukci nádoby. Společné je také horní plnění nádoby i horní výsyp. Liší se materiály, cenou, vlastní hmotností a nosností nádoby (Tabulka 3).

Tabulka 3 Varianty pro metodu váženého součtu

	Druh nádoby	Hmotnost (Kg)	Nosnost (Kg)	Cena (Kč)	Materiál	Objem (l)
1	EKOPLAST	65	510	7242	plast	1100
2	EKOPLAST	125	440	9075	zinkovaný	1100
3	SULO	62	440	5145	plast	1100
4	MEVA -1132-2	110-135	440	9377	zinkovaný	1100
5	MEVA 14-3/9	60	510	6990	plast	1100

Zdroj: autorka s využitím (22; 21; 23)

Pro řešení metody váženého součtu, autorka vybrala za kritéria hmotnost, nosnost a cenu vybraných nádob. V tabulce 4 je zobrazeno pět variant a tři kritéria, které jsou použity pro výpočet Metody váženého součtu.

Tabulka 4 Varianty pro výpočet metody váženého součtu

	Druh nádoby	Hmotnost (Kg)	Nosnost (Kg)	Cena (Kč)
1	EKOPLAST	65	510	7242
2	EKOPLAST	125	440	9075
3	SULO	62	440	5145
4	MEVA -1132	110-135	440	9377
5	MEVA 14-3/9	60	510	6990

Zdroj: autorka s využitím MS Excel

Určení vah jednotlivých kritérií je podle důležitosti jednotlivých kritérií. Součet všech vah se musí rovnat jedné (20). Váhy kritérií jsou znázorněny v tabulce 5. Váhy kritériím přidělila autorka podle důležitosti při výběru nové nádoby. Při výběru jsou nejdůležitější 2 kritéria. Prvním z nich je nákupní cena nádoby, která by měla být co nejmenší, v poměru s dobrou kvalitou výrobku, v tomto případě s velkou nosností. Nosnost je druhým kritériem, které je důležité, z hlediska velikosti nádoby pro sběr odpadu. Třetí a méně podstatným kritériem je hmotnost nádoby, neboť se s nádobou manipuluje, avšak dnes manipulace probíhá stroji, nebo nádoby obsahují pojízdné zařízení, tak toto kritérium není tak podstatné, v porovnání s ostatními kritérii.

Tabulka 5 Váhy kritérií

	Hmotnost (Kg)	Nosnost (Kg)	Cena (Kč)
Váhy	0,2	0,4	0,4

Zdroj: autorka s využitím MS Excel

### Postup výpočtu Metody váženého součtu:

1) Převedení minimalizačních kritérií na maximalizační.

Maximalizační kritéria zůstávají v nezměněné podobě. Minimalizační se převedou na maximalizační jako součty jednotlivých sloupců a odečtením příslušné buňky.

2) Výpočet ideální a bazální varianty

Ideální varianta je varianta, která dosahuje nejlepších hodnot. Výpočet spočívá ve vybrání maximálního čísla ve všech sloupcích kritérií (20).

Bazální varianta je varianta, která dosahuje nejhorších hodnot. Výpočet spočívá ve vybírání minimálního čísla ve všech sloupcích kritérií.

3) Transformace vstupních informací na normalizované hodnoty. Tato transformace je uvedena ve vzorci 1.

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j} \quad (1)$$

Kde

$r_{ij}$  Prvek z kritériální matice (normalizované) [-]

$y_{ij}$  Prvek z kritériální matice (původní) [-]

$D_j$  Bazální varianta kritéria [-]

$H_j$  Ideální varianta kritéria [-] (20)

4) Výpočet užitku

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j \cdot r_{ij} \quad (2)$$

Kde

$u(a_i)$  Užitek z varianty  $a_i$  [-]

$v_j$  Váha j-tého kritéria [-]

$r_{ij}$  Prvek kritériální matice (normalizované) (20) [-]

5) Součet kritérií u jednotlivých variant

6) Výběr maximální hodnoty z hodnot součtu. Maximální číslo znázorňuje vhodnou variantu.

## Řešení

1. Krok Převedení minimalizačních kritérií na maximalizační

Tabulka 6 Řešení příkladu - 1. krok

	Druh nádoby	Hmotnost (Kg)	Nosnost (Kg)	Cena (Kč)
1	EKOPLAST	60	510	2135
2	EKOPLAST	0	440	302
3	SULO	63	440	4232
4	MEVA -1132	15	440	0
5	MEVA 14-3/9	65	510	2387

min

max.

min

Zdroj: autorka s využitím MS Excel

2. Krok Výpočet ideální a bazální varianty

Tabulka 7 Řešení příkladu - 2. krok

Ideální varianta	65	510	4232
Bazální varianta	0	440	0

Zdroj: autorka s využitím MS Excel

3. Krok Transformace vstupních informací na normalizované hodnoty, vypočítána ze vzorce 1.

Tabulka 8 Řešení příkladu - 3. krok

	Druh nádoby	Hmotnost (Kg)	Nosnost (Kg)	Cena (Kč)
1	EKOPLAST	0,923076923	1	0,50449
2	EKOPLAST	0	0	0,071361
3	SULO	0,969230769	0	1
4	MEVA -1132	0,230769231	0	0
5	MEVA 14-3/9	1	1	0,564036

Zdroj: autorka s využitím MS Excel

4. Krok Výpočet užítku, vypočítán ze vzorce 2

Tabulka 9 Řešení příkladu - 4. krok

	Druh nádoby	Hmotnost(Kg)	Nosnost(Kg)	Cena(Kč)
1	EKOPLAST	0,184615385	0,4	0,201796
2	EKOPLAST	0	0	0,028544
3	SULO	0,193846154	0	0,4
4	MEVA -1132	0,046153846	0	0
5	MEVA 14-3/9	0,2	0,4	0,225614

Zdroj: autorka s využitím MS Excel

5. Krok Součet

Tabulka 10 Řešení příkladu - 5. krok

	Druh nádoby	Hmotnost(Kg)	Nosnost(Kg)	Cena(Kč)	Součet
1	EKOPLAST	0,184615385	0,4	0,201796	0,786411
2	EKOPLAST	0	0	0,028544	0,028544
3	SULO	0,193846154	0	0,4	0,593846
4	MEVA -1132	0,046153846	0	0	0,046154
5	MEVA 14-3/9	0,2	0,4	0,225614	<b>0,825614</b>

Zdroj: autorka s využitím MS Excel

Z tabulky 10 ze sloupce součet je maximální hodnota 0,825614. Tato hodnota patří variantě 5. Maximální číslo udává variantu, která je nejlepší. Podle metody WSA, je nevhodnější varianta MEVA 14-3/9, zobrazena na Obrázku 17.



Obrázek 17 Vítězný návrh nádoby

Zdroj: (23)



## **2.2 Návrh řešení stanovišť**

Rozmístění stanovišť pro uložení tříděného odpadu není u všech druhů rovnoměrné. Lepší rozmístění je vhodné navrhnout u nádob na textil, nádob na kovy a také u sběrných nádob na bioodpad živočišné a rostlinné tuky. U nádob na sběr bioodpadu autorka řeší nedostatečnou kapacitu nádob, v ulici Příčná.

### ***2.2.1 Návrh přidání nové nádoby na bioodpad na stálé stanoviště***

Návrh přidáním nové nádoby na stálé, již využívané stanoviště, zvýší kapacitu daného sběru odpadu a zároveň by tento návrh nezasahoval do změny plánu svozu.

V ulici Příčná, je umístěno stanoviště číslo 5, kde se nachází 2 nádoby na sběr bioodpadu. Při prohlídce tohoto místa v říjnu 2017 autorka zjistila, že tyto kontejnery však nevyhovují z hlediska kapacity. Při řešení toho problému je vhodné, umístit na toto stanoviště další kontejner na sběr bioodpadu. Navržená nádoba se na toto stanoviště z hlediska kapacity vejde. Stanoviště je umístěno na travnatém porostu, proto zvětšení plochy pro lepší manipulaci s nádobami je možné.

### ***2.2.2 Přidání nové nádoby na nové stanoviště***

V tomto návrhu autorka řeší nepříznivé rozmístění nádob ve městě Ždírec nad Doubravou. Řešené sběrné nádoby jsou hůře dosažitelné pro občany města. Pro tento problém, je navrženo přidání nových nádob na stanoviště, která jsou již využita ostatními druhy sběrných nádob, ale pro řešený odpad, se daná nádoba na tomto místě nevyskytuje.

Průměrná docházková vzdálenost občanů od místa bydliště ke sběrným nádobám je 106 metrů pro Českou republiku (24). Ždírec je však malé město, lidé jsou více ochotní třídít a docházet na jednotlivá stanoviště, a tak pro tento návrh autorka využívala docházkovou vzdálenost ke sběrným stanovištím 200 metrů. Na obrázcích 18, 20 a 22 je docházková vzdálenost zobrazena jako Izochrony. Izochrony jsou kružnice, které znázorňují stanovenou vzdálenost od daného místa (25). Na mapě autorka zakreslila Izochrony jako vzdálenosti okolo jednotlivých stanovišť pro sběr odpadu.

### Postup při návrhu řešení umístění nových nádob:

- 1) Autorka zakreslila do mapy (15) současné nádoby na jejich stanovištích (černé body).
- 2) Pro tyto stanoviště zakreslila Izochrony s docházkovou vzdáleností 200 metrů.
- 3) Byla vybrána ta část mapy, která byla nevyužita docházkovou vzdáleností ke stanovištím.
- 4) Na této nevyužité části mapy, autorka vyhledala stanoviště, která se tam nacházejí.
- 5) Na stanovišti, které bylo nejlépe umístěné, autorka navrhla novou sběrnou nádobu (červený bod).
- 6) Okolo červeného bodu zakreslila Izochory s docházkovou vzdáleností.
- 7) Pokud docházková vzdálenost u nové nádoby pokryla tu část mapy, která byla nevyužita, je umístění nové nádoby správné.

### Návrh řešení stanovišť pro sběr textilu

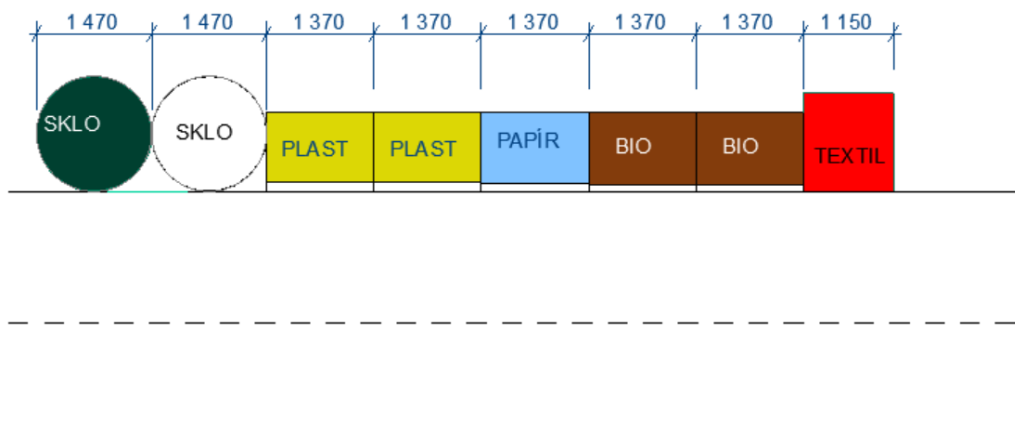
Na Obrázku 9, jsou zobrazena stanoviště pro uložení již nepotřebného textilu a obuvi. Celkem se na obrázku nachází 6 stanovišť pro uložení opadu. Tato stanoviště jsou nerovnoměrně rozmístěna. Sice pokrývají sever a jiho-západ města, ale východ a částečně střed města je zcela nepokryt. Na Obrázku 18 jsou zakreslena stálá stanoviště pro sběr textilu černým bodem. Okolo těchto míst jsou zakresleny docházkové vzdálenosti. Červený bod, znázorňuje stanoviště číslo 11 v ulici Lipová, kde je možné uložení nádoby pro sběr textilu. Jak je z Obrázku 18 vidět, docházková vzdálenost okolo nového umístění kontejneru, by zakryla tu část města, která byla nepokryta a docházková vzdálenost byla větší jak 200 m, ke stávajícím stanovištím.



Obrázek 18 Návrh řešení nádob na textil

Zdroj: autorka s využitím (15),

Na Obrázku 19 je navrženo rozmístění nádob v ulici Lipová. Nádobu jsou umístěny, na travnatém porostu mezi silnicí a plotem stojícího domu. Rozšíření stanoviště o jednu nádobu je z hlediska místa vhodné.



Obrázek 19 Návrh rozmístění nádob v ulici Lipová

Zdroj: autorka s využitím programu ArchiCad

Přidáním nádoby na staveniště nádob v ulici Lipová se nemusí zasahovat do prostředí žádnými úpravami. Jak je z Obrázku 20 vidět, nádoby stojí na kraji silnice, kde se také nachází travnatý porost. Odstraněním travnatého porostu a výstavba chodníku, umožní uložit další nádobu na toto místo. Na Obrázku 20 nejsou vyfoceny všechny nádoby na bioodpad. Autorka tuto fotografii pořizovala v listopadu, kdy nádoby na bioodpad se ze všech stanovišť ve Ždírci nad Doubravou odklízejí.



Obrázek 20 Ulice Lipová

Zdroj: foto autorka

## Návrh řešení stanovišť pro sběr kovu

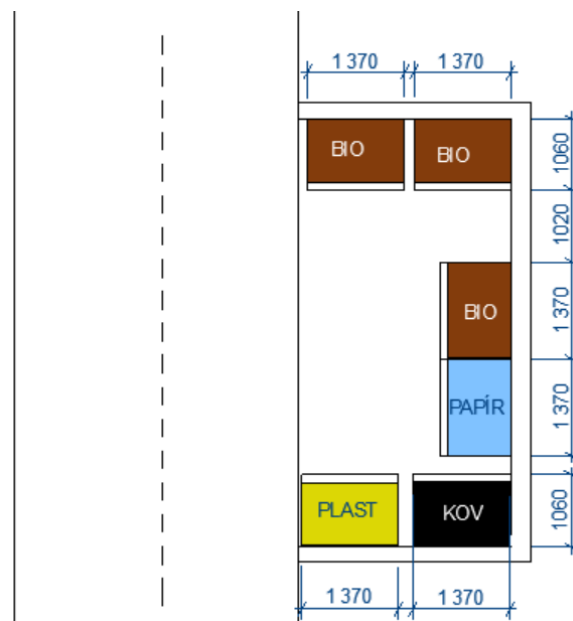
Z Obrázku 21 je vidět, že ve městě Ždírec nad Doubravou se nacházejí pouze 2 místa vhodná ke třídění kovového odpadu. Tyto nádoby jsou uzpůsobeny na třídění drobného kovu. Pro sběr kovu větších rozměrů, je využíván sběrný dvůr. Autorka pro návrh lepšího rozmístění, umístila nádobu na sběr odpadu v ulici Na Balkáně na východě města.



Obrázek 21 Návrh řešení nádob na kov

Zdroj: autorka s využitím (15)

V ulici Na Balkáně stojí nyní tři nádoby na bioodpad, jedna nádoba na papír a jedna na plast. Rozmístění nádob po přidání nádoby na kov je uvedeno na Obrázku 22.



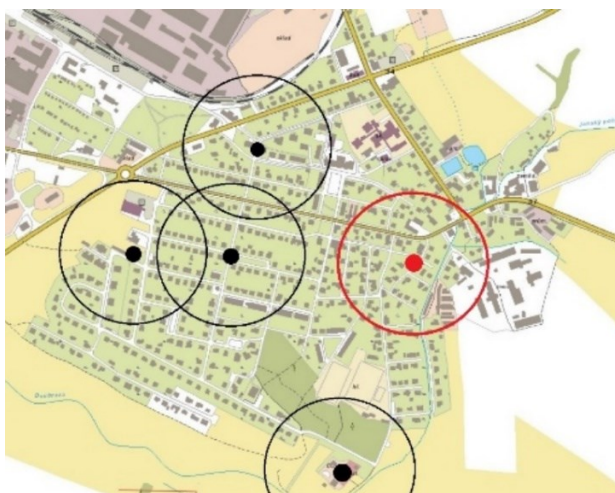
Obrázek 22 Řešení rozmístění nádob na stanovišti

Zdroj: autorka s využitím programu ArchiCad

Toto sběrné místo a správné rozmístění nádob na tomto stanovišti je řešeno na Obrázku 24.

## Návrh řešení stanovišť pro sběr bioodpadu (živočišné a rostlinné tuky)

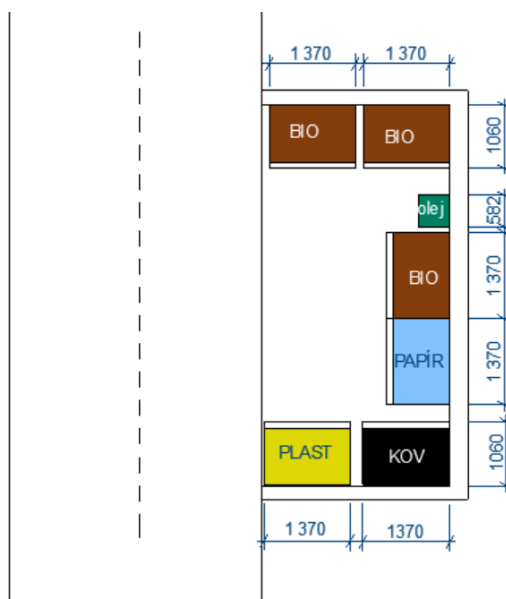
Občané, kteří chtějí třídít bioodpad, najdou ve městě 4 stanoviště (Obrázek 23), kde se tyto nádoby nachází. Na Severo-západě města jsou situovány tři nádoby a čtvrté stanoviště se vyskytuje na sběrném dvoře. Vhodné umístění další nádoby, pro dostupnost všem občanům města autorka umístila v ulici na Balkáně na východě města. Jak je vidět z Obrázku 23, docházková dostupnost okolo nového umístění nádoby pokryje tu část města, která byla nevyužita a jejich docházková vzdálenost k ostatním nádobám přesahovala více jak půl kilometru. Autorka tuto vzdálenost změřila z mapy (15).



Obrázek 23 Návrh nádob pro sběr bioodpadu

Zdroj: autorka s využitím (15)

Na Obrázku 24 je uložena nádoba na olej v nově navrhovaném místě, v ulici na Balkáně. V návrhu rozmístění nádob je již ponechána nádoba na kov, řešena na Obrázku 22.



Obrázek 24 Uložení kontejneru na olej v ulici Na Balkáně

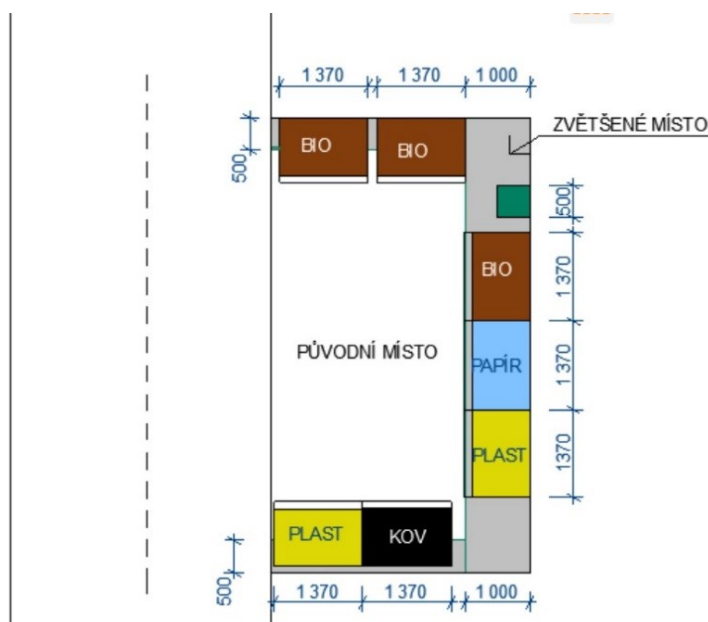
Zdroj: autorka s využitím programu ArchiCad



Obrázek 25 Fotografie stanoviště ulice na Balkáně

Zdroj: foto autorka

Autorka pořídila fotografii stanoviště v ulici na Balkáně. Na Obrázku 25 chybí 2 nádoby na bioodpad, z důvodu odstranění nádob městem v listopadu, kdy tyto nádoby nejsou v zimě využívány. Rozmístění nádob na tomto stanovišti autorka uvedla na Obrázku 24. Pokud toto rozmístění nebude pro občany vhodné, dalo by se toto místo rozšířit, neboť se okolo tohoto místa nachází travnatý porost. Autorka navrhuje rozšíření chodníkové části pod nádobami. Za povšimnutí také stojí přeplněná nádoba na plast na Obrázku 25. Rozšíření chodníkové části a přidání další nádoby na plast je zobrazeno na Obrázku 26.



Obrázek 26 Návrh zvětšení místa

Zdroj: autorka s využitím programu ArchiCad

Stanoviště bylo zvětšeno po stranách o 0,5 metru a po délce stanoviště o 1 metr. Nyní je na stanovišti lepší přístupnost k jednotlivým nádobám a také je zde přidána nádoba na plast.



## 2.3 Návrh vybudování podzemních kontejnerů

Podzemní kontejnery jsou vhodné tam, kde se nachází větší množství nádob (6 nádob a více) pro tříděný odpad na jednom stanovišti. Vybudováním podzemních kontejnerů se dosáhne přehlednějšího území, zlepšuje se estetické hledisko a zvětší se prostor okolo kontejnerů. Díky těmto kontejnerům, je místo čistější. V kapitole 1.4 bylo uvedeno stanoviště číslo jedna, kde město provedlo přeměnu z klasických nadzemních nádob na podzemní kontejnery.

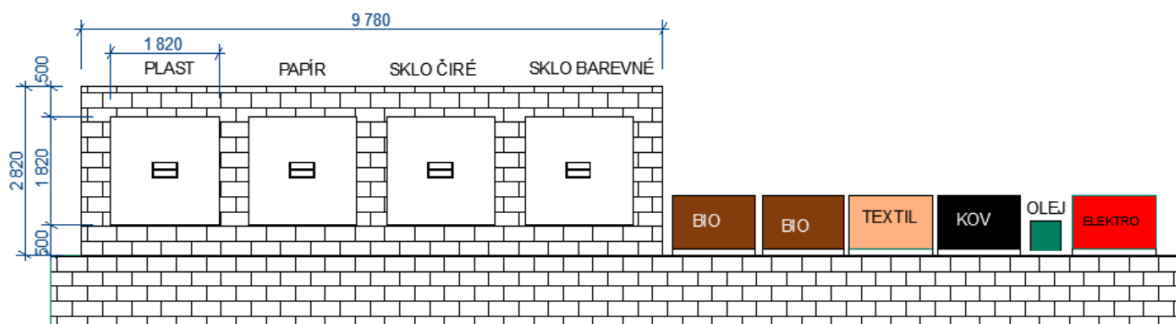
Tyto podzemní kontejnery jsou vhodné vybudovat i na stanovišti číslo 13. Toto stanoviště se nachází v ulici Spojovací 404. Jsou tu situovány 3 sběrné nádoby na plast, 3 sběrné nádoby na papír, 2 nádoby na bílé sklo, jedna nádoba na sklo barevné. Dále se tu nachází 2 sběrné nádoby na bioodpad rostlinného původu, 1 nádoba na bioodpad tuky, 1 nádoba na textil, a také 1 nádoba na kovy a jedna nádoba na elektroodpad (Obrázek 27). Dohromady to je 15 nádob na jednom stanovišti.



Obrázek 27 Stávající stav ulice Spojovací

Zdroj: foto autorka

Jak je z Obrázku 27 vidět, větší množství (15 kusů) sběrných nádob kazí estetický dojem z prostředí. Na tomto stanovišti je vhodné vybudovat podzemní kontejnery. Týká se to sběrných nádob na papír, plast a sklo. Tím by se odstranilo 9 sběrných nádob. Nádoby na textil, elektroodpad, bioodpad a kovy budou zachovány. Návrh rozmístění podzemních kontejnerů je na Obrázku 28. Rozměry podzemních kontejnerů (16), jsou totožné s již využívanými podzemními kontejnery v ulici Družstevní.



Obrázek 28 Návrh podzemních kontejnerů v ulici Spojovací

Zdroj: autorka s využitím programu ArchiCad

Velikosti navržených podzemních kontejnerů jsou totožné s nádobami podzemního kontejneru již aplikované ve Ždírci, v ulici Družstevní. Nádoby na papír a plast jsou o objemu 5 000 l a nádoby na sklo barevné i čiré 3 000 l. Tyto objemy jsou v této lokalitě dostačující.

## 2.4 Návrh svozového plánu pro směsný komunální odpad

Společnost AVE nemá pevně stanovený plán svozu směsného komunálního odpadu z domácností (autorce nebyl tento plán poskytnut). Řidič se závozníky mají stanovené dané ulice, které musí projet, avšak projetí těchto ulic je libovolné. Autorka v této kapitole návrhu stanovuje optimální svozovou trasu. Pro zjištění optimální, respektive nejkratší svozové trasy autorka využila matematického a grafického vyjádření za pomoci grafů, metody zvané Problém čínského pošťáka.

### Využití metody Problém čínského pošťáka

Metoda Problému (nebo také úlohy) čínského pošťáka se řadí mezi Eulerovské tahy. Tato metoda nám zjišťuje projití všech hran v grafu s minimální projitou vzdáleností (26). Metoda je využívána pro trasování svozových cest. V této kapitole je uveden postup výpočtu a samotný výpočet pomocí algoritmů. Celý výpočet Problému čínského pošťáka je uveden v Příloze I.

Postup výpočtu:

- 1) Autorka pomocí Mapy.cz sestrojila graf, ve kterém hrany zobrazují ulice, které se musí při svozu odpadu projet. Vrcholy označují styk jednotlivých ulic (křižovatky města).
- 2) Po vytvoření grafu, autorka sestrojila v SW Microsoft Excel matici se vzdálenostmi jednotlivých ulic (v metrech), zjištěných na mapovém portálu Mapy.cz



- 3) Po vytvoření matice autorka použila Floydův algoritmus pro vyhledání nejkratších tras mezi vrcholy, nazývanou matice vzdáleností (neboli také Distanční matice). Matice vzdáleností má poměr buněk v Excelu 93x93 (93 vrcholů v síti).
- 4) Dále autorka provedla perfektní párování. Perfektní párování slouží pro vytvoření fiktivní hrany mezi dvěma vrcholy lichého stupně. Pro výpočet párování autorka využila SW Microsoft Excel a výpočet provedla v Řešiteli.
- 5) Po těchto krocích, nutných k sestrojení svozové trasy, autorka využila Eulerovského tahu pro projití celého grafu.
- 6) Svozovou trasu autorka zakreslila do grafu.

### Výpočet svozové trasy směsného komunální odpadu:

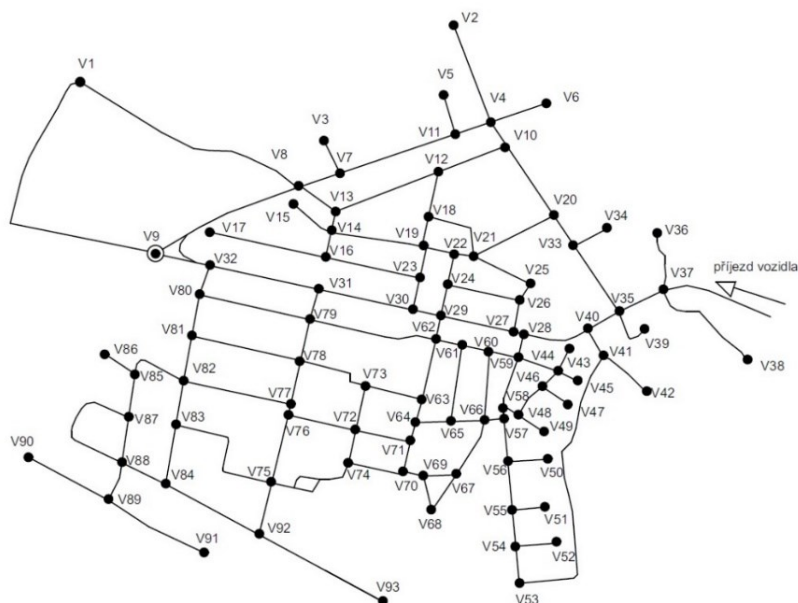
- 1) Na Obrázku 29 je mapa města Ždírc nad Doubravou. Autorka do mapy zakreslila jednotlivé ulice, které jsou obsluhované popelářským vozem. Severo-západní strana města je průmyslová oblast a také zde je zahrádkářská kolonie, které nejsou obsluhované popelářským vozem, tudíž ulice v této části nejsou v mapě zakresleny. Obrázek 29 je uveden v této práci pro znázornění, ve větším provedení je uveden v příloze C.



Obrázek 29 Zakreslení ulic do mapy

Zdroj: autorka s využitím (15)

Tuto mapu autorka překreslila do programu ArchiCad a přidělila jednotlivým křižovatkám vrcholy (označeny V1 až V93) a ulicím hrany v grafu. Výsledný graf je uveden na Obrázku 30 (Uveden také v Příloze D). Celé město autorka pokryla 93 vrcholy, které dále využije ve výpočtu.



Obrázek 30 Graf ulic ve městě

Zdroj: autorka s využitím programu ArchiCad

2) Autorka vytvořila v SW Microsoft Excel matici vrcholů a hran. Graf je hranově ohodnocený, to znamená, že každá hrana je ohodnocena (délka ulice v metrech). Obecný vzorec pro graf je tedy:

$$G = (V, X, p) \quad (3)$$

Kde:

V Množina V, jejíž prvky pojmenováváme jako vrcholy [-]

X Množina E, jejíž prvky pojmenováváme jako hrany [-]

p Vztah incidence neboli každé hraně přiřazuje vrcholy [-]

Každá hrana je ohodnocena hodnotou  $o(h)$ , která představuje vzdálenost ulice. V Excelu tedy vznikla matice o rozměrech 93 x 93 (93 vrcholů a vzdálenosti mezi jednotlivými vrcholy). Tato matice se nazývá matice přímých vzdáleností  $D = (d_{ij})_{i,j=1}^n$  (25), nebo také matice délek hran (27). Všechny prvky v grafu jsou definovány:

$$d_{ij} = o(h), \text{ jestliže } \exists h \in X \text{ pro kterou } p(h) = (v_i, v_j) \quad (4)$$

$$d_{ij} = \infty, \text{ jestliže } \nexists h \in X \text{ pro kterou } p(h) = (v_i, v_j) \quad (5)$$

$$d_{ij} = 0, \text{ pro } i = j \quad (6)$$

Kde:

$d_{ij}$  prvek v grafu [-]

$o(h)$  ohodnocení hrany [m]

$p(h)$  incidence  $p$  (přiřazení každé hraně dvojici vrcholů)

3) Pomocí vytvořené matice přímých vzdáleností (matice délek hran (27)) autorka vytvořila Distanční matici  $D$ . Použila k tomu Floydův algoritmus pro vyhledání nejkratší trasy mezi každými dvěma vrcholy v grafu.

Floydův algoritmus funguje na takovém principu, že prochází celou matici a hledá nejkratší cestu mezi dvěma vrcholy. Začíná výběrem prvního řádku a prvního sloupce označený v Tabulce 11 písmenem  $k$  a porovnává s ostatními buňkami v matici  $(i, j)$ , zda může cestu zkrátit, či nikoliv.

Tabulka 11 Floydův algoritmus

	$k$	$j$
$k$		$k, j$
$i$	$i, k$	$i, j$

Zdroj: autorka s využitím (27)

Kde:

$D_{ik}$  Hodnota v Distanční matici na pozici  $ik$

$D_{kj}$  Hodnota v Distanční matici na pozici  $kj$

$D_{ij}$  Hodnota v Distanční matici na pozici  $ij$

$i$  řádek matice

$j$  sloupec matice

$k$  Vybraný řádek a sloupec matice pro Floydův algoritmus

Algoritmus probíhá podle výpočtu:

Pokud  $D_{ik} + D_{kj} < D_{ij}$ , do buňky zadána hodnota  $D_{ik} + D_{kj}$  (7)

Pokud  $D_{ik} + D_{kj} > D_{ij}$ , buňce ponechána původní hodnota  $D_{ij}$  (8)

Takto autorka pomocí Floydova algoritmu prošla celou maticí přímých vzdáleností a zjistila Distanční matici (26).

4) Problém (úloha) čínského pošťáka, který autorka aplikuje na svoz směsného odpadu spadá do Eulerovského tahu (26). Princip této úlohy je projít všechny ulice (hrany) města a vrátit se do původního místa, s minimální vzdáleností (27).

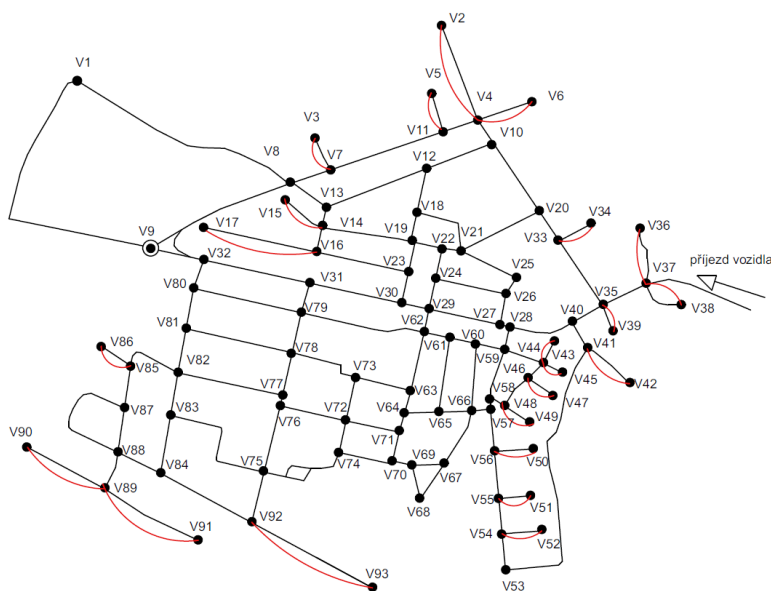
Definicí Eulerovského tahu je dobré znát definici sledu. Sledem se nazývá množina vrcholů a hran, kteří vytváří posloupnost. Eulerovský tah je sled, který je neorientovaný, nemá daný směr cesty a žádná hrana se neopakuje (27). Hlavním cílem je projít všechny hrany pouze jednou. Grafy, které lze projít jedním tahem se nazývají Eulerovské grafy.

Pro sestrojení Eulerovského tahu v grafu existují 2 podmínky (26). Jedna podmínka je taková, že graf musí být souvislý. Druhá a podstatná podmínka je ta, že všechny vrcholy musí být sudého stupně. To znamená, že počet hran vstupujících do vrcholu musí být sudý počet. Pokud všechny vrcholy jsou sudého stupně, je tento graf nazýván uzavřeným Eulerovským tahem (E-tahem). Vedle uzavřeného E-tahu, existuje ještě otevřený E-tah. Otevřený tah je takový tah, kde existují 2 vrcholy lichého stupně. Tyto vrcholy jsou potom určeny jako vstupní a výstupní vrcholy. Pro úlohu čínského pošťáka autorka uvažovala pouze s **uzavřeným Eulerovským tahem**.

Aby autorka mohla aplikovat Eulerovský tah na již vytvořenou matici vzdáleností, musela zjistit, zda všechny vrcholy v grafu jsou sudého stupně. Autorka v grafu objevila, že 76 vrcholů je lichého stupně. Ve Ždírci je to zapříčiněno tím, že zde existuje více jak 30 stykových křižovatek a také 22 slepých pozemních komunikací, podle Obrázku 31. Tímto se zjistilo, že za těchto podmínek není graf svozu odpadu Eulerovský. Aby graf byl Eulerovský, vrcholy lichého stupně převedla autorka na vrcholy sudého stupně pomocí Edmondsova algoritmu.

**Edmondsův algoritmus** (26) obsahuje sedm kroků, přičemž sedmý krok nám sestrojuje Eulerovský tah. V prvním kroku autorka určila vrcholy lichého stupně (78 vrcholů). Ve druhém a třetím kroku byly tyto vrcholy lichého stupně sestrojeny v kompletní graf a byly ohodnoceny hrany, mezi těmito vrcholy. Čtvrtým krokem autorka určila minimální perfektní párování.

**Perfektní párování** slouží pro vytvoření fiktivní hrany mezi dvěma vrcholy lichého stupně. Pro výpočet párování autorka využila SW Microsoft Excel a výpočet provedla v Řešiteli. Protože vrcholů s lichým stupněm bylo 78 a Řešitel s tolika proměnnými nedokáže počítat, autorka z matice odstranila vrcholy nacházející se v tzv. slepé ulici. U těchto ulic je jednoznačné, že vozidlo se bude vracet zpět a automaticky zakreslila tyto fiktivní hrany do grafu (Obrázek 31).



Obrázek 31 Fiktivní hrany slepých ulic

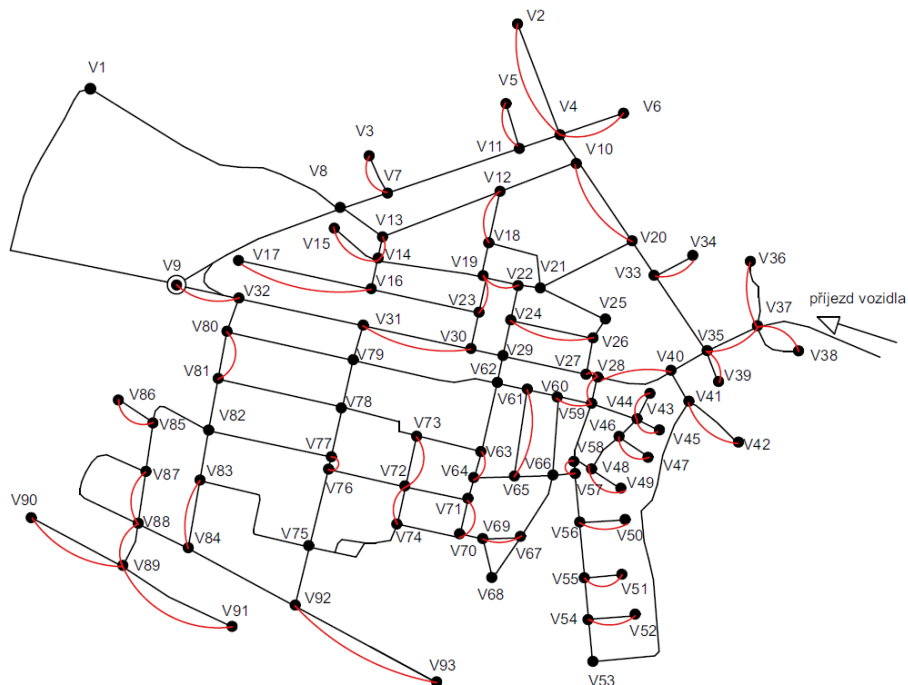
Zdroj: autorka s využitím programu ArchiCad

Z matice bylo tedy odstraněno 20 vrcholů. Odstraněním těchto vrcholů z tabulky a zakreslením fiktivních hran do grafů se z vrcholů lichého stupně, staly vrcholy stupně sudého. Celková vzdálenost těchto fiktivních hran v grafu je 2466 metrů.

Po odstranění těchto vrcholů, Řešitel i přes menší počet vrcholů nemohl vyřešit minimální perfektní párování pro ostatní liché vrcholy.

Autorka tedy vybrala pouze ty hrany mezi vrcholy, jejichž délka je menší nebo rovna 250 metrů. 250 metrů autorka vybrala z důvodu menšího počtu vrcholů při výpočtu (eliminace na menší počet). Pomocí řešitele bylo spočítáno minimální perfektní párování mezi 38 vrcholy. Řešitel našel 19 párů s minimální vzdáleností, o celkové vzdálenosti 2038 metrů. Tyto fiktivní hrany autorka dokreslila do grafu, kde už jsou zakresleny fiktivní hrany slepých ulic. Celková délka všech fiktivních hran na grafu vypočtených podle minimálního perfektního párování je 4504 metrů.

Perfektní párování je zobrazeno na Obrázku 32. Každé dva liché vrcholy jsou spojeny fiktivní hranou (označené v grafu červeně).



Obrázek 32 Přřazení všech fiktivních hran do grafu

Zdroj: autorka s využitím programu ArchiCad

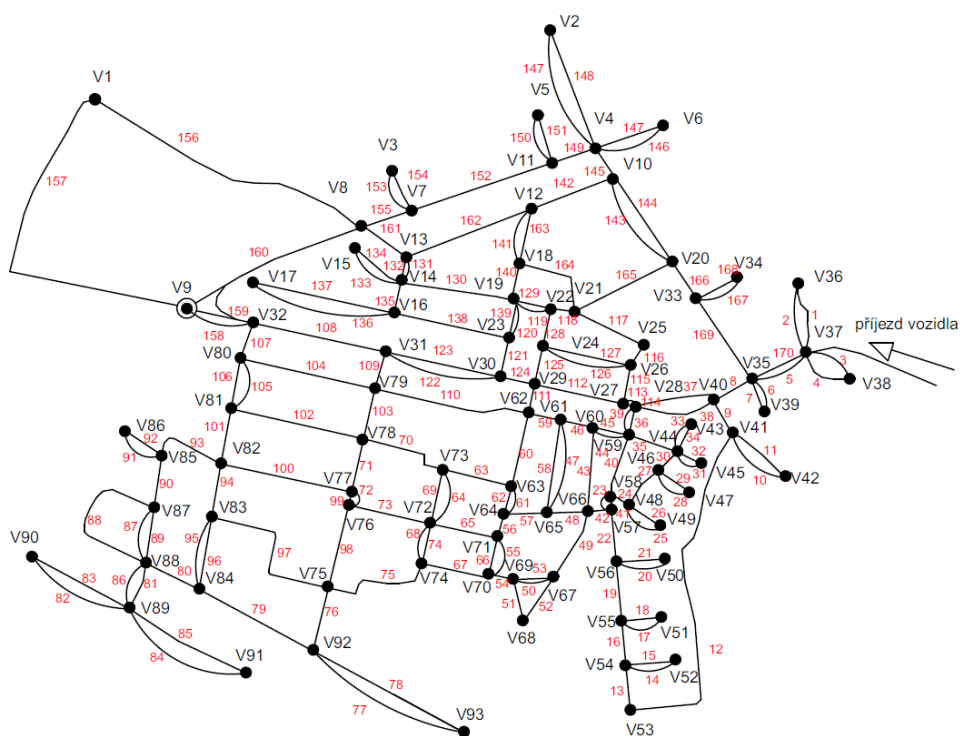
Po doplnění těchto fiktivních hran dochází k tomu, že všechny vrcholy jsou sudého stupně. Graf, který obsahuje pouze sudé vrcholy je definován jako kompletní graf. (20). Fiktivní hrany v grafu vyjadřují nejkratší cestu mezi vrcholy lichého stupně. Tento graf je nyní Eulerovský graf.

Šestý krok v Edmondsova algoritmu se týká sestrojení E-tahu. E-tah sestrojíme pomocí Fleuryho algoritmu (26). Tento algoritmus nám popisuje, v jakém pořadí a jak správně projít graf.

- 5) Fleuryho algoritmus se skládá ze 2 kroků (26). V prvním kroku začneme v libovolném vrcholu. Z vrcholu projdeme hranou, která inciduje (stýká se) s tímto vrcholem a označíme jí. Ve druhém kroku označíme vrchol, který inciduje s hranou vybranou v kroku 1. Z tohoto vrcholu projdeme další hranu, která nesmí rozdělit graf na dva komponenty. Takto projdeme celý graf, dokud neprojdeme všemi hranami a vrcholy.
- 6) Projít graf v této fázi se dá mnoha způsoby a všechny jsou správné. Je to dáno tím, že máme uzavřený graf, ve kterém musíme projít všechny ulice (hrany) grafu, protože směsný komunální odpad se projíždí ve všech ulicích města (kromě průmyslové zóny, se kterou

se v tomto grafu neuvažuje). Důležitým bodem je, že hrany procházíme pouze jednou (kromě vypočítaných délek z minimálního párování). Délka projeté sítě bude tedy ve všech případech stejná. K celkové vzdálenosti při svozu odpadu autorka také započítala vzdálenosti vypočítané u minimálního perfektního párování. Tyto ulice budou projížďené dvakrát.

Jeden ze způsobů, jak svážet odpad ve Ždírci, autorka zobrazila na Obrázku 33. Tento obrázek je také uveden ve větším formátu v Příloze E. Čísla znázorňují postup (kroky), jak autorka při sestavení Eulerovského tahu procházela. Počáteční a koncový vrchol je vrchol V37. Tento vrchol značí první křižovatku, kterou projíždí svozové auto při příjezdu do města ze Žďáru nad Sázavou.



Obrázek 33 Eulerovský tah

Zdroj: autorka s využitím programu ArchiCad

Celková délka jednotlivých ulic je 14 347 metrů. Po výpočtu minimálního perfektního párování je celková délka fiktivních hran 4504 metrů. Celková vzdálenost této trasy je 18 851 metrů (18, 851 kilometru).

Tato trasa je uzpůsobena na svoz celkového směsného odpadu ve městě, bez ohledu na objem vozu. Trasa vozidla s ohledem na jeho objem je řešen ve vzorci 8.

Autorka také hledala Eulerovský tah s ohledem na objem svozového vozidla. Nádoby na směsný odpad, využívající domácnosti ve Ždírci mají objem 240 litrů.

Svozové auto společnosti svážející odpad má objem  $25 \text{ m}^3$  (13). Svozový automobil má funkci stlačení odpadového materiálu 1:6. Počet domácností ve Ždírci sčítá 1095 bytů (11).

Výpočet počtu vozidel pro svoz:

Objem nádoby:  $240 \text{ litrů} = 0,24 \text{ m}^3$

Počet domácností: 1095 bytů

Objem svozového automobilu  $25 \text{ m}^3$

Funkce stlačení: 1:6

Vzorec pro výpočet celkového objemu odpadu ve městě:

$$P_{NC} = V_{1N} \cdot P_O \quad (9)$$

$$P_{NC} = 0,24 \cdot 1095$$

$$P_{NC} = 262,8 \text{ m}^3 \text{ odpadů ve městě celkem}$$

Kde:

$P_{NC}$  Celkový objem odpadu ve městě celkem [ $\text{m}^3$ ]

$V_{1N}$  Objem 1 nádoby [ $\text{m}^3$ ]

$P_O$  Počet nádob [ks]

Vzorec pro výpočet celkového objemu po stlačení:

$$V_{CS} = \frac{P_{NC}}{P_S} \quad (10)$$

$$V_{CS} = \frac{262,8}{6}$$

$$V_{CS} = 43,8 \text{ m}^3 \text{ při stlačení}$$

Kde:

$V_{CS}$  Objem odpadu z domácností při stlačení [ $\text{m}^3$ ]

$P_{NC}$  Celkový objem odpadu [ $\text{m}^3$ ]

$P_S$  Poměr stlačení [1:6]

Vzorec pro výpočet počtu vozidel pro svezení odpadu ve městě:

$$P_V = \frac{V_{CS}}{V_V} \quad (11)$$

$$P_V = \frac{43,8}{25}$$

$$P_V = 1,752 = 2 \text{ naplněná vozidla} - 2 \text{ trasy}$$



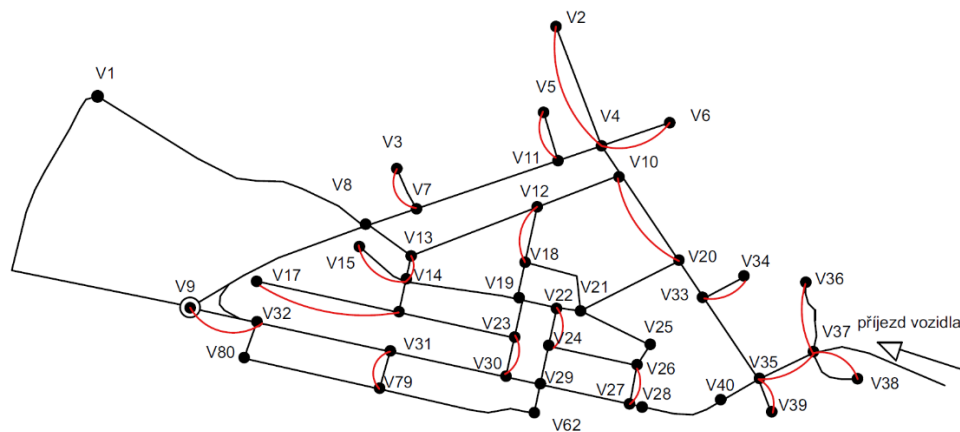
Kde:

$P_V$  Počet naplněných vozidel [ks]

$V_{CS}$  Objem stlačeného odpadu [ $m^3$ ]

$V_V$  Objem vozidla [ $m^3$ ]

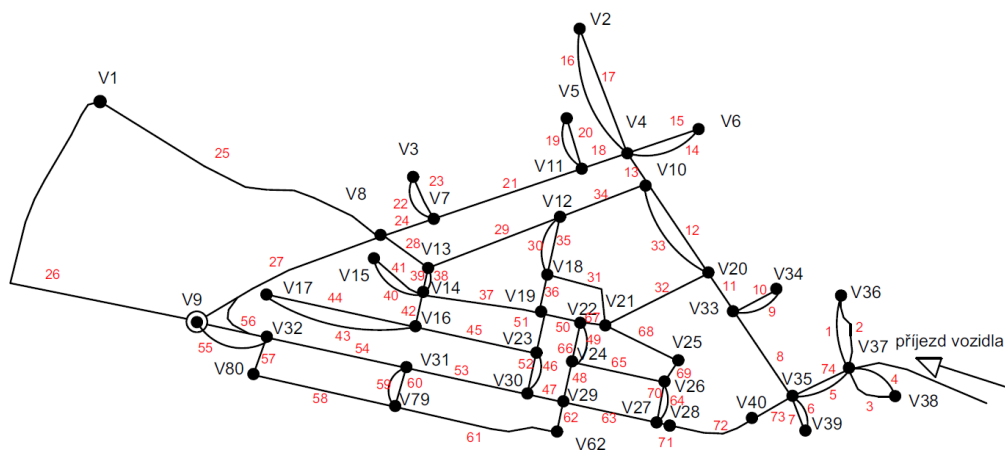
Po výpočtu, že pro svoz odpadu budou potřeba 2 svozy, autorka navrhla 2 trasy pro svoz odpadu ve městě. Výpočet je stejný jako v předchozím případě, pro svoz celého města, jen s tou změnou, že autorka rozdělila graf na 2 podgrafy a provedla perfektní párování pro každý graf zvlášť.



Obrázek 34 Graf 1–1/2 města perfektní párování

Zdroj: autorka s využitím ArchiCad

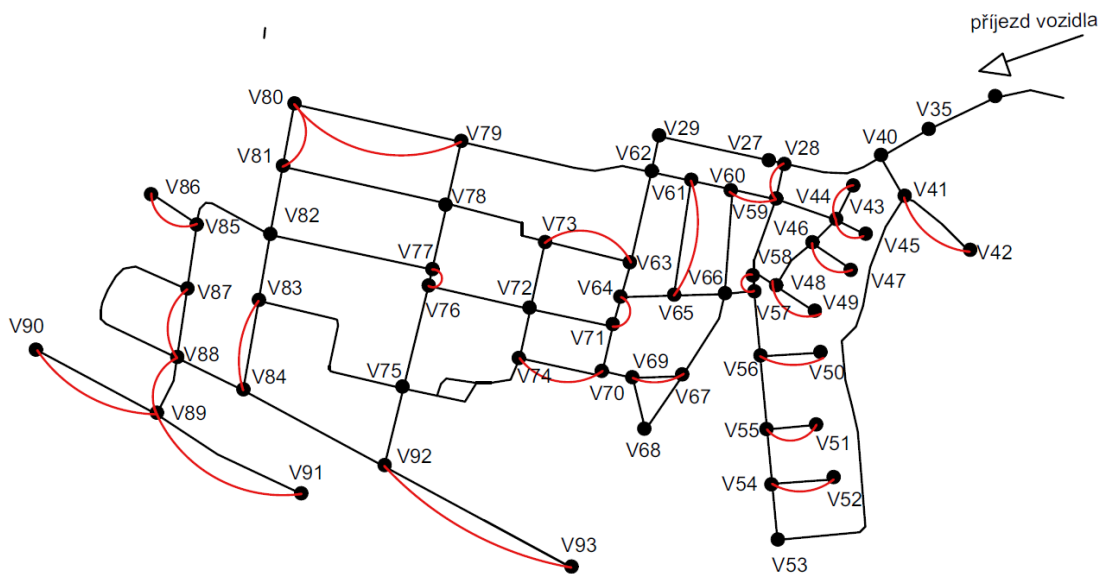
Celková délka fiktivních hran v první polovině města vyšla 1803 metrů. Celková délka svozové trasy pro tuto oblast je 8930 metrů. Sestrojený Eulerovský tah pro tuto trasu je na Obrázku 35, a také v Příloze F.



Obrázek 35 Eulerovský tah 1/2 města

Zdroj: autorka s využitím programu ArchiCad

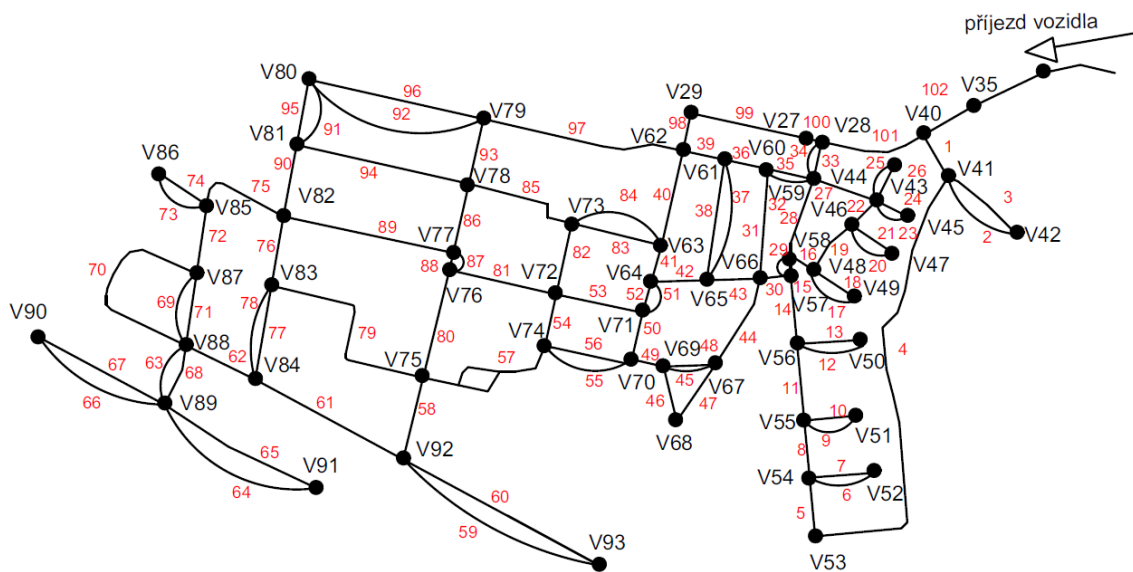
Perfektní párování autorka sestrojila také pro druhý graf, pro druhou polovinu města. Perfektní párování je zobrazeno na obrázku 36. Výpočet perfektního párování pro tyto 2 grafy je provedeno v SW Microsoft Excel v elektronické příloze I.



Obrázek 36 Graf 2–2/2 perfektní párování

Zdroj: autorka s využitím programu ArchiCad

Celková délka fiktivních hran je 2635 metrů. Celková vzdálenost trasy druhé části města je 9858 metrů. Eulerovský tah druhé části grafu je na Obrázku 37 a ve větším měřítku v Příloze G.



Obrázek 37 Eulerovský tah pro druhou část grafu

Zdroj: Autorka s využitím programu ArchiCad

### Stanovení doby u navržené trasy

Stanovení času pro sběr směsného komunálního odpadu z domácností závisí na počtu nádob, nacházejících se před domy občanů, na době nakládacího cyklu a také na době jízdy. Oproti stanovení času u separovaného odpadu na stanovištích (kapitola 2.5) autorka u této doby trasy neuvažuje s úklidem, neboť nádoby stojí na pozemcích občanů města, nikoli na sběrných stanovištích. Počet kontejnerů u obou těchto tras dohromady je 1095 nádob. Pro rozdělení na tyto 2 trasy, autorka uvažovala pro každou trasu 548 nádob. Tento údaj může být odlišný, neboť autorka nezná přesné postavení nádob na mapě.

Pro výpočet doby jízdy 1. trasy sběru jsou použity tyto údaje:

Rychlost vozu: 30 km/h

Délka trasy: 8,930 km

Počet nádob: 548 kusů

Doba nakládacího cyklu vozidla: 17 sekund

Doba přistavení/ odstavení nádoby: 3-10 sekund (z hlediska postoje vozu vůči nádobě).

Při pozorování pracovníků manipulujících s nádobami, autorka zvolila tuto dobu 5 sekund.

Doba manipulace s kontejnery (nádobami) se vypočítá podle vzorce (12):

$$t_N = P_N \cdot (N_P + N_O + t_{NC}) \quad (12)$$

$$t_N = 548 \cdot (5 + 5 + 17)$$

$$t_N = 14\,796 \text{ sekund} \doteq 247 \text{ minut} \doteq 4 \text{ hodiny a } 7 \text{ minut}$$

Kde:

$t_N$  Doba práce vzhledem k jedné nádobě [s]

$P_N$  Počet nádob [ks]

$N_P$  Doba přistavení nádoby [s]

$N_O$  Doba odstavení nádoby [s]

$t_{NC}$  Doba nakládacího cyklu [s]

Doba jízdy sběrným vozidlem je vypočítána ze vzorce (13):

$$t_j = \frac{s}{v} \quad (13)$$

$$t_j = \frac{8,930}{30} = 0,298 \text{ h} = 17,88 \text{ minut} \doteq 18 \text{ minut}$$

Kde:

- $t_j$  Doba jízdy vozidla [h]  
S Délka trasy [km]  
v Rychlost vozidla [km/h]

K době strávené na jednotlivých stanovištích dle vzorce (12) autorka přičetla dobu jízdy ze vzorce (13), aby zjistila celkovou dobu jízdy dle vzorce (14) při sběru plastového odpadu.

$$t_{CS1} = t_j + t_N \quad (14)$$

$$t_{CS1} = 18 + 247$$

$$t_{CS1} = 265 \text{ minut} = 4 \text{ hodiny } 25 \text{ minut} \doteq 4 \text{ hodiny } 30 \text{ minut}$$

Kde:

- $t_{CS1}$  Celková doba jízdy sběru ve městě u první trasy [min]  
 $t_j$  Doba jízdy vozidla [min]  
 $t_N$  Doba práce vzhledem k jedné nádobě [min]

Celková doba jízdy svozové trasy komunálního směsného odpadu je podle výpočtu autorky 4 hodiny a 25 minut. Tato doba je oproti vypočítané celkové době jízdy zvětšena o 5 minut, z hlediska nepředpokládaných situacích (špatně zaparkované automobily občanů blízko nádob na odpad, zdržení v kongescích, a další).

K celkové jízdě sběru se musí také započítat doba přistavení vozidla z vozového parku společnosti a odstavná jízda zpět do vozového parku, kde se mimo jiné nachází také sběrný dvůr. Vzdálenost z vozového parku/ sběrného dvora ve Žďáru nad Sázavou do Ždírcu nad Doubravou je 21,3 Km. (15) Doba jízdy vozidla na této trase je 22 min v jednom směru.

$$t_{C1} = t_{PJ} + t_{CS1} + t_{OJ} \quad (15)$$

$$t_{C1} = 22 + 270 + 22$$

$$t_{C1} = 314 \text{ minut} = 5 \text{ hodin } 14 \text{ minut}$$

Kde:

- $t_{C1}$  Celková doba jízdy první trasy [min]  
 $t_{PJ}$  Doba přístavné jízdy [min]  
 $t_{OJ}$  Doba odstavné jízdy [min]

Při výpočtu jízdy vozidla je důležité uvažovat i s bezpečnostními přestávkami pro řidiče. Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 478/ 2000 Sb., kterou se provádí zákon o silniční dopravě, ve znění pozdějších předpisů (28) definuje, že bezpečnostní přestávka musí být uskutečněna nejdéle po jízdě, která trvá 4,5 hodiny a bezpečnostní přestávka musí být dlouhá 45 minut. Tato bezpečnostní přestávka může být rozdělena na kratší intervaly, které však nesmí být kratší jak 15 minut.

Doba jízdy na této trase je 5 hodin a 14 minut. Na této trase je potřeba uvažovat s bezpečnostní přestávkou. Autorka rozložila bezpečnostní přestávky do patnácti minutového a třiceti minutového intervalu po příjezdu vozidla do města Ždírc nad Doubravou (15 minut) a před odjezdem ze Ždírc nad Doubravou (30 minut). Během této bezpečnostní přestávky (28), řidič nemůže vykonávat žádnou práci, má pouze dohled na vozidlo a příslušný náklad.

Po přičtení bezpečnostní přestávky je celková pracovní doba podle vzorce (16):

$$t_{CB1} = t_{C1} + t_B \quad (16)$$

$$t_{CB1} = 314 + 45 = 359 \text{ minut} = 5 \text{ hodin } 59 \text{ minut} \doteq 6 \text{ hodin}$$

Kde:

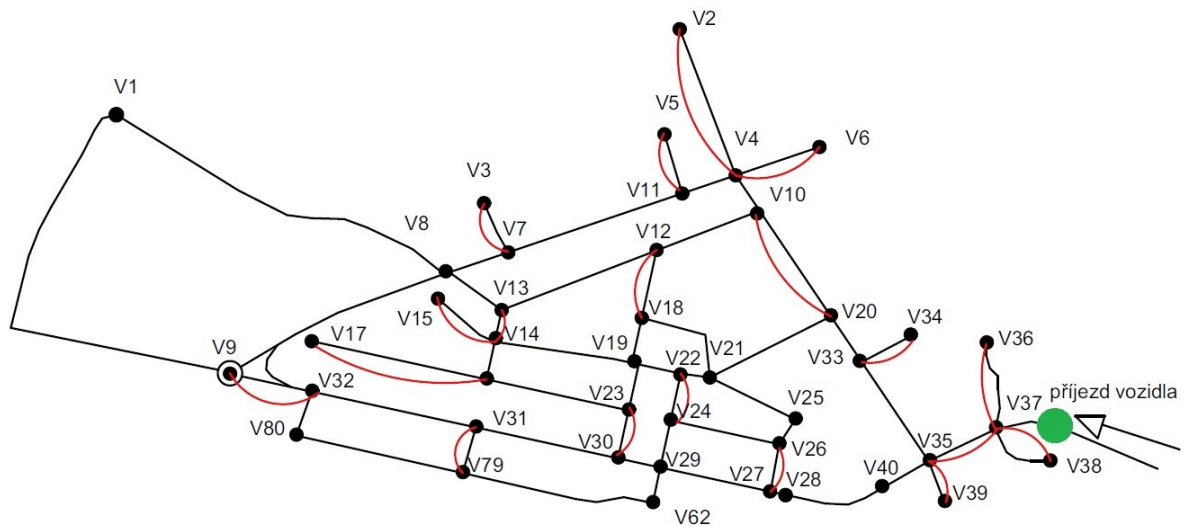
$t_{CB1}$  Celková doba jízdy první trasy doplněna o bezpečnostní přestávku [min]

$t_{C1}$  Celková doba jízdy první trasy [min]

$t_B$  Doba bezpečnostní přestávky [min]

**Celková doba jízdy první trasy doplněná o bezpečnostní přestávky je 6 hodin.**

Na Obrázku 38 je zeleným bodem označeno místo pro vykonání bezpečnostní přestávky, která se bude konat neprodleně po příjezdu vozidla do města a také před odjezdem vozidla zpět do vozového parku společnosti AVE, respektive do sběrného dvora.



Obrázek 38 První trasa doplněná o místo pro bezpečnostní přestávku

Zdroj: autorka

Pro výpočet doby jízdy 2. trasy sběru jsou použity tyto údaje:

Rychlost vozu: 30 km/h

Délka trasy: 9,858 km

Počet kontejnerů: 548

Doba nakládacího cyklu vozidla: 17 sekund

Přistavení/ odstavení nádoby: 3-10 sekund (z hlediska postoje vozu vůči nádobě).

Při pozorování pracovníků manipulujících s nádobami, autorka zvolila tuto dobu 5 sekund.

Doba manipulace s nádobami je stejná jako u první trasy, neboť autorka uvažuje stejný počet nádob. Výpočet je ze vzorce 12, kde doba manipulace je 247 minut.

Doba jízdy sběrným vozidlem je vypočítána ze vzorce (13):

$$t_j = \frac{s}{v} \quad (13)$$

$$t_j = \frac{9,858}{30} = 0,329 \text{ h} = 19,74 \text{ minut} \doteq 20 \text{ minut}$$

Kde:

$t_j$  Doba jízdy vozidla [h]

$s$  Vzdálenost ujetá vozidlem [km]

$v$  Rychlost vozidla [km/h]

K době strávené na jednotlivých stanovištích (12) autorka přičetla dobu jízdy ze vzorce (13), aby zjistila celkovou dobu jízdy (17) při sběru plastového odpadu.

$$t_{CS2} = t_j + t_N \quad (17)$$

$$t_{CS2} = 20 + 247$$

$$t_{CS2} = 267 \text{ minut} = 4 \text{ hodiny } 27 \text{ minut} \doteq 4 \text{ hodiny } 32 \text{ minut}$$

Kde:

$t_{CS2}$  Celková doba jízdy druhé trasy [min]

$t_j$  Doba jízdy vozidla [min]

$t_N$  Doba práce vzhledem k 1 sběrné nádobě [min]

Celková doba jízdy druhé svozové trasy komunálního směsného odpadu je podle autorky 4 hodiny a 32 minut. Tato doba je oproti vypočítané celkové doby jízdy zvětšena o 5 minut, z hlediska nepředpokládaných situacích (špatně zaparkované automobily občanů blízko nádob na odpad, zdržení v kongescích, a další).

K celkové jízdě sběru se musí také započítat doba přistavení vozidla z vozového parku společnosti a odstavná jízda zpět do vozového parku, kde se mimo jiné nachází také sběrný dvůr. Vzdálenost z vozového parku/ sběrného dvora ve Žďáru nad Sázavou do Ždírci nad Doubravou je 21,3 Km. (15) Doba jízdy vozidla na této trase je 22 min v jednom směru.

Celková doba jízdy druhé trasy je vypočtena za vzorce (18):

$$t_{C2} = t_{PJ} + t_{CS2} + t_{OJ} \quad (18)$$

$$t_{C2} = 22 + 272 + 22$$

$$t_{C2} = 316 \text{ minut} = 5 \text{ hodin } 16 \text{ minut}$$

Kde:

$t_{C2}$  Celková doba jízdy druhé trasy [min]

$t_{PJ}$  Doba přístavné jízdy [min]

$t_{OJ}$  Doba odstavné jízdy [min]

Doba jízdy na této trase je 5 hodin a 16 minut. Na této trase je potřeba uvažovat s bezpečnostní přestávkou. Autorka rozložila bezpečnostní přestávky do 15minutového a 30minutového intervalu po příjezdu vozidla do města Ždírci nad Doubravou (15 minut) a před odjezdem ze Ždírci nad Doubravou (30 minut). Během této bezpečnostní přestávky (28), řidič nemůže vykonávat žádnou práci, má pouze dohled na vozidlo a příslušný náklad.

Doba jízdy doplněná o bezpečnostní přestávku je vypočtena ze vzorce (19):

$$t_{CB2} = t_{C2} + t_B \quad (19)$$

$$t_{CB2} = 316 + 45 = 361 \text{ minut} = 6 \text{ hodin } 1 \text{ minuta}$$

Kde:

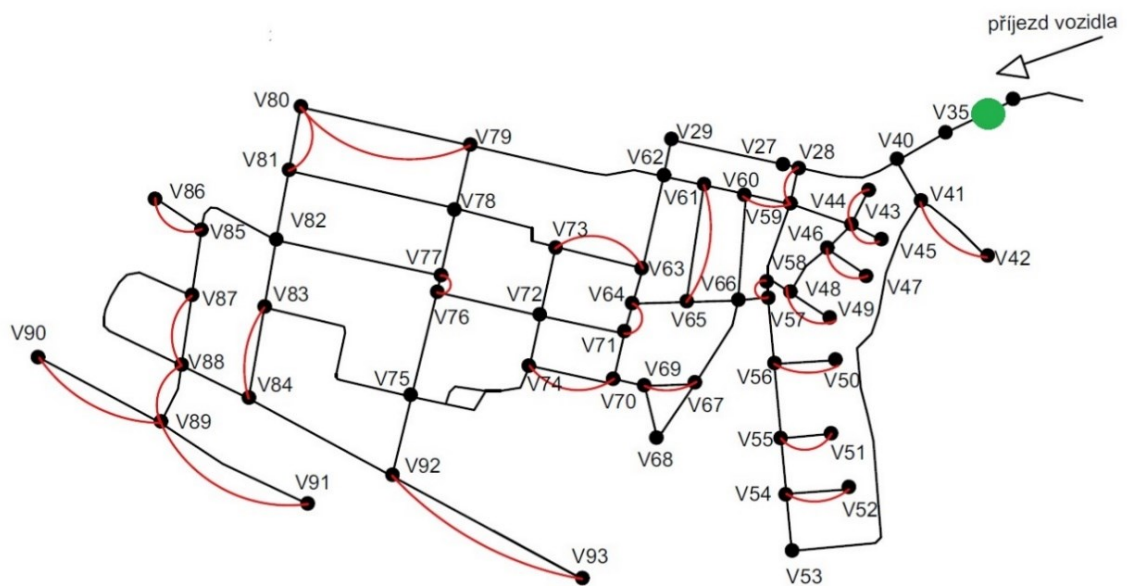
$t_{CB2}$  Celková doba jízdy první trasy doplněná o bezpečnostní přestávku [min]

$t_{C2}$  Celková doba jízdy druhé trasy [min]

$t_B$  Doba bezpečnostní přestávky [min]

**Celková doba jízdy druhé trasy doplněná o bezpečnostní přestávky je 6 hodin a 1 minuta.**

Na Obrázku 39 je zeleným bodem označeno místo pro vykonání bezpečnostní přestávky, která se bude konat neprodleně po příjezdu vozidla do města a také před odjezdem vozidla zpět do vozového parku společnosti AVE, respektive do sběrného dvora.



Obrázek 39 Druhá trasa doplněná o místo pro bezpečnostní přestávku

Zdroj: autorka



### Výpočet pro vykonání svozu obou tras v jeden den

Svážet obě trasy v jeden den však není možné, neboť vyhláška č. 478/2000 Sb. (28) udává, že denní doba řízení nesmí překročit 10 hodin. Tvrzení, že toto není možné autorka vypočítala ze vzorce (20), kde sloučila dobu jízdy první a druhé trasy.

Výpočet svozu obou tras v jeden den je vypočten ze vzorce (20):

$$\begin{aligned}t_C &= t_{PJ} + t_{CS1} + t_{VJ} + t_{PJ} + t_{CS2} + t_{OJ} & (20) \\t_C &= 22 + 270 + 22 + 22 + 272 + 22 \\t_C &= 630 \text{ minut} = 10 \text{ hodin } 30 \text{ minut}\end{aligned}$$

Kde:

$t_C$	Celková doba jízdy pro obě trasy [min]
$t_{PJ}$	Přístavná jízda vozidla [min]
$t_{CS1}$	Jízda první trasy [min]
$t_{VJ}$	Jízda výsypu odpadu na sběrný dvůr [min]
$t_{PJ}$	Přístavná jízda zpět do města [min]
$t_{CS2}$	Jízda druhé trasy [min]
$t_{OJ}$	Odstavná jízda vozidla [min]

Autorka výpočtem vzorce (20) zjistila, že pouze jízda řidiče je 10 hodin 30 minut, proto nemůže obě trasy svážet v jeden den, protože denní doba řízení je podle vyhlášky (28) 10 hodin.

Autorka tedy navrhuje vykonat každou trasu zvlášť v jiný den. První trasa, bude obsloužena za 6 hodin, včetně dojetí vozidla zpět do vozového parku. Druhá trasa bude obsloužena druhý den za 6 hodin a 1 minutu. Obě doby obsahují bezpečnostní přestávky i přístavné a odstavné jízdy do města Ždírec nad Doubravou.

## 2.5 Návrh svozového plánu pro separovaný odpad

Pro návrh svozového plánu se autorka zaměřila na plán svozu plastu. Svoz plastového odpadu si autorka vybrala z důvodu, že plastových nádob je ve městě nejvíce a občané města je hojně využívají. Pro najetí svozové trasy autorka využila metodu typu Branch-and-bound (Littlův algoritmus).

### Využití metody Branch-and-bound (Littlův algoritmus)

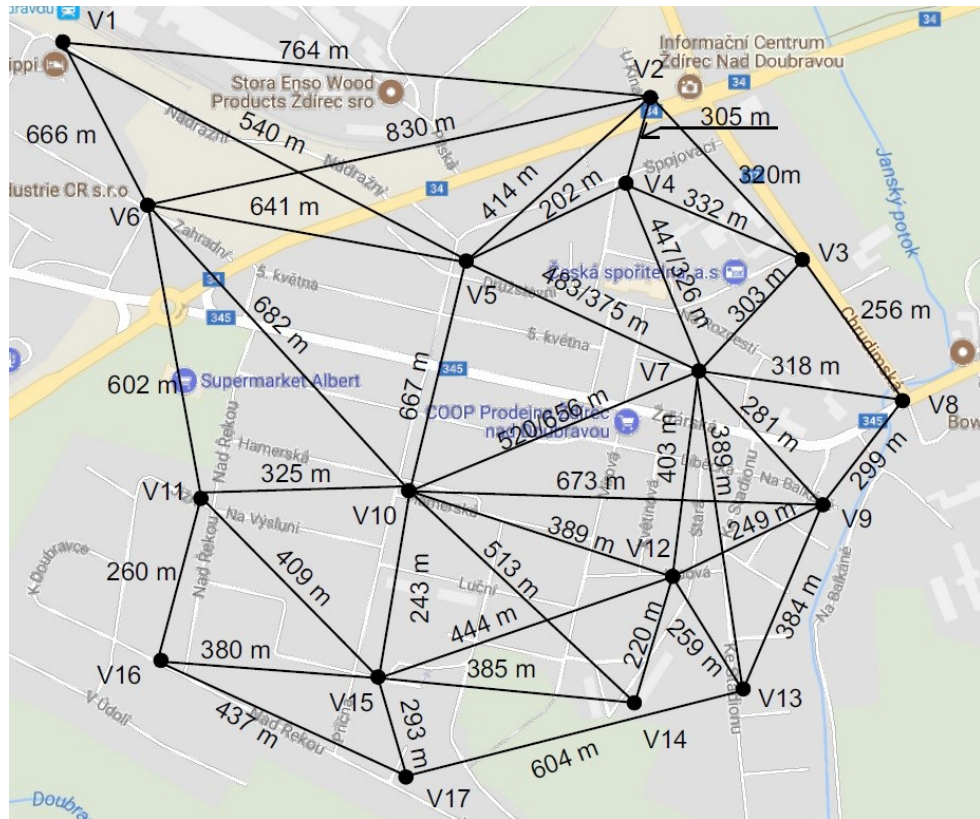
Pro nalezení nejkratší cesty mezi stanovišti, kde se nacházejí nádoby na plast, autorka využila metody Branch-and-bound (Littlův algoritmus). (26) Tato metoda hledá minimální Hamiltonovskou kružnici v grafu. Hamiltonovská kružnice (26) je podgraf grafu, který obsahuje všechny vrcholy v grafu. Tyto vrcholy jsou spojovány nejkratší cestou. Výpočet Littlova algoritmu je uveden v elektronické příloze J.

#### Postup výpočtu Littlova algoritmu:

- 1) Autorka pomocí webové stránky Mapy.cz (15) a Obrázku 5 vytvořila graf. Vrcholy v grafu znázorňují stanoviště pro plastové nádoby, kterých je 17 a hrany jsou vzdálenosti mezi těmito stanovišti, zjištěné z Mapy.cz
- 2) Po zjištění vzdálenosti mezi sousedními vrcholy autorka vytvořila matici přímých vzdáleností, pro tento graf.
- 3) Dalším krokem ve výpočtu bylo zjištění, zda svozové vozidlo, svezou veškeré množství odpadu, nacházející se na těchto stanovištích. Pokud by svozové auto svezlo veškerý odpad, mohla by autorka hledat nejkratší cestu mezi vrcholy a sestrojít jednu svozovou trasu pro všechna stanoviště.
- 4) Matice přímých vzdáleností z kroku 3 byla dále použita v metodě Branch-and-bound neboli Littlův algoritmus.
- 5) Pomocí metody Branch-and-bound autorka zjistila nejkratší cestu mezi sedmnácti vrcholy a zakreslila tuto trasu pomocí SW ArchiCad.

#### Výpočet svozového plánu pro tříděný odpad:

- 1) Na obrázku 38 se nachází graf zakreslený v mapě. Hledání svozové cesty, bude autorka řešit se sedmnácti vrcholy (V1 až V17) a hranami (možnými cestami) mezi těmito vrcholy. Stanoviště s nádobou na plast v ulici Družstevní jako jediné zde není zakresleno, neboť se zde nachází podzemní kontejner, který je svážen zvlášť malým kontejnerovým nosičem (13) MAN TGL 12.220.



Obrázek 40 Graf stanovišť zakreslený v mapě

Zdroj: autorka s využitím (15)

2) Graf z Obrázku 40 autorka převedla do SW Microsoft Excel a vytvořila matici přímých vzdáleností. Tato matice je zobrazena v tabulce 12. Matice byla vytvořena podle podmínek (26):

$$d_{ij} = o(h), \text{ jestliže } \exists h \in X \text{ pro kterou } p(h) = (v_i, v_j) \quad (21)$$

$$d_{ij} = \infty, \text{ jestliže } \nexists h \in X \text{ pro kterou } p(h) = (v_i, v_j) \quad (22)$$

$$d_{ij} = 0, \text{ pro } i = j \quad (23)$$

Kde:

$d_{ij}$  Prvek v grafu [-]

$o(h)$  Ohodnocení hrany [m]

$p(h)$  Incidence  $p$  (přiřazení každé hraně dvojici vrcholů)

Tabulka 12 Matice přímých vzdáleností

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17
V1	0	764	∞	∞	540	666	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V2	764	0	320	305	414	830	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V3	∞	320	0	332	∞	∞	303	256	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V4	∞	305	332	0	202	∞	447	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V5	540	414	∞	202	0	641	483	∞	∞	667	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V6	666	830	∞	∞	641	0	∞	∞	∞	682	602	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V7	∞	∞	303	326	375	∞	0	318	281	656	∞	403	389	∞	∞	∞	∞
V8	∞	∞	256	∞	∞	∞	318	0	299	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V9	∞	∞	∞	∞	∞	∞	281	299	0	673	∞	249	384	∞	∞	∞	∞
V10	∞	∞	∞	∞	667	682	520	∞	673	0	325	389	∞	513	243	∞	∞
V11	∞	∞	∞	∞	∞	602	∞	∞	∞	325	0	∞	∞	∞	409	260	∞
V12	∞	∞	∞	∞	∞	∞	403	∞	249	389	∞	0	259	220	444	∞	∞
V13	∞	∞	∞	∞	∞	∞	389	∞	384	∞	∞	259	0	∞	∞	∞	604
V14	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	513	∞	220	∞	0	385	∞	∞
V15	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	243	409	444	∞	385	0	380	293
V16	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	260	∞	∞	∞	380	0	437
V17	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	604	∞	293	437	0

Zdroj: autorka s využitím MS Excel

Do matice vzdáleností byly zařazeny i jednosměrné ulice, které se nachází okolo náměstí ve Ždírci nad Doubravou. Z tohoto důvodu není matice symetrická podle diagonály.

3) Zda se veškerý odpad odveze jedním svozovým automobilem, autorka zjišťovala podle objemu nástavby vozidla a počtu nádob na jednotlivých staveništích. Objemy mohou být při každé jízdě jiné, protože záleží na objemu odpadu, kolik lidí do nádob uloží, a hlavně jakým způsobem tento odpad uloží. Pokud plastovou láhev občané nestlačí, je jasné, že počet plastových věcí se do nádob vejde méně. Tento druh odpadu je objemný, ale zároveň lehký. Svozové automobily mají však přímo v automobilu nainstalovaný mechanismus pro stlačení tohoto odpadu, aby se do automobilu vešlo co největší množství odpadu. Pro svozové auto je mezní tonáž 15 tun (13). Společnost, vlastníci toto vozidlo však nechce vůz přetěžovat a tak plní vůz pouze okolo 13 tun.

V tabulce 13 je uveden počet nádob na jednotlivých stanovištích.

Tabulka 13 Počet nádob na stanovištích

Stanoviště	Počet nádob	Stanoviště	Počet nádob
Chrudimská, ŠJ	2	Lipová 145	2
Chrudimská, Tipsport	1	Nad Řekou DPS 560	1
Spojovací 483	2	Spojovací 404	3
Příčná 387	3	Na Kopaninách 426	2
Zahradní I, areál DIPP	1	U Kína	1
Jižní – Nad řekou	2	Na Balkáně 15	1
Jižní 621	2	Nádražní	1
Ve Vilkách 520	2	Na rozcestí 87	1
Chrudimská, ŠJ	2		

Zdroj: autorka s využitím MS Excel

Maximální plnicí hmotnost jedné nádoby na plast je 440 kg (22).

Výpočet počtu svozových automobilů pro svoz separovaného odpadu:

Počet nádob: 28 kusů

Max. plnicí hmotnost 1 nádoby: 440 kg

$$m_C = P_N \cdot m_{1N} \quad (24)$$

$$m_C = 28 \cdot 440$$

$$m_C = 12\,320 \text{ Kg}$$

Kde:

$m_C$  Celková maximální plnicí hmotnost [kg]

$P_N$  Počet nádob [ks]

$m_{1N}$  Maximální plnicí hmotnost jedné nádoby [kg]

Tato hmotnost sebraného plastu je uvedena v nestlačeném stavu. Vozy společnosti AVE jsou vybaveny stlačovaným lisem, který sběrné plasty stlačuje v poměru 1:6.

$$S_s = \frac{m_C}{6} \quad (25)$$

$$S_s = \frac{12\,320}{6}$$

$$S_s = 2053 \text{ Kg} = 2,053 \text{ tun}$$

Kde:

$S_s$  Stav stlačený [kg]

$m_C$  Celková maximální plnicí hmotnost [kg]

Poměr maximální plnicí hmotnosti všech nádob ve městě oproti maximálnímu objemu vozidla:

$$2,053 \text{ tun} < 13 \text{ tun}$$

Z výpočtů dle vzorců (23) a (24) je zřejmé, že pro svoz všech nádob ve městě bude stačit jedno vozidlo. Aby byla jízda vozidla efektivní, zajíždí ještě vozidlo do okolních obcí, podle nevyužitého objemu vozu. Řešení svozu okolních obcí autorka neuvažovala, protože se zaměřila pouze na sběr plastu na jednotlivých staveništích určených pro občany ve městě.

Pokud by se množství sváženého odpadu nevešlo do jedné obsluhy vozidla, bylo by vhodné na tento graf aplikovat metodu Clark-Wright. Tato metoda určování okružních jízd (26) hledá nejkratší trasu mezi stanovišti a zohledňuje při tom objem vozidla. Autorka ale výpočtem dle vzorců (24) a (25) zjistila, že veškerý svoz se vejde do jednoho automobilu, proto metodu Clark-Wright nepoužila a místo toho použila metodu Branch-and-bound (Littlův algoritmus), z důvodu nalezení nejkratší cesty mezi vrcholy do množství 60 vrcholů v grafu.

10) Littlův algoritmus neboli metoda Branch-and-bound se řadí mezi úlohy obchodního cestujícího. Úloha obchodního cestujícího je založená na tom, aby trasa, kterou autorka hledá, obsahovala všechny vrcholy v grafu (Hamiltonovská kružnice obsahuje všechny vrcholy v grafu), aby začínala a končila v tomtéž vrcholu a neprošla žádnou hranou dvakrát.

Úlohy obchodního cestujícího se rozdělují na exaktní a heuristické metody. Pro malé rozměry grafu lze využít exaktní metody. Pro rozsáhlejší se používají heuristické metody.

Littlův Algoritmus je exaktní metoda, která počítá s maximálně 60 vrcholy. Autorka tuto metodu použila, neboť graf má 17 vrcholů.

Littlův algoritmus pracuje na principu větví a hranic (Branch-and-bound). Tento algoritmus mimo výpočtu matice se zakresluje také pomocí větví a hranic. Začíná se kořenem stromu (označení E), který určuje minimální skutečnou vzdálenost pro projití trasy. Kořen stromu se větví na dvě podmnožiny  $(\bar{P}, P)$ , které se zjistí z výpočtu Littlova algoritmu. Tyto podmnožiny mají vlastnosti, vypočítané z Littlova algoritmu. Z těchto dvou podmnožin se při výpočtu vybere ta podmnožina, která má minimální hodnotu a z té se dále větví na další dvě podmnožiny.

Pro sestrojení trasy pomocí Littlova algoritmu, musí být splněny požadavky (26) pro tento algoritmus.

Požadavky k sestrojení Littlova algoritmu:

- Graf musí být hranově ohodnocený/ neohodnocený.
- Všechny hrany v grafu musí být ohodnoceny (od 0 do  $\infty$ )

$$v_{ij} \geq 0 \quad (26)$$

$$v_{ij} = \infty \quad (27)$$

Hrany a vrcholy grafu musí tvořit matici  $V = (v_{ij})_{i,j=1}^n$  (28)

- Pokud je v matici použit symbol  $\infty$ , mezi vrcholy neexistuje hrana (cesta) nebo ji nelze použít.

Všechny požadavky pro využití Littlova algoritmu autorka splnila. Autorka vychází z hranově ohodnoceného grafu, který převedla do matice.

Postup Littlova algoritmu (26) pro sestrojení minimální trasy se skládá ze třinácti kroků.

Postup výpočtu Littlova algoritmu:

1. Krok – Existuje matice  $V$ . Od všech prvků v řádku  $i$  v matici se odečte minimální prvek řádku. Výsledná matice (označení  $V'$ ). Výpočet prvku  $v_{ij}'$  podle vzorce (29):

$$v_{ij}' = v_{ij} - \min\{v_{ij}\} \text{ pro } i = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (29)$$

2. Krok – V matici  $V'$  odečteme ve sloupcích minimální prvek každého sloupce. Vznikne matice označená  $V''$ . Výpočet prvku  $v_{ij}''$  podle vzorce (30):

$$v_{ij}'' = v_{ij}' - \min\{v_{ij}'\} \text{ pro } j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (30)$$

Po odečtení minimálních prvků v řádkách a sloupcích (první a druhý krok Littlova algoritmu) dochází k tomu, že v každém řádku a v každém sloupci se vyskytuje alespoň jedna nula.

3. Krok – Při prvním procházení se provede součet odečtených minimálních prvků v řádcích a sloupcích. Toto číslo udává kořen stromu, od kterého se bude odvíjet algoritmus. Kořen stromu se označuje písmenem  $E$ . Hodnota kořene se označuje jako  $b_0$ . Tato hodnota udává minimální vzdálenost, která bude při trase projeta.

Třetí krok, který bude využit v dalších krocích algoritmu mimo prvního projití je součet minimálních prvků v řádcích a sloupcích. Tímto krokem se přechází na krok 9.

4. Krok – Čtvrtý krok Littlova algoritmu ohodnocuje nuly v matici. Každá nula se ohodnotí součtem minimálních prvků v daném sloupci ( $i$ ) a řádku ( $j$ ), kde se nula nachází. Ohodnocení se označuje  $\gamma_{ij}$ :

$$\gamma_{ij} = \min\{v_{ir}''\} + \min\{v_{sj}''\}, \text{ kde } r \neq j, s \neq i \quad (31)$$

5. Krok – Maximální ohodnocená nula  $\gamma_{kl}$ , která se v matici nachází na pozici  $(v_k, v_l)$  se vybere pro další krok tohoto algoritmu.

$$\gamma_{kl} = \max_{i,j} \{\gamma_{ij}\} \quad (32)$$

Tato nula zobrazuje vlastnost  $\overline{P_{kl}}$ . Tato vlastnost znázorňuje, že Hamiltonova kružnice nebude obsahovat tuto hranu.

6. Krok – Šestáým krokem dochází k zakreslení levé větve s vrcholem a jeho vlastností  $\overline{P_{kl}}$  do stromu. Tento vrchol se ohodnotí příslušným číslem, vypočítaným v pátém kroku (Přičtení  $\gamma_{kl}$  k předchůdci ve stromu).

7. Krok – Matice se zredukuje tak, že se vyloučí k-tý řádek a l-tý sloupec, ve kterém se nacházela maximální ohodnocená nula. Aby nedošlo k zacyklení (aby byly v grafu obsaženy všechny vrcholy), musí se místo s možným zacyklením ohodnotit  $\infty$ .
8. Krok – Na výslednou matici z kroku 7 se provede první a druhý krok tohoto algoritmu.
9. Krok – Dále navazuje třetí krok. Minima v řádku a sloupcích se sečtou a ohodnotí se pravá větve stromu, vrchol s vlastností  $P_{kl}$ . Tento vrchol má ohodnocení součtu nalezených minim v řádcích a sloupcích, které se přičtou k předchůdci. Odečtením minim z řádků a sloupců se v matici objeví nuly, které se znovu ohodnotí podle kroku 4.
10. Krok – Pokud matice má rozměry 1 x 1, tento algoritmus je u konce. Pokud ne, pokračuje se 11 krokem.
11. Krok – Jedenáctý krok vybírá vrchol, který je visící a má nejmenší ohodnocení hran.
12. Krok – Pokud vlastnost  $P_{kl}$  se rovná tomuto vrcholu, dalším krokem bude krok 4, jinak krok 13.
13. Krok – Obsahuje dvě možnosti. První možnost je taková, že pokud vrchol odpovídá vlastnosti  $\overline{P_{ij}}$ , pak daná buňka  $v_{ij}''$  se změní na  $\infty$ . Potom v daném řádku či sloupci se vypočte minimální hodnota a výpočet proběhne podle čtvrtého kroku. Druhá možnost, pokud daný vrchol, který visí odpovídá vlastnosti  $P_{ij}$ , pokračuje se dále krokem 4.

Výpočet Littlova algoritmu:

1. Krok – Najítí minimálních prvků v řádku. V tabulce 14 je výchozí matice vzdáleností. Sloupeček vpravo obsahuje minimální hodnoty z řádků.

Tabulka 14 Krok 1 Littlova algoritmu

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	
V1	$\infty$	764	$\infty$	$\infty$	540	666	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	540
V2	764	$\infty$	320	305	414	830	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	305
V3	$\infty$	320	$\infty$	332	$\infty$	$\infty$	303	256	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	256
V4	$\infty$	305	332	$\infty$	202	$\infty$	447	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	202
V5	540	414	$\infty$	202	$\infty$	641	483	$\infty$	$\infty$	667	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	202
V6	666	830	$\infty$	$\infty$	641	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	682	602	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	602
V7	$\infty$	$\infty$	303	326	375	$\infty$	$\infty$	318	281	656	$\infty$	403	389	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	281
V8	$\infty$	$\infty$	256	$\infty$	$\infty$	$\infty$	318	$\infty$	299	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	256
V9	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	281	299	$\infty$	673	$\infty$	249	384	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	249
V10	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	667	682	520	$\infty$	673	$\infty$	325	389	$\infty$	513	243	$\infty$	$\infty$	243
V11	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	602	$\infty$	$\infty$	$\infty$	325	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	409	260	$\infty$	260
V12	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	403	$\infty$	249	389	$\infty$	$\infty$	259	220	444	$\infty$	$\infty$	220
V13	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	389	$\infty$	384	$\infty$	$\infty$	259	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	604	259
V14	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	513	$\infty$	220	$\infty$	$\infty$	385	$\infty$	$\infty$	220
V15	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	243	409	444	$\infty$	385	$\infty$	380	293	243
V16	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	260	$\infty$	$\infty$	$\infty$	380	$\infty$	437	260
V17	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	604	$\infty$	293	437	$\infty$	293

Zdroj: autorka s využitím MS Excel



2. Krok – Ve druhém kroku autorka odečetla od hodnot v matici řádková minima v řádcích.

Poslední řádek pod maticí v Tabulce 15 udává minimální hodnotu ve sloupcích.

Odečtení minimálních hodnot ve sloupcích a řádcích znázorňuje Tabulka 16.

Tabulka 15 Krok 2 Littlova algoritmu

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17
V1	∞	224	∞	∞	0	126	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V2	459	∞	15	0	109	525	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V3	∞	64	∞	76	∞	∞	47	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V4	∞	103	130	∞	0	∞	245	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V5	338	212	∞	0	∞	439	281	∞	∞	465	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V6	64	228	∞	∞	39	∞	∞	∞	∞	80	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V7	∞	∞	22	45	94	∞	∞	37	0	375	∞	122	108	∞	∞	∞	∞
V8	∞	∞	0	∞	∞	∞	62	∞	43	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V9	∞	∞	∞	∞	∞	∞	32	50	∞	424	∞	0	135	∞	∞	∞	∞
V10	∞	∞	∞	∞	424	439	277	∞	430	∞	82	146	∞	270	0	∞	∞
V11	∞	∞	∞	∞	∞	342	∞	∞	∞	65	∞	∞	∞	∞	149	0	∞
V12	∞	∞	∞	∞	∞	∞	183	∞	29	169	∞	∞	39	0	224	∞	∞
V13	∞	∞	∞	∞	∞	∞	130	∞	125	∞	∞	0	∞	∞	∞	∞	345
V14	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	293	∞	0	∞	∞	165	∞	∞
V15	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	166	201	∞	142	∞	137	50
V16	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞	∞	120	∞	177
V17	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	311	∞	0	144	∞
	64	64	0	0	0	126	32	0	0	0	0	0	39	0	0	0	50

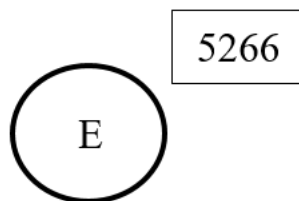
Zdroj: autorka s využitím MS Excel

Tabulka 16 Krok 2 Odečtení minim

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17
V1	∞	160	∞	∞	0	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V2	395	∞	15	0	109	399	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V3	∞	0	∞	76	∞	∞	15	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V4	∞	39	130	∞	0	∞	213	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V5	274	148	∞	0	∞	313	249	∞	∞	465	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V6	0	164	∞	∞	39	∞	∞	∞	∞	80	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V7	∞	∞	22	45	94	∞	∞	37	0	375	∞	122	69	∞	∞	∞	∞
V8	∞	∞	0	∞	∞	∞	30	∞	43	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V9	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	50	∞	424	∞	0	96	∞	∞	∞	∞
V10	∞	∞	∞	∞	424	313	245	∞	430	∞	82	146	∞	270	0	∞	∞
V11	∞	∞	∞	∞	∞	216	∞	∞	∞	65	∞	∞	∞	∞	149	0	∞
V12	∞	∞	∞	∞	∞	∞	151	∞	29	169	∞	∞	0	0	224	∞	∞
V13	∞	∞	∞	∞	∞	∞	98	∞	125	∞	∞	0	∞	∞	∞	∞	295
V14	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	293	∞	0	∞	∞	165	∞	∞
V15	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	166	201	∞	142	∞	137	0
V16	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞	∞	120	∞	127
V17	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	272	∞	0	144	∞

Zdroj: autorka s využitím MS Excel

3. Krok – Součet minimálních hodnot v řádcích a sloupcích je hodnota 5266. Toto je minimální hodnota (vzdálenost), která bude při svozu projeta. Obrázek 41 zobrazuje schéma zakreslení kořene (označení E) a jeho hodnotu  $b_0$  (označena hodnotou 5266).



Obrázek 41 Schéma zakreslení kořene

Zdroj: autorka

4. Krok – V tomto kroku dochází k ohodnocení nul v matici. Autorka pro ohodnocení nul použila červenou barvu, pro odlišení od stávajících hodnot. U každé nuly hledáme minimální prvek v řádku a sloupci, ve kterém se nula právě nachází.

Z tabulky 17 je patrné, že maximální ohodnocení u nul dochází mezi Vrcholy (V1; V6), (V6; V1), (V11; V16).

Tabulka 17 Ohodnocení nul v matici

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17
V1	∞	160	∞	∞	0 0	0216	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V2	395	∞	15	015	109	399	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V3	∞	039	∞	76	∞	∞	15	037	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V4	∞	39	130	∞	039	∞	213	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V5	274	148	∞	0148	∞	313	249	∞	∞	465	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V6	0274	164	∞	∞	39	∞	∞	∞	∞	80	0 0	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V7	∞	∞	22	45	94	∞	∞	37	051	375	∞	122	69	∞	∞	∞	∞
V8	∞	∞	058	∞	∞	∞	30	∞	43	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V9	∞	∞	∞	∞	∞	∞	015	50	∞	424	∞	0 0	96	∞	∞	∞	∞
V10	∞	∞	∞	∞	424	313	245	∞	430	∞	82	146	∞	270	082	∞	∞
V11	∞	∞	∞	∞	∞	216	∞	∞	∞	65	∞	∞	∞	∞	149	0202	∞
V12	∞	∞	∞	∞	∞	∞	151	∞	29	169	∞	∞	069	0142	224	∞	∞
V13	∞	∞	∞	∞	∞	∞	98	∞	125	∞	∞	098	∞	∞	∞	∞	295
V14	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	293	∞	0165	∞	∞	165	∞	∞
V15	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	065	166	201	∞	142	∞	137	0127
V16	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0120	∞	∞	∞	120	∞	127
V17	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	272	∞	0144	144	∞

Zdroj: autorka s využitím MS Excel

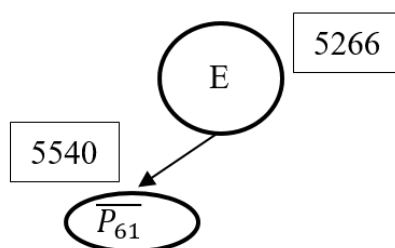
5. Krok – Autorka našla nulu s maximálním ohodnocením. Tato nula se nachází na pozici mezi vrcholy (V6; V1). Autorka toto maximální ohodnocení zvýraznila. Maximální hodnota ohodnocené nuly je 274.

Tabulka 18 Nula s maximálním ohodnocení

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17
V1	∞	160	∞	∞	00	0216	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V2	395	∞	15	015	109	399	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V3	∞	039	∞	76	∞	∞	15	037	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V4	∞	39	130	∞	039	∞	213	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V5	274	148	∞	0148	∞	313	249	∞	∞	465	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V6	0274	164	∞	∞	39	∞	∞	∞	∞	80	00	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V7	∞	∞	22	45	94	∞	∞	37	051	375	∞	122	69	∞	∞	∞	∞
V8	∞	∞	058	∞	∞	∞	30	∞	43	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V9	∞	∞	∞	∞	∞	∞	015	50	∞	424	∞	00	96	∞	∞	∞	∞
V10	∞	∞	∞	∞	424	313	245	∞	430	∞	82	146	∞	270	082	∞	∞
V11	∞	∞	∞	∞	∞	216	∞	∞	∞	65	∞	∞	∞	∞	149	0202	∞
V12	∞	∞	∞	∞	∞	∞	151	∞	29	169	∞	∞	069	0142	224	∞	∞
V13	∞	∞	∞	∞	∞	∞	98	∞	125	∞	∞	098	∞	∞	∞	∞	295
V14	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	293	∞	0165	∞	∞	165	∞	∞
V15	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	065	166	201	∞	142	∞	137	0127
V16	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0120	∞	∞	∞	120	∞	127
V17	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	272	∞	0144	144	∞

Zdroj: autorka s využitím MS Excel

6. Krok – Po zjištění maximální ohodnocené nuly, autorka tuto hodnotu připočetla ke kořenu stromu a provedla vytvoření nové levé větve, která je zobrazena na Obrázku 42. Nová větev má označení podle vrcholů (61), se kterými se stýká.



Obrázek 42 Schéma zakreslení větve 1

Zdroj: autorka

7. Krok – V sedmém kroku autorka vyloučila řádek V6 a sloupec V1, ve kterých ležela nula s maximálním ohodnocení. Prvek ležící na prvním řádku a šestém sloupci autorka převedla na ∞, aby se graf nezacyklil.

Tabulka 19 Krok 7 Vyjmutí řádku a sloupce

	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17
V1	160	∞	∞	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V2	∞	15	0	109	399	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V3	0	∞	76	∞	∞	15	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V4	39	130	∞	0	∞	213	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V5	148	∞	0	∞	313	249	∞	∞	465	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V7	∞	22	45	94	∞	∞	37	0	375	∞	122	69	∞	∞	∞	∞
V8	∞	0	∞	∞	∞	30	∞	43	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V9	∞	∞	∞	∞	∞	0	50	∞	424	∞	0	96	∞	∞	∞	∞
V10	∞	∞	∞	424	313	245	∞	430	∞	82	146	∞	270	0	∞	∞
V11	∞	∞	∞	∞	216	∞	∞	∞	65	∞	∞	∞	∞	149	0	∞
V12	∞	∞	∞	∞	∞	151	∞	29	169	∞	∞	0	0	224	∞	∞
V13	∞	∞	∞	∞	∞	98	∞	125	∞	∞	0	∞	∞	∞	∞	295
V14	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	293	∞	0	∞	∞	165	∞	∞
V15	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	166	201	∞	142	∞	137	0
V16	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞	∞	120	∞	127
V17	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	272	∞	0144	144	∞

216

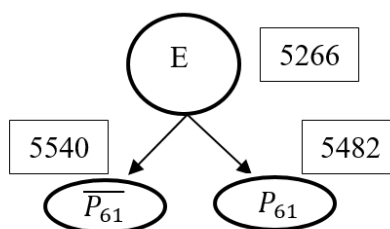
Zdroj: autorka s využitím MS Excel

8. Krok – Pro nalezení druhé větve stromu, autorka prošla graf a zjišťovala, zda existuje v každém řádku a sloupci alespoň jedna nula. V každém řádku existuje alespoň jedna nula. Ve sloupcích to tak ale není. Ve sloupci V6 se nenachází žádná nula.

Autorka proto našla minimální prvek ve sloupci, kterým je hodnota 216 (Tabulka 19).

Tuto hodnotu odečetla od všech hodnot ve sloupci.

9. Krok – Hodnota 216 v součtu s hodnotou kořene, udává druhou větev stromu, zobrazena na Obrázku 43. Označení této větve je  $P_{61}$ , kde 61 udává vrcholy, které jí náleží.



Obrázek 43 Schéma zakreslení větvi 2

Zdroj: autorka

Větvení stromu se dále větví z té větve, která udává menší hodnotu. Postup redukce matice při hledání větvi se opakuje. Autorka výpočet provedla v SW Microsoft Excel, který je přiložen v elektronické příloze J. V této příloze je zobrazen celý výpočet toho příkladu.

V tabulce 20 jsou zvýrazněny hodnoty (vzdálenosti), které byly vypočítány pomocí Littlova algoritmu, pro dosažení nejkratší cesty při svozu odpadu. Součet těchto vzdáleností udává ujetou vzdálenost při svozu plastového odpadu.

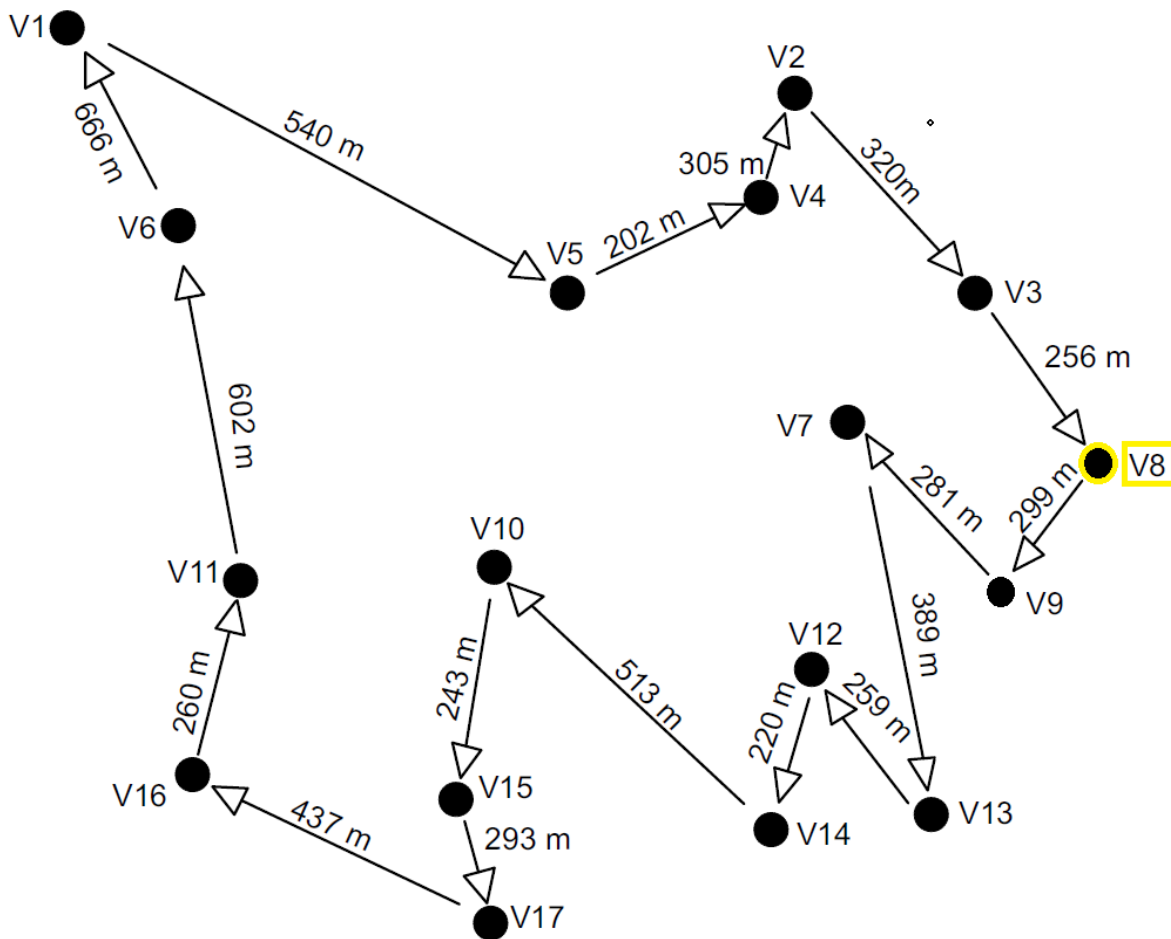
Tabulka 20 Nalezení cesty

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17
V1	∞	764	∞	∞	540	666	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V2	764	∞	320	305	414	830	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V3	∞	320	∞	332	∞	∞	303	256	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V4	∞	305	332	∞	202	∞	447	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V5	540	414	∞	202	∞	641	483	∞	∞	667	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V6	666	830	∞	∞	641	∞	∞	∞	∞	682	602	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V7	∞	∞	303	326	375	∞	∞	318	281	656	∞	403	389	∞	∞	∞	∞
V8	∞	∞	256	∞	∞	∞	318	∞	299	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V9	∞	∞	∞	∞	∞	∞	281	299	∞	673	∞	249	384	∞	∞	∞	∞
V10	∞	∞	∞	∞	667	682	520	∞	673	∞	325	389	∞	513	243	∞	∞
V11	∞	∞	∞	∞	∞	602	∞	∞	∞	325	∞	∞	∞	∞	409	260	∞
V12	∞	∞	∞	∞	∞	∞	403	∞	249	389	∞	∞	259	220	444	∞	∞
V13	∞	∞	∞	∞	∞	∞	389	∞	384	∞	∞	259	∞	∞	∞	∞	604
V14	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	513	∞	220	∞	∞	385	∞	∞
V15	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	243	409	444	∞	385	∞	380	293
V16	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	260	∞	∞	∞	380	∞	437
V17	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	604	∞	293	437	∞

Zdroj: autorka s využitím MS Excel

Celková vzdálenost trasy při projetí svozového vozu pro svoz plastu je 6085 metrů. Na obrázku 44 je zakreslena trasa svozu ve městě. Trasa je znázorněna jako Hamiltonová kružnice, do které se může vstoupit z jakéhokoliv bodu. Protože svozový vůz nevlastní město Ždírec nad Doubravou, ale přijíždí ze Žďáru nad Sázavou, tuto svozovou trasu začne vůz ve vrcholu 8 (V8 označen žlutou barvou), neboť zde existuje pozemní komunikace, vedená právě do tohoto města.

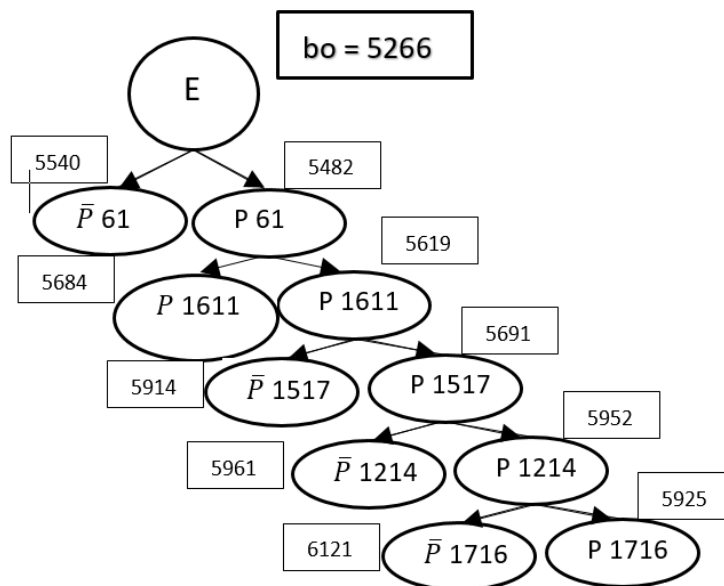
Město je možné projet i opačným směrem, neboť tyto vybrané trasy neobsahují jednosměrné ulice, tudíž je možné je projet i směrem opačným, než je uveden na obrázku.



Obrázek 44 Trasa svozu mezi stanovišti

Zdroj: Autorka s využitím programu ArchiCad

Na obrázku 45 je znázorněn výsek schématu stromu Littlova algoritmu tohoto návrhu při hledání nejkratší cesty. Celý strom Littlova algoritmu je uveden v Příloze H.



Obrázek 45 Schéma stromu Littlova algoritmu

Zdroj: autorka

### Stanovení doby u navržené trasy

Stanovení doby práce nezávisí jen na rychlosti daného vozidla a vzdálenosti, kterou vůz ujede, ale také na času stráveném na sběrných stanovištích. Zde se započítává čas manipulace s danou sběrnou nádobou (přistavení nádoby k vozidlu, výsyp, uložení nádoby na místo) a také úklid daného stanoviště. Pokud jsou nádoby plné, lidé odkládají odpad i mimo nádoby. Tento odpad mimo nádoby musejí zaměstnanci také sbírat (uvedeno v interní směrnici) a případně zamést okolo těchto nádob.

#### Pro výpočet trasy svozu jsou použity tyto údaje:

Rychlost vozu: 30 km/h

Délka trasy: 6, 085 km

Počet kontejnerů 28 kusů

Počet sběrných stanovišť 13

Úklid sběrného místa 2 minuty = 120 sekund

Doba nakládacího cyklu vozidla: 17 sekund

Přistavení/ odstavení nádoby: 3-10 sekund (z hlediska postoje vozu vůči nádobě).

Při pozorování pracovníků manipulujících s nádobami, autorka zvolila tuto dobu 5 sekund.

Doba práce na sběrných stanovištích se pak vypočítá podle vzorce (33):

$$t_{PS} = P_N \cdot (N_P + N_O + t_{NC}) + P_S \cdot t_{\dot{U}} \quad (33)$$

$$t_{PS} = 28 \cdot (5 + 5 + 17) + 13 \cdot 120$$

$$t_{PS} = 2\,316 \text{ sekund} \doteq 39 \text{ minut}$$

Kde:

$t_{PS}$  Doba práce na sběrných stanovištích [s]

$P_N$  Počet nádob [ks]

$N_P$  Doba přistavení nádoby [s]

$N_O$  Doba odstavení nádoby [s]

$t_{NC}$  Doba nakládacího cyklu [s]

$P_S$  Počet stanovišť [ks]

$t_{\dot{U}}$  Doba úklidu [s]

Doba jízdy sběrným vozidlem je vypočítána ze vzorce (13):

$$t_j = \frac{s}{v} \quad (13)$$

$$t_j = \frac{6,085}{30} = 0,203 \text{ h} = 12,18 \text{ minut} \doteq 13 \text{ minut}$$

Kde:

$t_j$  Doba jízdy vozidla [h]

$s$  Délka trasy [km]

$v$  Rychlost vozidla [km/h]

K době strávené na jednotlivých stanovištích (33) autorka přičetla dobu jízdy ze vzorce (13), aby zjistila celkovou dobu jízdy podle vzorce (34) při sběru plastového odpadu.

$$t_{CS3} = t_j + t_{PS} \quad (34)$$

$$t_{CS} = 13 + 39$$

$$t_{CS3} = 52 \text{ minut} \doteq 60 \text{ minut}$$



Kde:

$t_{CS3}$  Celková doba jízdy sběru ve městě separovaného odpadu [min]

$t_j$  Doba jízdy vozidla [min]

$t_{PS}$  Doba práce na sběrných stanovištích [min]

Celková doba jízdy svozové trasy separovaného odpadu je podle autorky 52 minut. Tato doba je oproti vypočítané celkové doby jízdy zvětšena o 8 minut, z hlediska nepředpokládaných situací (špatně zaparkované automobily občanů blízko nádob na odpad, zdržení v kongescích, a další).

K celkové jízdě sběru se musí také započítat doba přistavení vozidla z vozového parku společnosti a zpětná jízda zpět do vozového parku, kde mimo jiné se nachází také sběrný dvůr. Vzdálenost (15) z vozového parku/ sběrného dvora ve Žďáru nad Sázavou do Ždírci nad Doubravou je 21,3 Km. Doba jízdy vozidla na této trase je 22 min v jednom směru.

$$t_{C3} = t_{PJ} + t_{CS3} + t_{OJ} \quad (35)$$

$$t_{C3} = 22 + 60 + 22$$

$$t_{C3} = 104 \text{ minut} = 1 \text{ hodina } 44 \text{ minut}$$

Kde:

$t_{C3}$  Celková doba jízdy [min]

$t_{PJ}$  Doba přístavné jízdy [min]

$t_{CS3}$  Celková doba jízdy sběru ve městě separovaného odpadu [min]

$t_{OJ}$  Doba odstavné jízdy [min]

**Celková doba trasy pro sběr plastového odpadu je 1 hodina a 44 minut.**

Při výpočtu jízdy vozidla je důležité uvažovat i s bezpečnostními přestávkami pro řidiče. Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 478/ 2000 Sb. kterou se provádí zákon o silniční dopravě, ve znění pozdějších předpisů (28) definuje, že bezpečnostní přestávka musí být uskutečněna nejdéle po jízdě, která trvá 4,5 hodiny a bezpečnostní přestávka musí být dlouhá nejméně 45 minut.

Jak je ze vzorce (35) vidět, trasa jízdy pro separovaný odpad ve Ždírci nad Doubravou spolu s odstavnou a přístavnou jízdou trvá 1 hodinu a 44 minut, proto pro tuto trasu nebudou bezpečnostní přestávky vykonávány.

### 3 ZHODNOCENÍ PŘEDLOŽENÝCH NÁVRHŮ

Vyhodnocení návrhu autorka provedla pro každý návrh zvlášť.

#### 3.1 Vyhodnocení návrhu řešení přidání nové nádoby pro bioodpad

Přidáním nové nádoby na místo, kde se město potýká s nedostatečnou kapacitou bioodpadu, by vyřešilo tento problém. Musíme brát ale v úvahu, že pokud se na stanoviště přidáme další nádobu o objemu 1100 l, musíme mít na to dostatečný prostor.

Toto staveniště na tříděný odpad se nachází na travnatém porostu, kde prostor pro další nádobu je. Při vyhodnocení bylo zjištěno, že tento návrh přidáním nové nádoby je vhodný. V tabulce 21 je znázorněna kapacita stanoviště současného a navrženého stavu.

Tabulka 21 Vyhodnocení návrhu přidání nádoby

	Současný stav	Navržený stav
Počet nádob na bioodpad (ks)	2	3
Počet nádob na stanovišti (ks)	11	12
Kapacita pro sběr bioodpadu (l)	2200	3300

Zdroj: autorka s využitím MS Excel

#### 3.2 Vyhodnocení návrhu přidáním nové nádoby na nové stanoviště

Přidáním nádoby na nové, již dříve nevyužité stanoviště pro stanovený druh odpadu, je vhodné z hlediska docházkové vzdálenosti občanů. Nevýhodou u těchto návrhů je to, že svozová firma, musí do svých plánů svozu zahrnout i tuto novou nádobu na novém stanovišti a tím změnit svůj svozový plán.

#### Vyhodnocení návrhu řešení stanovišť pro sběr textilu

V tabulce 22 jsou znázorněny počty nádob a kapacita současného stavu. Pro porovnání s navrženou sběrnou nádobou jsou v tabulce uvedeny informace o změně stavu na stanovišti s použitím nové nádoby.

Tabulka 22 Vyhodnocení návrhu pro sběr textilu

	Současný stav	Navržený stav
Počet nádob na textil (ks)	0	1
Počet nádob na stanovišti (ks)	7	8
Kapacita pro sběr textilu (l)	0	2500

Zdroj: autorka s využitím MS Excel

## Vyhodnocení návrhu řešení stanovišť pro sběr kovu

Přidáním sběrné nádoby na stanoviště v ulici Na Balkáně, se změní počty nádob i kapacita, které jsou uvedené v Tabulce 23. Nádobu na tomto stanovišti přinese kratší (200 m) docházkovou vzdálenost pro obyvatele na východě města, a tak můžou občané města nádobu na sběr kovu více využívat.

Tabulka 23 Vyhodnocení návrhu pro sběr kovu

	Současný stav	Navržený stav
Počet nádob na kov (ks)	0	1
Počet nádob na stanovišti (ks)	5	6
Kapacita pro sběr kovu (l)	0	1100

Zdroj: autorka s využitím MS Excel

## Vyhodnocení návrhu řešení stanovišť pro sběr bioodpadu (živočišné a rostlinné tuky)

Nádobu pro sběr živočišných a rostlinných tuků autorka umístila v ulici Na Balkáně. Na toto místo byla v návrhu umístěna i nádoba na kov. Jak bylo znázorněno na obrázku 24, obě nádoby se zde kapacitně umístí. Porovnání současného a navrženého stavu je zobrazeno v tabulce 24. Počet nádob na stanovišti se zvětšil o 2, protože je zde uvedena i nádoba na plast, která byla navržena poté, co bylo rozšířeno stanoviště.

Tabulka 24 Vyhodnocení návrhu pro sběr bioodpadu

	Současný stav	Navržený stav
Počet nádob na oleje (ks)	0	1
Počet nádob na stanovišti (ks)	5	7
Kapacita pro sběr olejů (l)	0	250
Kapacita pro sběr plastu (l)	1100	2200

Zdroj: autorka s využitím MS Excel

### 3.3 Vyhodnocení návrhu vybudování podzemních kontejnerů

V současném stavu stojí v ulici Spojovací 16 nádob na sběr papíru, které kazí estetiku sídliště ve Ždírci. Podzemní kontejnery by zlepšili estetiku této části města. Tím, že tyto nádoby jsou ukryty pod zemí, se zvětšuje prostor a dané místo vypadá i čistější. Hlavním přínosem těchto podzemních nádob je zvětšení kapacity pro sběr odpadu. Porovnání stávajícího a navrženého stavu je uvedeno v tabulce 25.

Tabulka 25 Vyhodnocení stavu podzemních kontejnerů

	Současný stav	Navržený stav
Objem nádob na sběr papíru (l)	3300	5000
Objem nádob na sběr plastu (l)	3300	5000
Objem nádob na sběr čirého skla (l)	2200	3000
Objem nádob na sběr barevného sklo (l)	1100	3000
Objem nádob na sběr bioodpadu (l)	2200	2200
Objem nádob na sběr textilu (l)	2500	2500
Objem nádob na sběr kovu (l)	1100	1100
Objem nádob na sběr tuků (l)	250	250

Zdroj: autorka s využitím MS Excel

Objemy nádob pro papír a plast se zvětšily o 52 %. Objem na sběr čirého skla se zvětšil oproti současnému stavu o 37 %. Největší rozdíl mezi současným stavem a navrženým stavem má barevné sklo, které se zvětšilo skoro trojnásobně, oproti původnímu stavu.

### 3.4 Vyhodnocení návrhu svozové trasy pro směsný komunální odpad

Návrh svozové trasy pro směsný komunální odpad, je přínosem pro svozovou firmu. Jak byl v práci uvedeno, společnost neposkytla autorce svozovou trasu při sběru směsného komunálního odpadu. Tato trasa je optimální z hlediska času i ujetých kilometrů, vzhledem ke spotřebě pohonných hmot. Autorka pomocí metody Problému čínského pošťáka našla trasu, která se skládá z nejkratších cest mezi danými body, přičemž ulice projíždí svozový vůz pouze jednou. Dvakrát projíždí ulice jen tam, kde je to potřeba pro sestrojení Eulerovského tahu. Zpětné projetí bylo vypočteno pomocí minimálního perfektního párování. Autorka zjistila, že směsný komunální odpad bude svážen dvěma vozidly ve dvou dnech.

Celková vzdálenost obou tras a doby projetí těchto tras jsou uvedeny v Tabulkách 26 a 27.

Tabulka 26 Vyhodnocení první trasy svozu

Počet stanovišť	548
Celková vzdálenost trasy	8, 930 km
Celková doba trasy	6 hodin

Zdroj: autorka

Tabulka 27 Vyhodnocení druhé trasy svozu

Počet stanovišť	548
Celková vzdálenost trasy	9, 858 km
Celková doba trasy	6 hodin 1 minuta

Zdroj: autorka

### 3.5 Vyhodnocení trasy svozu separovaného odpadu – plast

Trasa pro sběr separovaného odpadu ze stanovišť, nacházející se ve městě Ždírec nad Doubravou je z hlediska optimalizace vyhovující. Autorka našla trasu, která je optimální z hlediska času i najetých kilometrů. V tabulce 28 jsou uvedeny informace o této svozové trase.

Tabulka 28 Vyhodnocení svozové trasy pro plast

Počet stanovišť	17
Celková vzdálenost trasy	6, 085 km
Celková doba trasy	1 hodina 44 minut

Zdroj: autorka

## ZÁVĚR

Cílem práce byla racionalizace odpadového hospodářství ve městě Ždírec nad Doubravou.

Na základě analýzy a osobního průzkumu, autorka dospěla k názoru, že je třeba obnova některých sběrných nádob a že rozmístění jednotlivých druhů nádob na tříděný odpad není vhodné, z hlediska osídlení obyvatel. V návrhové části autorka využila metodu WSA a navrhla nové rozmístění nádob.

Dále autorka řešila vybudování nových podzemních kontejnerů. Tyto kontejnery je vhodné vybudovat v ulici Spojovací, kde tyto kontejnery z hlediska kapacity i estetiky jsou vhodné.

Poslední dva návrhy byly směřované na trasu svozu při svozu odpadu. Společnost AVE neposkytla autorce plán svozu, proto autorka navrhla trasu svozu pro separovaný odpad (plast) a také pro směsný komunální odpad v domácnostech. Pro směsný komunální odpad autorka zjistila trasu pomocí Úlohy čínského pošťáka. Pro návrh trasy pro separovaný odpad autorka zjistila trasu pomocí Littlova algoritmu. Navrhla optimální trasu z hlediska času, ujetých kilometrů a také bylo bráno hledisko na objem svozového vozidla. Tento návrh autorka doplnila také o výpočet celkové doby svozové trasy. Závěrem práce bylo zhodnocení předložených návrhů.

### **Přínosy této práce:**

- **Analýza odpadového hospodářství ve městě Ždírec nad Doubravou.**
- **Analýza sběrných stanišť ve městě.**
- **Návrh nové nádoby pro sběr odpadu.**
- **Návrh nových stanišť pro lepší docházkovou vzdálenost občanů.**
- **Návrh svozové trasy pro směsný komunální odpad.**
- **Návrh svozové trasy pro separovaný odpad – plast.**

## SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

1. HERČÍK, Miloslav, FIEDOR, Jiří a MÜLLEROVÁ, Hana. *Legislativa a ochrana životního prostředí*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1837-5.
2. *Zákony pro lidi: Zákony* [online]. AION CS, 2018 [cit. 2018-02-07]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/>
3. Zákon 185/2001Sb. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2001 [cit. 2017-10-3]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/8FC3E5C15334AB9DC125727B00339581/\\$file/Z%20185\\_2001.pdf](https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/8FC3E5C15334AB9DC125727B00339581/$file/Z%20185_2001.pdf).
4. Vyhláška č. 93/2016 Sb. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2016 [cit. 2017-10-3]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/0BFE53E10EC910E2C12580A7004BBDA1/%24file/V%2093\\_2016.pdf](https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/0BFE53E10EC910E2C12580A7004BBDA1/%24file/V%2093_2016.pdf)
5. *Projekty 2011*. Ministerstvo životního prostředí. Praha [Online]. 2011 [cit. 2017-10-27]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/projekty.2011/supl/e\\_134\\_il001.pdf](https://www.mzp.cz/projekty.2011/supl/e_134_il001.pdf).
6. Interní materiál města: *Kompostéry pro občany města Ždírec nad Doubravou: Analýza potenciálu produkce odpadů v zájmové oblasti a materiálových toků*. DESACON Zlín, s.r.o. Vizovice, 2016
7. KURASĚ Mečislav, DIRNER Vojtěch, SLIVKA Vladimír, *Odpadové hospodářství II: (ukládání odpadů do podzemních prostor): praktická příručka*. Ostrava: VŠB-TU, 2007. ISBN 9788024816456.
8. Ždírec nad Doubravou [online]. Ždírec nad Doubravou: Město, 2017 [cit. 2017-10-11]. Dostupné z: [www.zdirec.cz](http://www.zdirec.cz)
9. Interní materiál města: *Hospodaření s komunálními odpady: 16. ročník konference ODPADY a OBCE*, 2015, 191 s.
10. Vyhláška města Ždírec nad Doubravou 1/2016. Ždírec nad Doubravou. [online]. 2016 [cit. 2017-09-28] <http://www.zdirec.cz/cz/mestsky-urad/vyhlasky-poplatky/>.
11. *Plán Odpadového Hospodářství (POH): Ždírec nad Doubravou* [online]. 2017 [cit. 2018-03-07]. Dostupné z: <http://www.zdirec.cz/cz/mesto/nakladani-s-odpady/plan-odpadoveho-hospodarstvi-mesto-zdirec-nad-doubravou.html>
12. *AVE: Odpadové hospodářství* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: [www.ave.cz](http://www.ave.cz)
13. Interní materiály AVE: *AVE Vysočina, komunikace s poradkyní pro ekologii a průmysl Bc. Polcarová Hana. 2018*
14. *Zoeller systems: Nastavby Medium* [online]. 2017 [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <http://www.zoeller.cz/nastavby/medium/>
15. *Mapy* [online]. 2017. Dostupné z: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)
16. Interní dokument města. ZERA. *Analýza potenciálu produkce odpadů – podzemní kontejnery: ZERA – zemědělská a ekologická regionální agentura. Náměšť nad Oslavou, 2016.*

17. Kirchner s.r.o.: Výhradní dovozce nádob značky SULO [online]. 2017 [cit. 2017-10-20]. Dostupné z: [www.kricner.cz](http://www.kricner.cz)
18. Havlíčkobrodský deník: *zprávy region* [online]. 2016-20-9 [cit. 2017-10-18]. Dostupné z: [https://havlickobrodsky.denik.cz/zpravy\\_region/nekteri-lide-ve-zdirci-si-pletou-biokontejnery-se-skladkami-20160920.html](https://havlickobrodsky.denik.cz/zpravy_region/nekteri-lide-ve-zdirci-si-pletou-biokontejnery-se-skladkami-20160920.html).
19. ASEKOL: *Asekol ze starého nové* [online]. 2017 [cit. 2017-10-10]. Dostupné z: [www.asekol.cz](http://www.asekol.cz)
20. BULÍČEK, Josef a LEDVINOVÁ, Michaela. *Řešené příklady z teorie a řízení dopravy: studijní opora*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-642-4.
21. EKOPLAST: *Ekoplast shop* [online]. 2017 [cit. 2017-11-9]. Dostupné z: <https://www.shop.elkoplast.cz/plastovy-kontejner-1100-l-na-trideny-sber>.
22. Kontejner plastový Sulo 1100 l. SULO [online]. 2017 [cit. 2017-11-17]. Dostupné z: <https://www.sulocz.cz/p/202/kontejner-plastovy-sulo-1100-l-viko-ve-viku-cerny>.
23. MEVA: *Mevatec* [online]. 2017 [cit. 2017-11-5]. Dostupné z: [https://www.mevatec.cz/Nadoby-na-odpad-c1\\_0\\_1.htm](https://www.mevatec.cz/Nadoby-na-odpad-c1_0_1.htm).
24. Exvoto: *EkoKom tisková zpráva* [online]. 2012 [cit. 2017-10-8]. Dostupné z: <http://www.exvoto.cz/tisk/2012-05-10.pdf>.
25. *Gisportal: Izochrony aneb kam se dostanete za určitý čas*. [online]. 2011 [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: <https://gisportal.cz/izochrony-aneb-kam-se-dostanete-za-urcity-cas/>
26. VOLEK, Josef a LINDA, Bohdan. *Teorie grafů – aplikace v dopravě a veřejné správě*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2012. ISBN 978-80-7395-225-9.
27. DEMEL, Jiří. *Grafy a jejich aplikace*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0990-6.
28. Vyhláška č. 478/2000 Sb., kterou se provádí zákon o silniční dopravě. *Ministerstvo dopravy ČR* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.mdcz.cz/Dokumenty/Silnicni-doprava>



# PŘÍLOHY

## SEZNAM PŘÍLOH

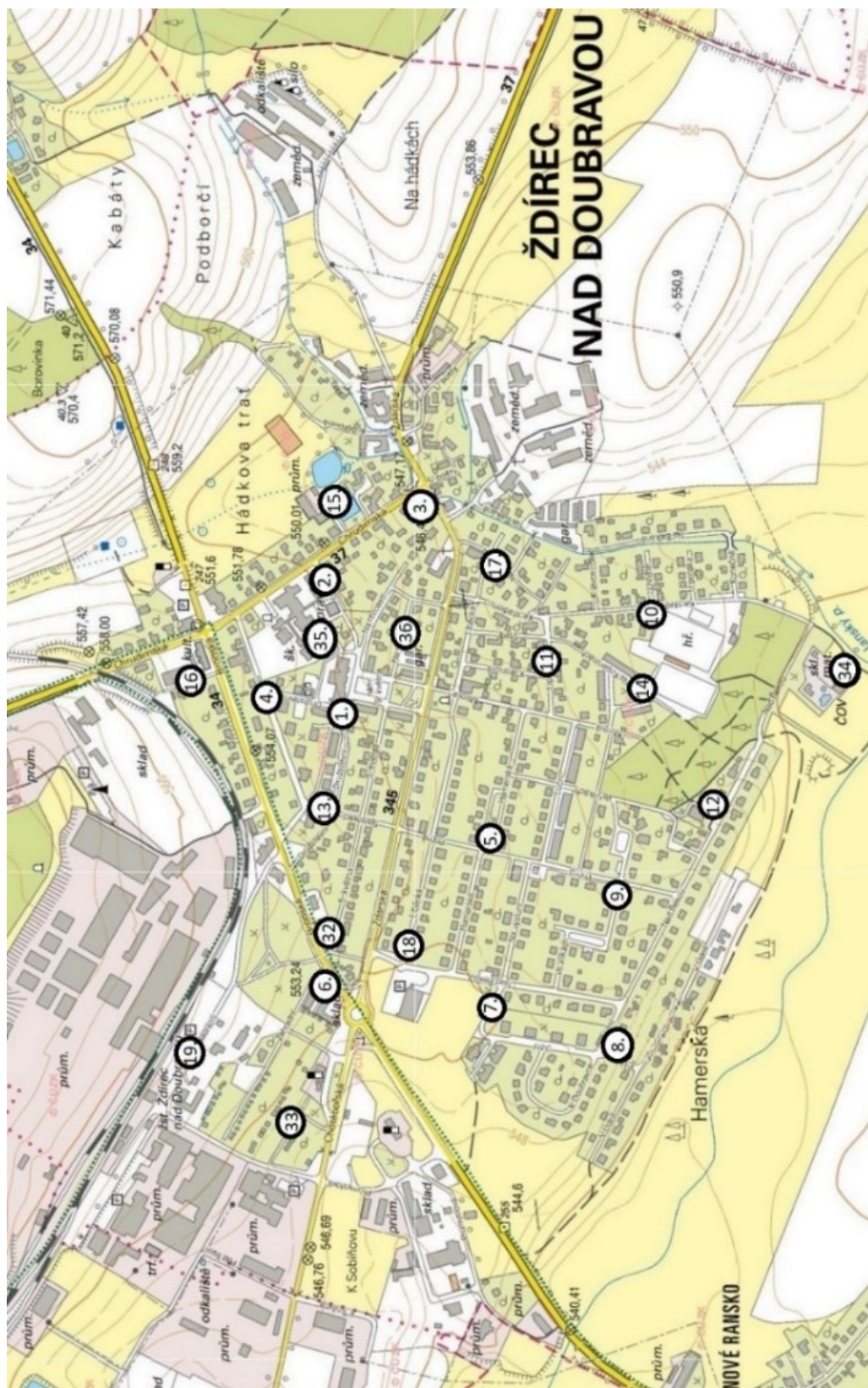
Příloha A Stanoviště sběrných nádob .....	91
Příloha B Stanoviště pro sběr separovaného odpadu .....	92
Příloha C Převedení mapy do grafu .....	93
Příloha D Graf pro sestrojení trasy svozu – celé město .....	94
Příloha E Eulerovský tah pro celé město .....	95
Příloha F Eulerovský tah směsného odpadu pro první trasu.....	96
Příloha G Eulerovský tah směsného odpadu pro druhou trasu .....	97
Příloha H Schéma Littlova algoritmu .....	98
Příloha I Výpočet Problému čínského pošťáka.....	uvedeno v elektronické příloze
Příloha J Výpočet Littlova algoritmu .....	uvedeno v elektronické příloze

Příloha A Stanoviště sběrných nádob

	Umístění	Plast	Papír	Sklo bílé	Sklo bar.	Bio-rostl. původu	Textil	Kovy	Bio-tuky	Domácí odpad	Elektro-odpad
1	Družstevní 304	1	1	1	1		1				
2	Chrudimská, ŠJ	2	3	1	1	2				2	
3	Chrudimská, Tipsport	1	1	1	1	2					
4	Spojovací 483	2	2	1	1	2					
5	Příčná 387	3	1	1	1	2			1		1
6	Zahradní I, areál DIPP	1		1	1	4				1	
7	Jižní – Nad řekou	2	2	1	1	2	1		1		
8	Jižní 621	2	1	1	1	4					
9	Ve Vilkách 520	2	1	1	1	5	1	1			
10	Ke Stadionu 152	1	1	1	1	3					
11	Lipová 145	2	1	1	1	2					
12	Nad Řekou DPS 560	1	1	1	1	2	1			1	
13	Spojovací 404	3	3	2	1	2	1	1	1		1
14	Na Kopaninách 426	2	1	2	1	2					
15	K Borovině					2					
16	U Kina	1	1			3					
17	Na Balkáně 15	1	1			3					
18	Liběcká					2					
19	Nádražní	1								1	
20	Nové Ransko	2	1	2	1	4		1			
21	Kohoutov	1	1	1	1						
22	Benátky, prodejna	1	1	1	1						
23	Benátky, hostinec	3	1	1	1						
24	Stružinec, náves	1	1	1	1					1	
25	Stružinec, ČD	1								1	
26	Údavy, náves	1	2	1	1						
27	H. Studenec, hřbitov	1			1	1				1	
28	H. Studenec, hostinec	2	1	1	1		1	1		2	1
29	H. Studenec, prodejna	1	1	1	1						
30	N. Studenec, zastávka	1	1	1	1						
31	Vyhnálov	1									
32	5. května 317					4					
33	Zahradní II, servis TIR					4					
34	Sběrný dvůr						6		1		
35	Školní 94, SM									1	
36	Na rozcestí 87	1	1	1	1						

Zdroj: (10)

Příloha B Stanoviště pro sběr separovaného odpadu



Zdroj: autorka s využitím (8)

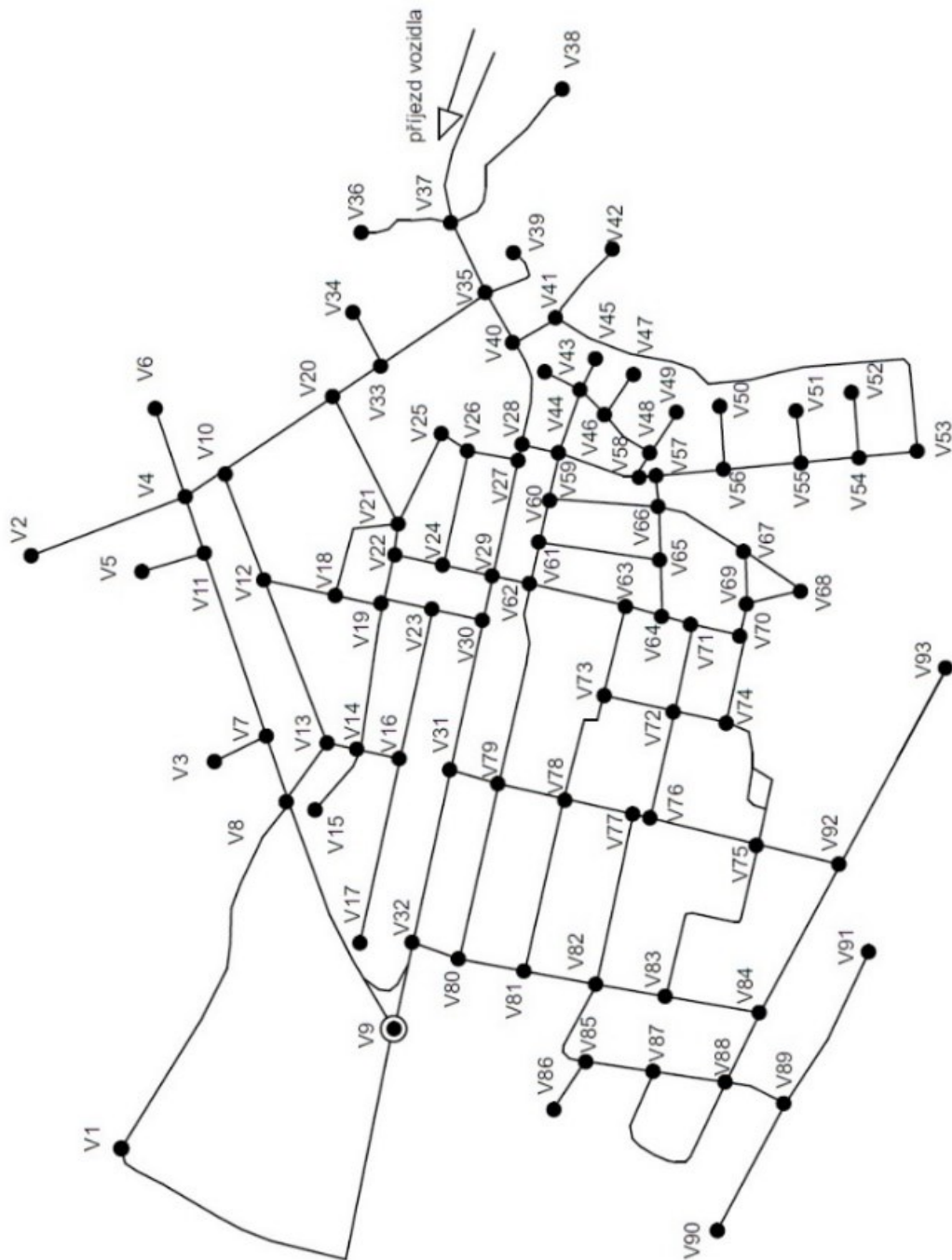
## Příloha C Převedení mapy do grafu



Zdroj: autorka s využitím (15)

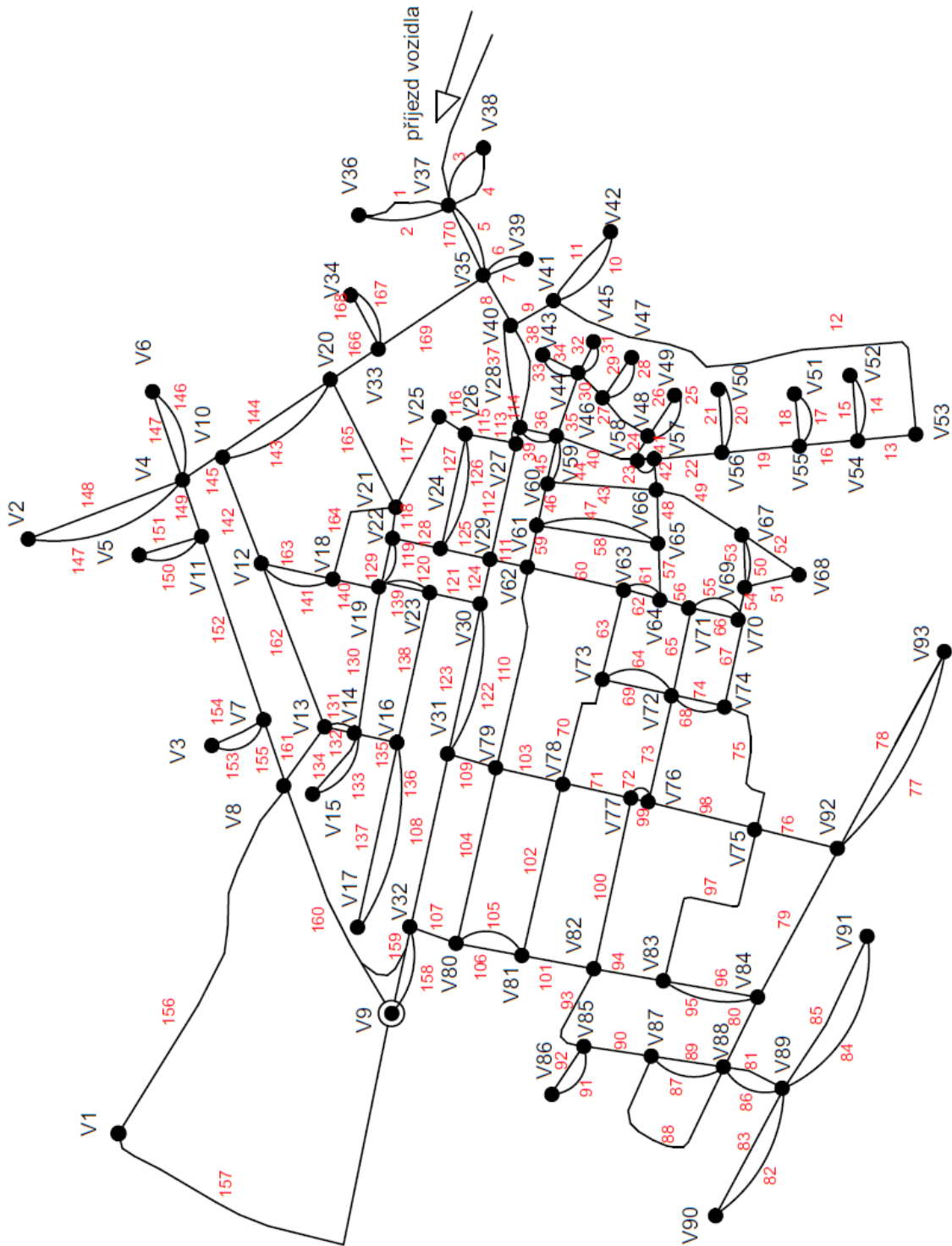


Příloha D Graf pro sestavení trasy svozu – celé město



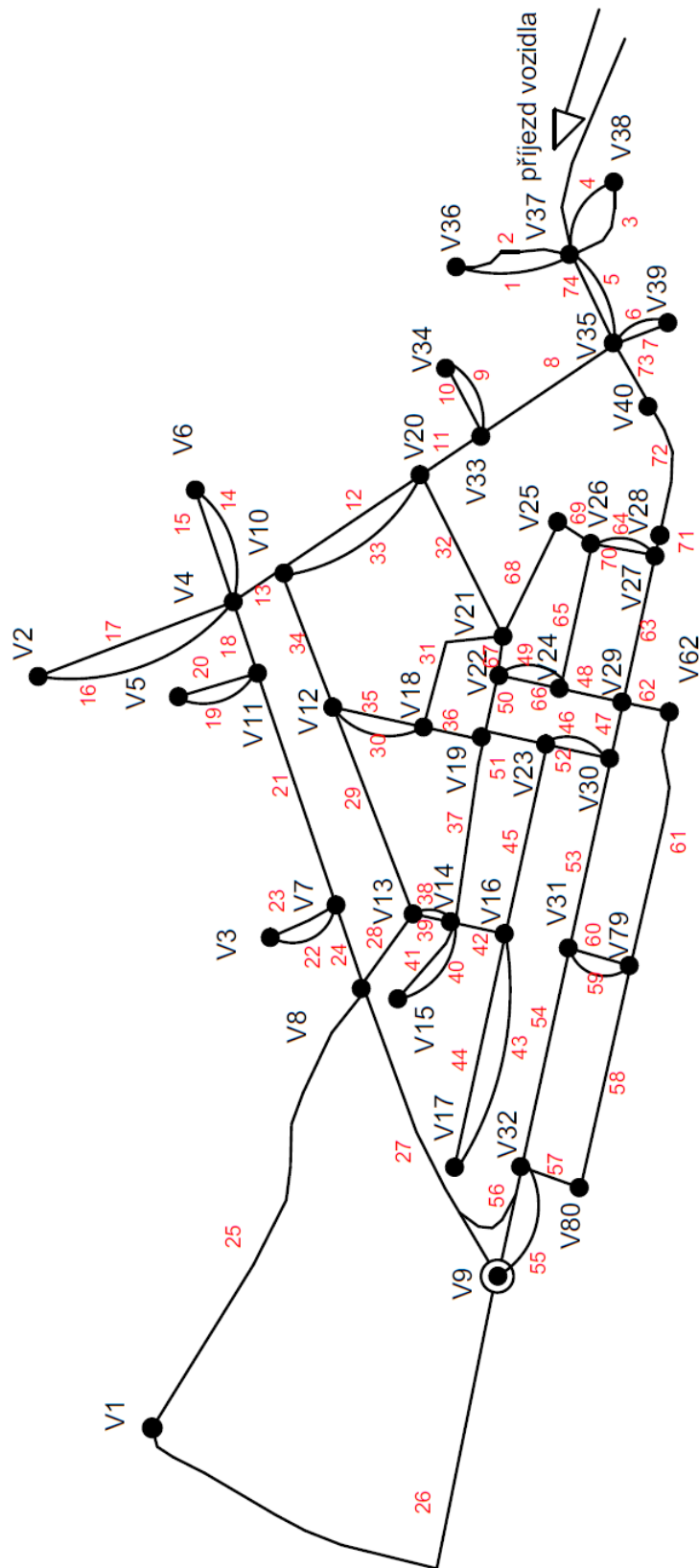
Zdroj: autorka s využitím SW ArchiCad

Příloha E Eulerovský tah pro celé město



Zdroj: autorka s využitím SW ArchiCad

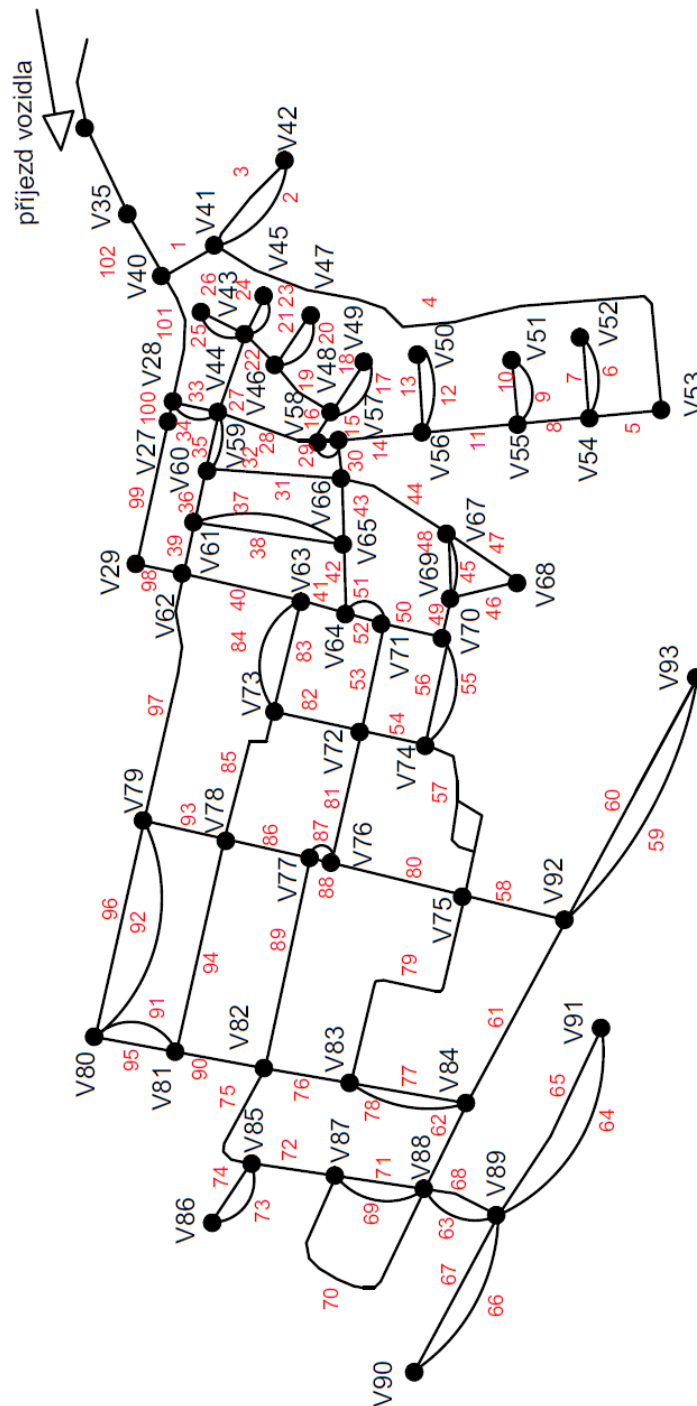
Příloha F Eulerovský tah směšného odpadu pro první trasu



Zdroj: autorka s využitím SW ArchiCad

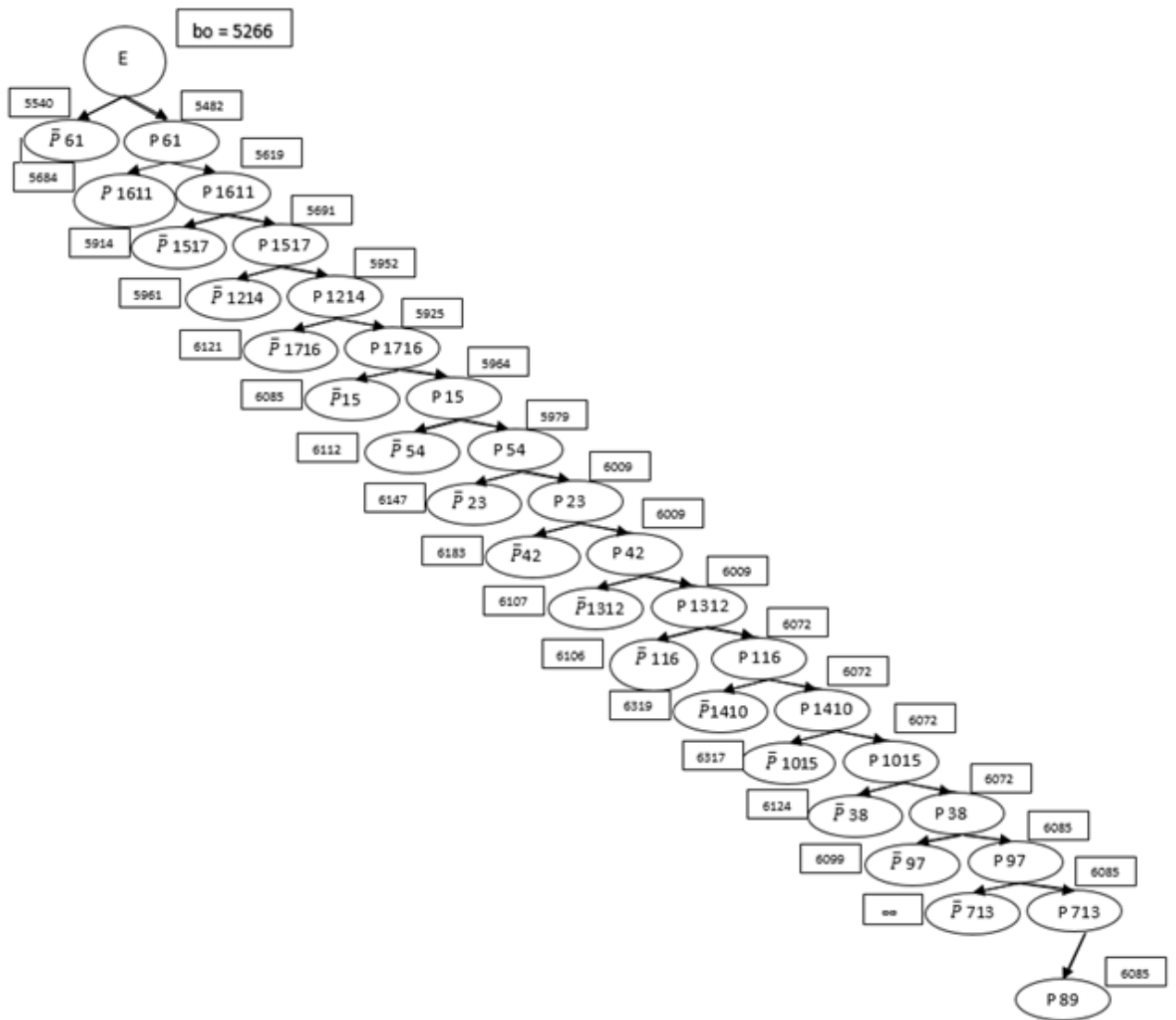


Příloha G Eulerovský tah směšného odpadu pro druhou trasu



Zdroj: autorka s využitím ArchiCad

Příloha H Schéma Littlova algoritmu



Zdroj: autorka