

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra systémového inženýrství**



**Diplomová práce**

**Okružní dopravní problém v logistické firmě**

**Lukáš Kaňovský**

© 2017 ČZU v Praze

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Lukáš Kaňovský

Provoz a ekonomika

Název práce

**Okružní dopravní problém v logistické firmě**

Název anglicky

**Traveling salesman problem in logistics company**

### Cíle práce

Hlavním cílem práce je zlepšit nákladové a časové charakteristiky realizované dopravy firmy Expedience, s.r.o.

Prvním dílčím cílem je výběr vhodných okruhů, které firma Expedience, s.r.o. doposud realizuje ve svozech nebo rozvozech zboží, se kterým tato společnost obchoduje. Předpokladem pro splnění vhodného výběru jsou okruhy, u kterých má smysl aplikovat metody užívané v řešení okružního dopravního problému. Jedná se o opakovaně prováděné okruhy, v rámci kterých je danou firmou přepravováno zboží neměnné v počtech a typech.

Druhým dílčím cílem je využít zmíněných matematických metod a dopravních prostředků, které má firma k dispozici a sestavit nové řešení, kde by došlo ve srovnání s původními okruhy ke snížení finančních nákladů. Podstatou druhého cíle je doporučit dané firmě přehledně strukturované řešení, které by mohla v praxi opakovaně využívat a dosahovat tak snižování dopravních nákladů.

### Metodika

1) K dosažení stanovených cílů bude nejprve provedeno studium literatury z oblasti logistiky, teorie grafů a matematických metod. Podstatou studia odborných knih bude pochopení úlohy logistického řízení a seznámení se s problematikou grafů, dopravních sítí a metod, které slouží k řešení dopravních problémů řadících se do NP-úplných úloh. Získání teoretických poznatků bude představovat základ pro zpracování praktické části.

2) Po zpracování teoretické části bude popsána firemní doprava a její specifikace. Z daného popisu budou k praktickému řešení vybrány opakovaně prováděné svozové nebo rozvozové okruhy, u kterých nedochází ke změnám v počtech a typech přepravovaného zboží.

3) K aplikaci matematických metod a k sestavení nových okruhů bude nejprve nutné zpracovat všechny potřebné podkladové údaje. Půjde především o matici vzdáleností, matici časových přesunů, popis přepravovaného zboží, parametry dopravních prostředků a o kapacity, kterými bude daný model omezen. Před zahájením aplikace bude také provedena analýza původních tras, aby po sestavení nových okruhů bylo možné původní a nové řešení porovnat.

4) K sestavení nových tras bude použita Mayerova metoda, která rozdělí požadované zastávky do jednotlivých okruhů. Řešení daných okružních problémů stanoví dvě aproximační (Metoda nejbližšího souseda, Vogelova aproximační metoda) a jedna optimalizační metoda (Metoda mezí a větví). Vybráno bude vždy řešení metody, která dosáhne nejlepšího výsledku. K efektivnímu výpočtu těchto metod bude využita programová podpora TSPKOSA. U obsluhy jednotlivých zastávek bude nutné vyzkoušet různé varianty, lišící se použitým dopravním prostředkem. Do konečného řešení bude vždy zařazena varianta, která obslouží dané zastávky za nejnižší náklad.

5) Po vypočtení dojde ke srovnání původních a nových okruhů. Porovnávají budou celkové ujeté kilometry, časová náročnost a především celkové finanční náklady.

6) Za předpokladu vypočtené úspory budou firmě nově navržené okruhy doporučeny ve formě přehledné tabulky a krátkého komentáře.

## Doporučený rozsah práce

50-60

## Klíčová slova

Logistika, logistické náklady, víceokruhový dopravní problém, Mayerova metoda, NP-úplné úlohy, Vogelova aproximační metoda, přípustné řešení

---

## Doporučené zdroje informací

BAKEŠOVÁ, Miroslava a Vladimír KŘEŠŤAN. Základy logistiky. 1. vyd. Jihlava: Vysoká škola polytechnická Jihlava, 2007, 120 s. ISBN 978-80-87035-08-5.

PASTOR, O. – TUZAR, A. *Teorie dopravních systémů*. Praha: ASPI, 2007. ISBN 978-80-7357-285-3.

ŘEZNÍČEK, B. – DRAHOTSKÝ, I. *Logistika : procesy a jejich řízení*. Brno: Computer Press, 2003. ISBN 80-7226-521-0.

SIXTA, J. – MAČÁT, V. *Logistika : teorie a praxe*. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0573-3.

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

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

---

## Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – PEF

## Vedoucí práce

Ing. Roman Kvasnička, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

---

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2017

**doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 9. 3. 2017

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 14. 03. 2017

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Okružní dopravní problém v logistické firmě" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 16. 3. 2017

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Romanovi Kvasničkoví, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, cenné rady a především trpělivost a čas, který mi ochotně věnoval při konzultacích.

# Okružní dopravní problém v logistické firmě

## Souhrn

Diplomová práce je zaměřena na snižování logistických nákladů vznikajících firmě Expedience, s.r.o. při realizaci okružních tras, využívaných v rámci obchodu s průmyslovými obaly. Cílem práce je některé původní okružní trasy nahradit novými, které by byly pro danou firmu méně nákladné.

V první části práce je vypracována literární rešerše z oblasti logistiky, teorie grafů a matematických metod.

V praktické části je proveden výběr okruhů, které firma opakovaně realizuje. Před zahájením plánování nových tras je analyzován konkrétní dopravní problém s parametry vozidel a přepravovaného zboží. Pro pozdější srovnání je vytvořena nákladová analýza původní logistiky firmy. V řešení vybraného problému je použita Mayerova metoda pro vytvoření jednotlivých okruhů a metody pro řešení okružních dopravních problémů (VAM, Metoda nejbližšího souseda, Metoda mezí a větví). Při výpočtu jsou testovány navržené varianty lišící se zvoleným vozidlem.

V závěru práce je provedeno srovnání původních a nových tras a doporučeno výhodnější řešení.

**Klíčová slova:** Logistika, logistické náklady, víceokruhový dopravní problém, Mayerova metoda, NP-úplné úlohy, Vogelova aproximační metoda, přípustné řešení

# Travelling salesman problem in the logistics company

## Summary

This diploma thesis is aimed at decreasing of the logistics expenses that arise to the company Expedience PLC, within the circular routes used in the area of business with the industrial packages. The aim of the thesis is to replace some of the original routes so as they to be less expensive.

In the first part there is worked out the literary research from the area of logistics, theory of graphs and mathematical methods.

In the practical part there is made a selection of the circular routs regularly realized by the company. Before the new routes planning the concrete traffic problems with the vehicles parameters and transported goods are analysed. For later comparison there is created the cost analysis of the original logistics of the company. The Mayer Method and methods for circular traffic problems solution (VAM, Nearest Neighbour Algorithm, Branch and Bound Method) are used within the solution of the selected problem to create each circular route. Suggested variations are tested within the calculation and the variation differ in the selected vehicle. In the conclusion there is made the comparison of the original and the newly suggested routes and more advantageous solution is recommended.

**Keywords:** Logistics, logistics costs, multiple salesman problem, Mayer Method, NP– hard problems, Vogel approximation method, acceptable solution



## Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>13</b>
<b>2 Cíl práce a metodika .....</b>	<b>14</b>
2.1 Cíl práce.....	14
2.2 Metodika.....	14
<b>3 Teoretická východiska .....</b>	<b>16</b>
3.1 Logistika.....	16
3.1.1 Pojem Logistika .....	16
3.1.2 Novodobý vývoj logistiky .....	17
3.1.3 Cíle logistiky .....	19
3.1.4 Dělení logistiky .....	20
3.1.5 Dopravní logistika.....	21
3.1.6 Vliv logistických nákladů na ekonomiku .....	22
3.2 Důležité pojmy z logistiky .....	23
3.2.1 Logistický systém .....	23
3.2.2 Distribuční řetězec .....	25
3.2.3 Automobilová doprava .....	26
3.2.4 Obaly.....	27
3.2.5 Zásobování.....	28
3.2.6 Skladování .....	29
3.2.7 Centralizace skladů .....	30
3.2.8 Pasivní prvky logistických systémů.....	31
3.2.9 Aktivní prvky logistických systémů .....	32
3.2.10 Logistický informační systém.....	33
3.3 Teorie grafů.....	34
3.3.1 Důležité pojmy v teorii grafů.....	34
3.3.2 Dopravní síť.....	36
3.3.3 Optimální trasy v dopravních sítích.....	37
3.3.4 Úloha optimálního spojení míst.....	38
3.3.5 Úloha optimálního trasování.....	39
3.4 Ekonomicko-matematické modely.....	40
3.4.1 Lineární programování .....	41
3.4.2 NP-úplné úlohy .....	42
3.4.3 Jednookruhový dopravní problém .....	43

3.4.4	Metoda nejbližšího souseda .....	44
3.4.5	Vogelova aproximační metoda .....	44
3.4.6	Metoda větví a mezí.....	45
3.4.7	Program TSPKOSA.....	46
3.4.8	Víceokruhový dopravní problém .....	46
3.4.9	Mayerova metoda .....	47
<b>4</b>	<b>Praktická část.....</b>	<b>48</b>
4.1	<i>Popis firmy.....</i>	48
4.2	<i>Podniková doprava .....</i>	48
4.3	<i>Vybraný dopravní problém .....</i>	49
4.4	<i>Podkladové údaje pro řešení.....</i>	49
4.4.1	Charakter vybraného svozu .....	50
4.4.2	Přepravované zboží.....	52
4.4.3	Dopravní prostředky .....	53
4.4.4	Omezení modelu .....	54
4.4.5	Matice vzdáleností.....	55
4.4.6	Matice časových přesunů .....	56
4.4.7	Význam uvedených matic.....	57
4.5	<i>Analýza původního řešení .....</i>	58
4.6	<i>Návrh nového řešení .....</i>	59
4.6.1	První sada okruhů .....	60
4.6.2	Druhá sada okruhů .....	62
4.6.3	Třetí sada okruhů .....	68
4.6.4	Čtvrtá sada okruhů .....	74
4.6.5	Pátá sada okruhů .....	78
<b>5</b>	<b>Zhodnocení výsledků .....</b>	<b>91</b>
<b>6</b>	<b>Doporučení firmě .....</b>	<b>94</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>96</b>
<b>8</b>	<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>98</b>
<b>9</b>	<b>Přílohy.....</b>	<b>101</b>

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Cíle logistiky .....	19
Obrázek 2: Logistický řetězec .....	24
Obrázek 3: Distribuční řetězec .....	26
Obrázek 4: Orientovaný graf .....	36
Obrázek 5: Neorientovaný graf.....	36
Obrázek 6: Optimální spojení míst .....	38
Obrázek 7: Rozmístění dodavatelů .....	51
Obrázek 8: VZZ 2015 .....	106

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Statistika dopravních nákladů.....	23
Tabulka 2: Zboží u dodavatelů .....	50
Tabulka 3: Typy přepravovaného zboží .....	52
Tabulka 4: Firemní dopravní prostředky .....	53
Tabulka 5: Omezení modelu.....	54
Tabulka 6: Matice vzdáleností.....	55
Tabulka 7: Matice časových přesunů.....	56
Tabulka 8: Původní trasy .....	58
Tabulka 9: Analýza původních tras .....	58
Tabulka 10: Kapacitní kontrola, I. okruh (A) .....	60
Tabulka 11: TSPKOSA, I. okruh (A) .....	61
Tabulka 12: Výsledné řešení, I. okruh (A) .....	61
Tabulka 13: Výběr varianty - první sada .....	62
Tabulka 14: Kapacitní kontrola, II. okruh (A).....	62
Tabulka 15: Kapacitní kontrola 2, II. okruh (A).....	63
Tabulka 16: TSPKOSA, II. okruh (A).....	63
Tabulka 17: Kapacitní kontrola 3, II. okruh (A).....	64
Tabulka 18: Výsledné řešení, II. okruh (A) .....	64
Tabulka 19: Kapacitní kontrola, II. okruh (B) .....	64
Tabulka 20: Výsledné řešení, II. okruh (B) .....	65
Tabulka 21: Kapacitní kontrola, III. okruh (B).....	65

Tabulka 22: TSPKOSA, III. okruh (B).....	66
Tabulka 23: Výsledné řešení, III. okruh (B).....	66
Tabulka 24: Výběr varianty - druhá sada.....	67
Tabulka 25: Kapacitní kontrola, III. okruh (A) .....	68
Tabulka 26: Kapacitní kontrola 2, III. okruh (A) .....	68
Tabulka 27: Kapacitní kontrola 3, III. okruh (A) .....	69
Tabulka 28: TSPKOSA, III. okruh (A).....	69
Tabulka 29: Kapacitní kontrola 4, III. okruh (A) .....	69
Tabulka 30: Výsledné řešení, III. okruh (A).....	70
Tabulka 31: Kapacitní kontrola, III. okruh (B).....	70
Tabulka 32: Výsledné řešení, III. okruh (B).....	71
Tabulka 33: Kapacitní kontrola, IV. okruh (B) .....	71
Tabulka 34: Kapacitní kontrola 2, IV. okruh (B) .....	72
Tabulka 35: TSPKOSA, IV. okruh (B).....	72
Tabulka 36: Kapacitní kontrola 3, IV. okruh (B) .....	72
Tabulka 37: Výsledné řešení, IV. okruh (B).....	73
Tabulka 38: Výběr varianty - třetí sada .....	73
Tabulka 39: Kapacitní kontrola, IV. okruh (A) .....	74
Tabulka 40: Kapacitní kontrola 2, IV. okruh (A) .....	74
Tabulka 41: Kapacitní kontrola 3, IV. okruh (A) .....	75
Tabulka 42: TSPKOSA, IV. okruh (A) .....	75
Tabulka 43: Kapacitní kontrola 4, IV. okruh (A) .....	75
Tabulka 44: Výsledné řešení, IV. okruh (A) .....	76
Tabulka 45: Kapacitní kontrola, IV. okruh (B) .....	76
Tabulka 46: TSPKOSA, IV. okruh (B).....	77
Tabulka 47: Kapacitní kontrola 2, IV. okruh (B) .....	77
Tabulka 48: Výsledné řešení, IV. okruh (B).....	77
Tabulka 49: Kapacitní kontrola, V. okruh (A1).....	78
Tabulka 50: TSPKOSA, V. okruh (A1).....	79
Tabulka 51: Kapacitní kontrola 2, V. okruh (A1).....	79
Tabulka 52: Výsledné řešení, V. okruh (A1).....	79
Tabulka 53: Kapacitní kontrola, V. okruh (A2).....	80

Tabulka 54: Výsledné řešení, V. okruh (A2).....	81
Tabulka 55: Kapacitní kontrola, VI. okruh (A2) .....	81
Tabulka 56: Výsledné řešení, VI. okruh (A2) .....	82
Tabulka 57: Kapacitní kontrola, V. okruh (B1).....	82
Tabulka 58: TSPKOSA, V. okruh (B1).....	83
Tabulka 59: Kapacitní kontrola 2, V. okruh (B1).....	83
Tabulka 60: Výsledné řešení, V. okruh (B1) .....	83
Tabulka 61: Výsledné řešení, VI. okruh (B1).....	84
Tabulka 62: Kapacitní kontrola, V. okruh (B2).....	84
Tabulka 63: TSPKOSA, V. okruh (B2).....	85
Tabulka 64: Kapacitní kontrola 2, V. okruh (B2).....	85
Tabulka 65: Výsledné řešení, V. okruh (B2) .....	85
Tabulka 66: Kapacitní kontrola, VI. okruh (B2) .....	86
Tabulka 67: Výsledné řešení, VI. okruh (B2).....	87
Tabulka 68: Kapacitní kontrola, VII. okruh (B2) .....	87
Tabulka 69: TSPKOSA, VII. okruh (B2) .....	88
Tabulka 70: Výsledné řešení, VII. okruh (B2) .....	88
Tabulka 71: Výběr varianty - čtvrtá a pátá sada .....	89
Tabulka 72: Původní a nové trasy.....	91
Tabulka 73: Výsledné hodnoty původního a nového řešení.....	92
Tabulka 74: Přínosy nového řešení.....	92
Tabulka 75: Doporučené řešení pro firmu .....	94
Tabulka 76: Kapacitní kontrola .....	102
Tabulka 77: TSPKOSA .....	102
Tabulka 78: Výsledné řešení.....	103
Tabulka 79: Kapacitní kontrola .....	103
Tabulka 80: Výsledné řešení.....	104
Tabulka 81: Kapacitní kontrola .....	104
Tabulka 82: Výsledné řešení.....	105

# 1 Úvod

Od 50 let minulého století prodělala logistika významný pokrok. V současné době se na ni pohlíží jako na integrovaný řetězec logistických subjektů, mezi kterými probíhají informační a materiálové toky. Cílem celého logistického řízení je naplánovat takové logistické řetězce, které budou efektivní a které budou zohledňovat požadavek na minimalizaci nákladů.

Řada firem si již v současné době uvědomuje, že minimalizací svých logistických nákladů lze dosáhnout konkurenční výhody, kterou je ve stále se rozvíjejícím trhu výrobků a služeb velmi obtížné získat. Z toho důvodu nabral logistický obor v průběhu svého vývoje na důležitosti a minimalizace logistických nákladů se často stává součástí hlavních firemních cílů. Kromě minimalizace nákladů se firmy orientují i na zákazníka a zjišťují pro něj požadovanou úroveň služeb, na kterou má logistické řízení významný vliv. Jisté je, že logistický obor významně působí na vývoj ekonomiky. Pokud by byly logistické řetězce navrhnutы neefektivně s nízkou pozorností na minimalizaci nákladů, docházelo by k růstu spotřebitelských cen a ke snižování zisků podniků, což by se razantně projevilo ve snížení životní úrovně obyvatelstva a ve zpomalení růstu ekonomiky. To odůvodňuje důležitost a význam logistiky.

Značná část logických nákladů je tvořena dopravními náklady, které jsou spojeny s obsluhou dodavatelů nebo odběratelů. Vzhledem k jejich velkému počtu jsou často jejich potřeby uspokojovány okružní obsluhou, kterou je velmi důležité metodicky plánovat, protože není v silách člověka, aby na základě svých úvah navrhl dostatečně efektivní okruhy. V této práci bude řešen víceokruhový dopravní problém, kdy je nutné k obsluze požadovaných míst navrhnout několik okruhů. K rozklíčování takového problému lze využít matematických metod, poskytujících přibližné nebo přesné řešení. Vzhledem ke složitosti a velikosti přesných (exaktních) metod jsou v praxi často používány přibližné metody (heuristické), které sice neposkytují optimální řešení, ale jsou schopny dosáhnout přípustného řešení, blížícího se k optimu. Právě tyto metody představují pro firmy možnost, jak snížit logistické dopravní náklady a dosáhnout tak většího zisku a konkurenční výhody. Užití těchto metod mohou ocenit především logistické firmy, provádějící pravidelné svozy nebo rozvozy, protože navržené okruhy mohou opakovaně využít.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Hlavním cílem práce je zlepšit nákladové a časové charakteristiky realizované dopravy firmy Expedience, s.r.o.

Prvním dílčím cílem je výběr vhodných okruhů, které firma Expedience, s.r.o. doposud realizuje ve svozích nebo rozvozech zboží, se kterým tato společnost obchoduje. Předpokladem pro splnění vhodného výběru jsou okruhy, u kterých má smysl aplikovat metody užívané v řešení okružního dopravního problému. Jedná se o opakovaně prováděné okruhy, v rámci kterých je danou firmou přepravováno zboží neměnné v počtech a typech. Druhým dílčím cílem je využít zmíněných matematických metod a dopravních prostředků, které má firma k dispozici a sestavit nové řešení, kde by došlo ve srovnání s původními okruhy ke snížení finančních nákladů. Podstatou druhého cíle je doporučit dané firmě přehledně strukturované řešení, které by mohla v praxi opakovaně využívat a dosahovat tak snižování dopravních nákladů.

### **2.2 Metodika**

K dosažení stanovených cílů bude nejprve provedeno studium literatury z oblasti logistiky, teorie grafů a matematických metod. Podstatou studia odborných knih bude pochopení úlohy logistického řízení a seznámení se s problematikou grafů, dopravních sítí a metod, které slouží k řešení dopravních problémů řadících se do NP-úplných úloh. Získání teoretických poznatků bude představovat základ pro zpracování praktické části.

Po zpracování teoretické části bude provedeno několik kroků inspirovaných z postupu, který je využíván při aplikaci v různých odvětvích operačního výzkumu podle Jablonského (2002):

- 1) V prvním kroku bude rozpoznán a definován problém v rámci reálného systému. K tomu účelu bude popsána podniková doprava a její specifikace. Z daného popisu budou k praktickému řešení vybrány opakovaně prováděné svozové nebo rozvozové okruhy, u kterých nedochází ke změnám v počtech a typech přepravovaného zboží.

- 2) V druhém kroku budou sestaveny potřebné podkladové údaje k řešení:
  - a) Bude nutné představit charakter vybraného svozu nebo rozvozu zboží. Sestaveny budou také informace o přepravovaném zboží a o dodavatelích včetně jejich umístění.
  - b) Jelikož svozový/rozvozový proces nelze v reálných systémech provádět s neomezenou intenzitou, bude vyjádřeno několik činitelů, kterými bude daný model omezen (kapacity dopravních prostředků, časová omezení). Současně budou představeny firemní dopravní prostředky a jejich nákladové sazby za ujetý kilometr, protože od těchto sazeb se bude odvíjet celková hladina finančních nákladů na realizaci daného svozu nebo rozvozu.
- 3) Dále bude sestavena matice vzdáleností a matice časových přesunů. Také bude provedena analýza původních tras, aby po sestavení nových okruhů bylo možné původní a nové řešení porovnat. V následujícím kroku dojde k návrhu nového řešení.
- 4) K sestavení nových tras bude použita Mayerova metoda, která rozdělí požadované zastávky do jednotlivých okruhů. Řešení daných okružních problémů stanoví dvě aproximační (Metoda nejbližšího souseda, Vogelova aproximační metoda) a jedna optimalizační metoda (Metoda mezí a větví). Vybráno bude vždy řešení metody, která dosáhne nejlepšího výsledku. K efektivnímu výpočtu těchto metod bude využita programová podpora TSPKOSA. U obsluhy jednotlivých zastávek bude nutné testovat různé varianty, lišící se použitým dopravním prostředkem. Do konečného řešení bude vždy zařazena varianta, která obslouží dané zastávky za nejnižší náklad.
- 5) Po vypočtení dojde ke srovnání původních a nových okruhů. Porovnávají budou celkové ujeté kilometry, časová náročnost a především celkové finanční náklady.
- 6) Za předpokladu vypočtené úspory budou firmě nově navržené okruhy doporučeny ve formě přehledné tabulky a krátkého komentáře.



## 3 Teoretická východiska

### 3.1 Logistika

Logistiku lze označit za velmi mladou vědní disciplínu, jejíž počátky sahají do padesátých let minulého století, kdy byly vzhledem k vysokým výrobním kapacitám, které umožnila průmyslová revoluce, předstiženy dosavadní distribuční metody, kterým do té doby nebyla věnována systematická pozornost (Gros, 1996). Od uplatnění logistiky v hospodářské praxi USA na počátku šedesátých let bylo řadou teoretiků a mezinárodních institucí vytvořeno přes tři desítky definic logistiky (Svoboda, 2006). Dnešní definice představuje: „...řízení materiálového, informačního a finančního toku s ohledem na včasné splnění požadavků finálního zákazníka a s ohledem na nutnou tvorbu zisku v celém toku materiálu. Při plnění potřeb finálního zákazníka napomáhá již při vývoji výrobku, výběru vhodného dodavatele, odpovídajícím způsobem řízení vlastní realizace potřeby zákazníka (při výrobě výrobku), vhodným přemístěním požadovaného výrobku k zákazníkovi a v neposlední řadě i zajištěním likvidace morálně i fyzicky zastaralého výrobku“ (Sixta a kol., 2005, s. 25).

#### 3.1.1 Pojem Logistika

Původ názvu logistika pochází z řeckého slova „logos“, které znamenalo slovo, řeč, rozum, pochopení a také počítání. Význam tohoto pojmu se postupem času několikrát změnil (Hobza a kol., 2002). Nový velký instruovaný slovník vydaný v roce 1931 pod pojmem logistika uvádí: „Ve starověku až do roku 1600 praktické počítání číslicemi, na rozdíl od aritmetiky, vědecké nauky o číslech. Vieta zavedl r. 1591 výraz *logistica numerosa* pro počítání s číslicemi a *logistica speciosa* na počítání pomocí písmen. Kromě toho nazývá se tak i algoritmická neb algebraická logika“ (Sixta a kol., 2005, s. 15).

Slovník z roku 1985 definuje logistiku jako jiné pojmenování pro matematickou a symbolickou logiku, které společně s logistikou představují vědecký obor, tzv. moderní formální logiku. Významný vývoj pojmu logistika je zaznamenán ve slovnících cizích slov. Slovník cizích slov vydaný v roce 1966 definuje u logistiky dva různé významy: „1. symbolická logika užívající matematických formulí a metod; 2. v terminologii některých západních mocností označení pro soubor zařízení v hlubokém týlovém území, které slouží armádě jako výcvikový prostor, sklady zásob, materiálového vybavení apod.“ (Sixta a kol., 2005, s. 15).

V dalším slovníku cizích slov z roku 1971 je první uvedený výraz vynechán a logistika se vztahuje pouze k armádě. V definici vojenské logistiky lze najít omezenou podobu dnešní logistiky. V armádní logistice bylo zapotřebí vytvořit racionální a dobře fungující přepravní řetězce pro zásobování zbraněmi, municí, proviantem i výstrojí, při čemž bylo třeba překonat značné vzdálenosti.

Od II. světové války prodělala vojenská logistika značný vývoj zejména v nauce o pohybu, zásobování a ubytování vojsk. V současném pojetí podle NATO zahrnuje vojenská logistika „...vývoj, konstrukci, skladování, přepravu a překládku vojenské techniky a materiálu, údržbu a opravy vojenské techniky, zřizování, provoz a rušení zařízení vojenských staveb, přepravu osob (vojáků a pomocného personálu) včetně odsunu a zdravotnického zabezpečení“ (Sixta a kol., 2005, s. 17).

Zásadní rozvoj zaznamenala logistika v období po II. světové válce, kdy se matematické aparáty používané v období války začaly aplikovat do civilní sféry. Prvotně se matematické metody používaly v hospodářské praxi Spojených států amerických, které byly válkou zasaženy nejméně. Řešeny byly především problémy se zásobováním. Matematické metody však našly uplatnění i v určování optimálního množství produkce, rozmisťování skladů nebo v problémech spojených s dopravou a jejími náklady. „Bylo třeba zjistit návaznost jednotlivých dílčích procesů tak, aby byly efektivně využity všechny kapacity“ (Drahotský a kol., 2003, s. 17). Tím vznikla hospodářská logistika, často nazývaná jako podniková logistika.

### **3.1.2 Novodobý vývoj logistiky**

Logistika se nejprve začala prosazovat v USA, kde se stále častěji objevovaly matematické metody, operační plánování, lineární programování a různé teorie, které zpřesňovaly dosud používané systémy logistiky. Logistický obor byl v USA zaměřen především na zásobování malého počtu velkých městských aglomerací, kdy bylo nutné překonávat značné vzdálenosti. „...začal se prosazovat nový, systémový pohled na materiálové toky jako na řetězec operací probíhající v prostoru a v čase za pomoci fungujících toků informací“ (Sixta a kol., 2005, s. 17). Vývoj logistiky od konce II. světové války je rozdělen do 4 období.

V období do 50 let minulého století byly v důsledku průmyslové revoluce předstiženy dosavadní metody distribuce zboží, kterým do té doby nebyla věnována systematická pozornost. Změny ekonomického klimatu vyvolaly tlak na snižování nákladů. Pro toto

období je charakteristický přechod od trhu výrobce k trhu zákazníků, kde již bylo nutné řešit otázky marketingu. Šlo zejména o potřebu inovací, širšího sortimentu a širší palety služeb pro zákazníky. Snaha o komplexní řešení zmíněných problémů však narážela na nedostatek technických prostředků, moderní techniky a informační technologie. Z toho důvodu jsou pro období do 50 let charakteristické především vědecké práce (J.W. Forester) a praktické aplikace, které řešily oddělené problémy v řízení materiálového toku (řízení skladů, řízení technologie ve výrobě, statistické řízení zásob). Jednotlivé činnosti tedy nebyly dostatečně provázány.

V období do roku 1970 byly vytvářeny různé koncepce na aplikaci logistiky. Byla již zřejmá integrační snaha v logistických činnostech od nákupu surovin až po distribuci. V důsledku energetické krize se v tomto období začal rozvíjet materiálový management, který se zabýval problematikou zásob. Skladování bylo značným spotřebitelem energie, a proto bylo třeba vymyslet systémy skladování a zásobování přinášející úsporu. Začaly se zavádět dlouhodobé kontrakty s dodavateli a nové výrobní strategie, například metoda Just in Time. Pro posouzení optimality distribučních cest se začaly využívat celkové náklady, které byly souhrnem nákladů všech článků distribučních řetězců.

V období 80. let propuklo masové uplatnění výpočetní techniky. Revoluce komunikační techniky umožňovala v logistice zrychlení procesu zpracování objednávek systémem počítač-počítač, nebo například řízení skladů využitím mikroprocesorů. Došlo k rozšíření logistických unifikovaných pomůcek (palety, kontejnery) a bylo vyvíjeno značné úsilí o komplexní přístup k logistickým řetězcům (Gros, 1996), (Hobza a kol., 2002).

V současné době se stále rozvíjí plně integrované logistické systémy, zahrnující fyzickou distribuci výrobků, plánování výroby i nákup surovin. Systémové, integrované, logistické koncepce umožňují nahradit velmi namáhavou lidskou práci kapitálovými prostředky. Je zřejmé, že úzké a oddělené chápání dílčích logistických problémů, může poškodit funkčnost celého logistického procesu. Pokud by například nákup surovin, výroba a distribuce byly řešeny individuálně, mohlo by to vést k odlišným cílům. Pouze systémový logistický systém může uspokojit potřeby zákazníků i firmy (Gros, 1996).

V podmínkách ČR se logistické principy začaly prosazovat už od roku 1970, ale vzhledem k politickým, ideologickým a ekonomickým podmínkám byla logistika hodnocena jako „nástroj kapitalistického vykořisťování“, čímž bylo logistickému oboru znemožněno dosáhnout plného uplatnění. Z toho vyplývá, že logistiku lze plně uplatit pouze tam, kde

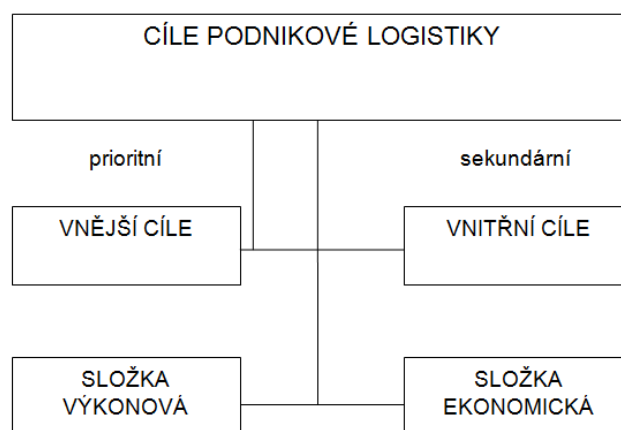
funguje trh a soutěž mezi jednotlivými subjekty. Po roce 1989 byly tyto podmínky prolomeny, což umožnilo volnou výměnu myšlenek a zkušeností v oblasti logistiky. Začaly se propojovat tuzemské a mezinárodní dopravní sítě a logistické metody byly uplatněny po celé Evropě. Došlo také ke značnému zlepšení ve výměně informací (Hobza a kol., 2002).

### 3.1.3 Cíle logistiky

Cíle podnikové logistiky musí vycházet z globální strategie celého podniku a musí být v souladu se všemi jeho cíly. Hlavním cílem podnikové logistiky je dosahovat cílů firmy a uspokojovat přání zákazníků zbožím a službami na požadované úrovni, při minimalizaci celkových nákladů (Sixta a kol., 2009).

Lukoszová definuje výše uvedené takto: „Logistika má dbát na to, aby místo příjmu bylo zásobeno podle jeho požadavků z místa dodání správným výrobkem, ve správném množství, ve správném čase za minimálních nákladů“ (Lukoszová, 2004, s. 53).

Logistické cíle lze rozdělit podle místa působení na vnější a vnitřní (vně a uvnitř podniku) a také podle měření souladu mezi cíly a výsledky (výkon nebo ekonomické vyjádření).



**Obrázek 1: Cíle logistiky**

Zdroj: vlastní zpracování na základě Sixta a kol., 2005

Mezi nejdůležitější patří cíle vnější společně s výkonovými. Mezi sekundární cíle patří vnitřní a ekonomické (obr. 1).

- Vnější cíle jsou zaměřeny na uspokojování potřeb zákazníka v podobě zkracování lhůt dodání, zlepšování spolehlivosti dodávek, zvyšování pružnosti logistických služeb a zvyšování objemu prodeje.
- Výkonové cíle zabezpečují optimální úroveň služeb, aby požadované množství zboží nebo materiálu bylo u správného zákazníka v požadovaném množství, na správném místě, ve správném okamžiku.
- Vnitřní cíle jsou zaměřeny na snižování nákladů s tím, že budou dodrženy vnější cíle. Jedná se o náklady na zásoby, dopravu, výrobu, manipulaci a skladování.
- Ekonomické cíle spočívají v zabezpečení požadovaných služeb s náklady, které jsou vzhledem k úrovni služeb minimální. Náklady by měly odpovídat ceně, kterou je zákazník ještě ochoten zaplatit za vysokou kvalitu služeb. Je to dáno tím, že s rostoucí úrovní služeb roste zájem zákazníků, ale i náklady. Proto může zájem zákazníků od určitého bodu klesat (Sixta a kol., 2005).

### 3.1.4 Dělení logistiky

Logistiku je možné rozdělit dle dvou hledisek:

- 1) Podle širě zaměření na materiálový tok
  - Makrologistika představuje logistické řetězce nezbytné pro výrobu (od těžby surovin až po prodej).
  - Mikrologistika je logistický řetězec mezi závody, sklady a objekty jednoho podniku.
- 2) Podle hospodářsko-organizačního místa uplatnění
  - Výrobní (průmyslová) logistika zahrnuje nákup materiálů a polotovarů, řízení toku materiálů podnikem, dodávky zákazníkům.
  - Obchodní logistika zabezpečuje řízení pohybu zboží od výroby až k zákazníkovi.
  - Dopravní logistika je část logistického řetězce, kde dochází k přemístění zboží mimo vlastní podnik (Hobza a kol., 2002).

### 3.1.5 Dopravní logistika

Dopravní logistika začala nabývat na významu zejména na přelomu 70. a 80. let, kdy došlo k rozsáhlému uvolnění, deregulaci dopravního průmyslu, čímž se podnikům nabídlo mnoho možností, jak přepravu realizovat. V důsledku toho rostla konkurence a pružnost mezi jednotlivými druhy dopravy a dopravci se tak museli více zaměřit na zákazníka.

Do dopravní logistiky je třeba řadit silniční, železniční, lodní, leteckou a potrubní dopravu. Proces dopravní logistiky je možné přirovnat k výrobnímu procesu, protože i zde se jedná o vzájemně skloubené pracovní úkony a procesy, pomocí kterých je realizován přemísťovací proces materiálu, polotovarů, výrobků a dopravních prostředků, včetně osob, které tyto prostředky obsluhují. Přemísťovací proces těchto prvků, lze provádět v rámci závodní dopravní sítě nebo veřejné dopravní sítě. Součástí dopravní logistiky jsou kromě samotné přepravy i ložné operace, které probíhají při nakládkách a vykládkách (Lambert a kol., 2005).

Přesun hmotných statků je v dopravní logistice prováděn ve sféře oběhu výroby (pro potřeby vyvolané technologií), a také ve sféře spotřeby, kde dochází k přesunům výrobků, které již do spotřeby vstoupili (Svoboda, 2006).

Faktorem úspěchu v dopravní logistice je včasné a kvalitní dodání zboží zákazníkovi, čímž roste přidaná hodnota objednaného zboží a zvyšuje se úroveň zákaznického servisu. Proto je nutné neustále zjišťovat úroveň zákaznického servisu, kterou v určité době zákazníci vyžadují. Úroveň zákaznického servisu je kromě samotné přepravy, ovlivněna i pružností poskytovaných služeb, spolehlivostí nebo loajalitou při poškození či ztrátě zásilky. Je pochopitelné, že se firmy snaží volit takové druhy doprav, aby minimalizovali náklady, ale v případech hrozící prodlevy dodání je nutné volit vhodnější, byť dražší druhy doprav (Drahotský a kol., 2003).

V praxi je přemísťovací proces prováděn dopravcem. Odběratelem této služby je pak přepravce. Ten si svého dopravce vybírá zpravidla dle těchto kritérií:

- způsob přepravy a ložných manipulací
- místa a doby nakládky a vykládky
- kapacity dopravních prostředků, které jsou k dispozici
- případně i kapacity dopravních cest
- hrubá a ložná hmotnost
- ložný prostor

- rozměr dopravních prostředků
  - speciální vybavení
  - rychlost a spolehlivost přepravy
  - možnosti poskytování dalších služeb (balení, třídění, expedice)
  - ceny za druhy přepravy, za kilometrické vzdálenosti a další služby
- (Sixta a kol., 2005).

### **3.1.6 Vliv logistických nákladů na ekonomiku**

Již Gros ve svém díle z roku 1996 uvádí, že v zemích s fungujícími distribučními systémy dosahují úspory nákladů 5 až 10 %. Je zřejmé, že výše těchto úspor se v důsledku stále dokonalejších technologií zvyšuje. V této souvislosti působí logistika jako nástroj konkurenčního boje. V současné době existuje na trhu mnoho výrobků, které jsou dodávány několika výrobci. Cena těchto výrobků se většinou příliš neliší a kvalita bývá srovnatelná. Z toho důvodu bývá pro firmy daleko snazší získat konkurenční výhodu snížením logistických nákladů (Gros, 1996). Konkurenční výhoda, které firma dosáhne na základě individuální logistické strategie, není tak snadno napodobitelná jako základní prvky marketingového mixu. Firma si například může vytvořit pevné vztahy se svými dopravci a dalšími články logistického řetězce a tím získat specifickou konkurenční výhodu v podobě rychlé odezvy, spolehlivosti, dostupnosti a dalších významných výhod, které ovlivňují kvalitu zákaznického servisu. Snížením logistických nákladů je výrazně ovlivňována ekonomická situace v celé společnosti. Pokud by totiž v průběhu času logistické náklady rostly, zvyšovaly by se spotřebitelské ceny výrobků a služeb. Tím by se snižovala životní úroveň obyvatelstva a podniky by dosahovaly nižších zisků. Logistika je tedy nezbytná nejen pro realizaci prodeje zboží, ale také pro plynulý tok mnoha ekonomických transakcí. Pokud by celý logistický řetězec nebyl dostatečně efektivní, mělo by to dopad na všechny ekonomické subjekty řetězce (Lambert a kol., 2000).

K tomu, aby byl logistický řetězec dostatečně efektivní, slouží tzv. koncepce celkových nákladů spočívající ve snaze o komplexní snížení nákladů. Podnik by se tedy neměl snažit o izolované snížení logistických nákladů, ale měl by usilovat o minimalizaci celkových nákladů, protože v důsledku snížení nákladů v jedné oblasti mohou vzrůst náklady v jiné oblasti, které mohou být dokonce vyšší než náklady v předcházející oblasti (Sixta a kol., 2009).

Stále rostoucí význam snižování logistických dopravních nákladů potvrzuje i růst dopravních nákladů v posledních 10 letech.

**Tabulka 1: Statistika dopravních nákladů**

Rok	Ukazatel nákladů pro ČR (mil. Kč)	
	Doprava a skladování	Silniční nákladní doprava
2005	535 877	175 331
2006	514 806	185 817
2007	565 249	207 232
2008	608 460	223 108
2009	526 389	190 126
2010	552 538	195 512
2011	568 851	203 116
2012	587 937	202 251
2013	601 376	199 226
2014	625 759	212 477

Zdroj: vlastní zpracování na základě CZSO, 2016

Statistický přehled v tabulce č. 1 potvrzuje, že náklady na celkovou a silniční dopravu mají růstový charakter. V obou případech je vidět růst dopravních nákladů mezi roky 2005 - 2008. Lze usoudit, že pokles v roce 2008 je zapříčiněn ekonomickou krizí. V období let 2009 - 2014 je zaznamenán opětovný růst. To poukazuje na dlouhodobý růst dopravních nákladů.

Z výše uvedeného lze shrnout, že vzhledem ke stále se zvyšujícím nákladům na logistické a dopravní činnosti je nutné, aby firmy usilovaly o stálé snižování nákladů, čímž přispějí k rozvoji ekonomiky a získají tak konkurenční výhodu, která je v době rozvinutých trhů pro každý podnik velmi významná.

## **3.2 Důležité pojmy z logistiky**

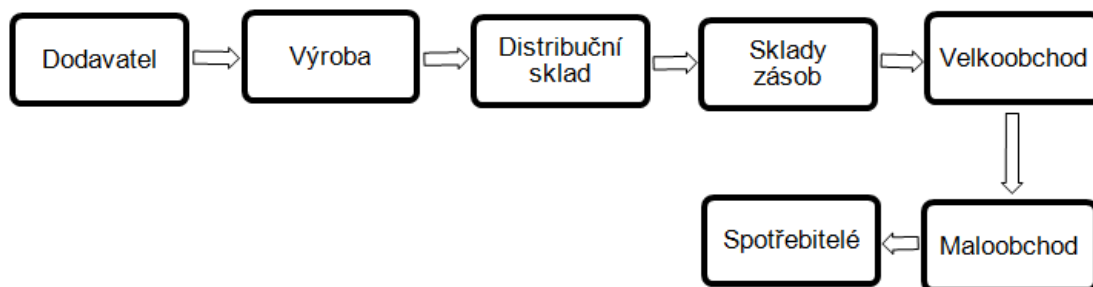
V této podkapitole bude představena problematika logistického systému a souvisejících částí.

### **3.2.1 Logistický systém**

Jde o oběhový proces tvořený činnostmi, které probíhají od okamžiku získání výrobních surovin až po přechod finálních produktů ke spotřebiteli. Prostřednictvím daných činností je tedy umožněna konečná spotřeba vyrobených statků a v cílovém stavu i likvidace



a recyklace na konci života produktů. Snahou společností je minimalizovat náklady na tyto oběhové procesy a na základě poznatků z vědních oborů sestavovat řídicí systémy, se kterými by bylo dosaženo optimalizace. Zmíněné činnosti, které probíhají od získání surovin do okamžiku směny finálního produktu, resp. likvidace, lze označit za přepravní řetězec. Pokud v tomto přepravním řetězci probíhá informační tok, jedná se o logistický řetězec (Svoboda, 2006).



**Obrázek 2: Logistický řetězec**

Zdroj: vlastní zpracování na základě Sixta a kol., 2005

Podle společnosti The Council of Logistics Management je výše uvedené definováno takto: „*Proces plánování, realizace a řízení efektivního, výkonného toku a skladování zboží, služeb a souvisejících informací z místa vzniku do místa spotřeby, jehož cílem je uspokojit požadavky zákazníků*“ (Sixta a kol., 2005, s. 53).

Toto efektivní řízení materiálů, které zahrnuje správu surovin, součástek, vyrobených dílů, balících materiálů nebo zásob ve výrobě, představuje pro celý logistický proces velmi důležitou činnost, protože přijatá rozhodnutí při plánování logistického procesu přímo ovlivňují úroveň zákaznického servisu i konkurenceschopnost firmy. V případě plánování materiálového toku neefektivně, nebude možné vyrobit produkty za požadovanou cenu v době, kdy jsou tyto výrobky poptávány. Pokud nebude ve výrobním procesu dostatek materiálů, může dojít ke zpomalení výroby a k omezení prodeje (Sixta a kol., 2005).

Cílem logistického řetězce, který byl definován výše, je propojit trh dodavatelů s trhem spotřebitelů. Tok materiálu a zboží prochází v logistickém řetězci několika níže uvedenými mezičlánky.

- Nákup, kde probíhá výběr a prověření dodavatele, sestavování dodavatelsko-odběratelských smluv, sledování vývoje v oblasti nákupu nebo sestavování plánu zásobování.

- Zásobování, které má zajistit dodávku potřebných součástí do výroby, přičemž je požadována minimalizace nákladů. Důležité je zajistit plynulé zásobování výroby materiály a energiemi.
- Výroba, u které je z pohledu logistiky především řízen tok materiálu. Probíhá zde plánování výrobního programu, skladování zásob nebo řízení vnitropodnikové přepravy.
- Distribuce, která má zajistit fyzický pohyb výrobků (počet mezičlánků, skladů a jejich kapacit). Jsou zde sledovány termíny plnění objednávek, rozmisťovány zásoby v distribuci, prováděny obchodní operace aj.
- Prodej, který je z pohledu logistiky chápán pouze jako změna majitele zboží.
- Marketing, který soustřeďuje svůj marketingový mix na to, aby byl produkt na správném místě, za správnou cenu se správnou propagací. Je důležité volit vhodné distribuční kanály (Gros, 1996).

### **3.2.2 Distribuční řetězec**

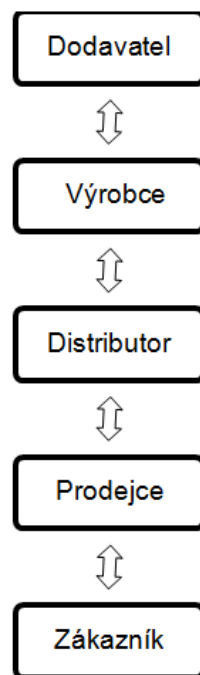
Představuje část logistického řetězce začínající ve chvíli, kdy je hotový výrobek přesouván z výrobního podniku směrem k zákazníkovi, nebo když jsou suroviny a materiály přepravovány k výrobcům od příslušných dodavatelů (obr. 3). Tento distribuční řetězec tvoří výrobci, průmysloví zákazníci, velkoobchody, zprostředkovatelské organizace, přepravci, speditérské firmy, maloobchody a koneční zákazníci. Na distribuci působí velké množství náhodných vlivů, a proto vyžaduje distribuce z celého logistického systému nejvíce pružnou strukturu, která dokáže na náhodné výkyvy reagovat. Čím delší je distribuční řetězec (počet mezičlánků), tím více se prodlužuje cesta výrobku ke spotřebiteli a tím více rostou náklady.

Postavení distribučního řetězce je v logistickém řetězci nenahraditelné, protože plní 4 základní funkce:

- 1) Funkce kompletační, která spočívá v soustředění se objednávek od zákazníků v určitém místě distribučního řetězce. Sumarizované objednávky jsou pak předávány dodavatelům, kteří je ve velkém objemu předávají objednatelům a ti je po kompletaci dopravují zákazníkům. Funkce může být založena na principu minimalizace počtu operací a zprostředkovatelů nebo

na principu omezení skladovacích míst. Dalším principem může být i přiblížení trhu.

- 2) Skladovací funkce, na základě které jsou v distribuci vytvářeny zásoby pro pokrytí sezónních výkyvů v poptávce.
- 3) Funkce přepravní, do které patří problematika balení, skladování a dopravy.
- 4) Funkce komunikační, která je součástí logistického IS (Gros, 1996).



**Obrázek 3: Distribuční řetězec**

Zdroj: vlastní zpracování na základě Sixta a kol., 2009

### **3.2.3 Automobilová doprava**

Silniční doprava je označována za nejvíce flexibilní, univerzální a pružnou, zejména díky husté dopravní síti, kterou dosahuje ve srovnání s jinými druhy přeprav nejširšího pokrytí trhu. Automobilová přeprava se vyznačuje značnou univerzálností, protože je schopna přepravovat výrobky různých velikostí a hmotností na jakoukoli vzdálenost (Lambert a kol., 2005).

Podíl automobilové dopravy trvale roste po celém světě. I přes vysoké náklady na provoz automobilů, mzdy a manipulační operace při nakládkách a vykládkách lze tímto způsobem přepravovat i ekonomicky malé náklady na větší vzdálenosti. Jistou výhodou je i relativně krátká doba nakládky nebo vykládky. Automobilová doprava však představuje i řadu

negativ, mezi které patří například rychle rostoucí mzdy řidičů i obsluhy terminálů nebo garáží. Další nevýhodou může být závislost na počasí nebo hustotě silničního provozu, omezení přepravy některých produktů, omezení přepravovaného množství na jednom vozidle nebo výluka provozu nákladních automobilů o dnech předcházejících dnům pracovního klidu (Gros, 1996).

Obecnou výhodu popisuje Svoboda takto: „*Na rozdíl od železniční dopravy, kde je velmi tvrdá regulace provozu ve prospěch bezpečnosti, je v silniční dopravě provoz téměř deregulován. Na silniční síť mají přístup dopravní prostředky veřejné dopravy v osobní i nákladní přepravě, neveřejné dopravy i individuální automobilové dopravy prakticky jen na základě řidičského oprávnění řidiče a dalších předepsaných dokladů o vozidle*“ (Svoboda, 2006, s. 98).

Nejdůležitějšími technicko-technologickými otázkami v oblasti automobilové dopravy jsou podle Křesťana a Bakešové:

- Co? - Co má být přepravováno, co má být manipulováno, jaký druh a jaké položky materiálu, jaké jsou manipulační a přepravní jednotky.
- Kolik? - Jaké množství je požadováno přepravit a manipulovat.
- Jak? - Jak je nutno přepravovat a manipulovat, jaké budou pracovní postupy.
- Čím? - Čím lze přepravovat, jaké dopravní prostředky budou zapotřebí.
- Kde? - Kde manipulovat, v kterém místě.
- Kudy? - Kudy přepravovat, kde jsou výchozí a koncová místa materiálových řetězců, jakým směrem vedou, jaké jsou manipulační plochy a jaké jsou dopravní komunikace.
- Kdy? - Kdy má přeprava či manipulace probíhat, časové požadavky hlavní výrobní nebo oběhové činnosti, pravidelnost, sezónní vlivy, frekvence (Křesťan a kol., 2007).

### **3.2.4 Obaly**

Spolu s přepravou souvisí i problematika obalů, které plní ochrannou, informační a manipulační funkci. Obaly se dělí na přepravní, distribuční a spotřebitelské.

Přepravní obal má chránit výrobky během celé cesty distribučním řetězcem proti povětrnostním vlivům, mechanickému poškození a do jisté míry i proti odcizení. Pro

dosažení požadované úrovně ochrany je třeba zvolit vhodnou konstrukci a materiál obalu, přičemž rozhodující je hodnota a také křehkost zboží. Na tyto obaly dlouhodobě působí negativní klimatické vlivy, a proto bývají zkonstruovány z odolných materiálů (plast, železo). Informační funkce přepravních obalů slouží především k informování o odesílateli, příjemci, obsahu a hmotnosti. Některé z nich nesou i logo firmy, čímž působí jako propagační prvek (Gros, 1996).

Distribuční obal tvoří mezičlánek mezi spotřebitelským a přepravním obalem. Většinou se jedná o kartony určitého množství totožného produktu, které plní zejména ochrannou funkci a manipulační funkci, pro snížení manipulačních operací. Informační funkcí je především identifikace zboží ve skladech, prodejnách a při rozvozech zboží.

Spotřebitelský obal plní prodejní funkci, která spočívá v komunikaci se zákazníkem a informační funkci, která je důležitá pro identifikaci zboží

U obalů je také velmi důležité, aby splňovaly požadavky pro automatizaci a robotizaci. Křesťan a Bakešová rozdělili přepravní obaly do pěti hlavních směrů:

- Paletizace, založená na prostých, sloupkových, ohradových a skříňových paletách normalizovaných rozměrů.
- Paketizace, na základě které se vytváří manipulační jednotky, složené z jednotlivých výrobků, zabalených na paletě jako celek.
- Roltejnizace představuje přepravní prostředky, které jsou opatřeny odnímatelným podvozkem.
- Kontejnerizace podle velikosti dělí přepravní prostředky na malé kontejnery omezené do 14 m<sup>3</sup> a 10 000 kg a velké kontejnery s uzavřeným prostorem, které se dají opakovaně použít (Křesťan a kol., 2007).

### **3.2.5 Zásobování**

Problematika zásobování patří v logistice k těm nejriskantnějším oblastem. „*Stanovení potřebné úrovně zásob v množství a struktuře pro zásobování segmentů trhu a jejich alokace podle předpovědi prodeje, stejně tak jako volba optimální úrovně zásob surovin pro výrobu, patří ke kritickým článkům celé logistické strategie*“ (Gros, 1996, s. 101). Za nejriskantnější, je tato logistická činnost označena proto, že v zásobách je vázán kapitál, který není schopen obrátky a výnosu čistého jmění. Gros uvádí, že ve většině případů váží zásoby 10 až 25 % aktiv podniku (Gros, 1996).

Rostoucí zásoby spotřebovávají práci skladníků a strojů, kteří s nimi musí operovat ve skladu. Zásoby nesou další náklady v podobě pojištění nebo poškození zboží a také riziko, že za dobu, co jsou uskladněny, může dojít ke ztrátě jejich hodnoty, čímž se stanou znehodnocenými a nepoužitelnými. Pozitivní stránkou zásob je možnost řešení, časového, místního a kapacitního nesouladu mezi výrobou a spotřebou. Dále zajišťují plynulý chod celé výroby a pomáhají vyrovnávat různé výkyvy v poptávce. Pokud firma na základě dostatku informací a prognóz komplexně plánuje své zásoby, může zvýšit svůj prodej, snížit náklady, snížit počet nevyřízených objednávek nebo například zvýšit úroveň zákaznického servisu. Při plánování zásob by měla firma srovnat náklady na udržení zásob a náklady na objednání a přepravu nenaskladněných zásob (Drahotský a kol., 2003).

Logistika zásobování plní 4 základní funkce:

- Geografická funkce spočívá ve vytváření podmínek pro územní specializaci.
- Vyrovnávací funkce, která zabezpečuje plynulost výrobních procesů, krytí náhodných výkyvů při dodávkách, eliminaci poruch v distribuci a vyrovnávání sezónních výkyvů.
- Technologické funkce, kde jsou zásoby udržovány jako součást technologického procesu.
- Spekulativní funkce spočívá ve vytváření zásob ze spekulativních důvodů.

K vhodnému nákupnímu plánování zásob slouží velké množství metod, které se liší svou povahou podle toho, pro jak velký podnik jsou určeny. V dnešní době jsou tyto metody pro logistiku zásobování nezbytné (Křesťan a kol., 2007).

### **3.2.6 Skladování**

Podle Grose není možné klasifikovat skladování jako specifickou činnost logistiky, protože nezahrnuje pouze skladování, ale i ostatní články logistického procesu, například dopravu a problematiku zásob. Skladování představuje velmi důležitou součást celého materiálového toku, ať už se jedná o skladování surovin, dílů, polotovarů nebo hotových výrobků (Gros, 1996).

Se skladováním souvisí neustálý přesun zboží, z místa příjmu do skladu nebo naopak při expedici, ze skladu do místa výdeje. V obou případech je nutné provádět fyzickou i dokumentovou kontrolu zboží, bezprostředně před naložením nebo po vyložení z dopravního prostředku. Další funkcí skladování je samotné uskladnění produktů, které

může být přechodné nebo časově omezené. Přechodné uskladnění slouží pro doplňování zásob a časově omezené skladování souvisí s nadměrnými zásobami pro uspokojení sezónní nebo kolísavé poptávky. V rámci skladování je také velice důležitý přenos informací o stavu zásob a jejich umístění, o zboží v pohybu, o vstupních a výstupních dodávkách, zákaznících, personálu a využívání skladových prostor. K tomu využívají společnosti zejména technologie čárových kódů nebo elektronickou výměnu dat (Drahotský a kol., 2003).

Ekonomickým efektem skladování může být například snížení nákladů, kterého je dosaženo soustředěním dodávek od několika dodavatelů do jediného skladu. Z takového skladu jsou posléze vysílány ucelené dodávky odběratelům, čímž je dosaženo nižších přepravních nákladů (Gros, 1996).

### **3.2.7 Centralizace skladů**

Centralizace skladů představuje technologii využívanou v oblasti výroby, zásobování i distribuce, tedy v celém logistickém řetězci. Podstatou této technologie je soustředění skladovací činnosti nikoliv do několika rozmístěných skladů, ale pouze do jednoho centrálního místa. Centrální sklad, i přes svoje negativní stránky, přináší podstatné výhody, mezi které patří zejména kvalitní a plné využití informatiky, mechanizace a automatizace současně. Aplikace této metody přináší razantní pokles nákladů skladovací činnosti na úkor přepravních nákladů, které rostou (Lukoszová, 2012).

Hlavním impulsem pro využívání této metody byl rozvoj mechanizace, automatizace a robotizace, který poukázal na to, že strategie rozptýlených skladů není příliš výhodná. Zavedení velké mechanizace, která by podniku mohla vytvořit úsporu, se vzhledem k velikosti skladu a k malému objemu práce, ekonomicky nevyplácí. Centralizace skladů tak umožňuje dosáhnout nejvyššího stupně mechanizace, odstranit namáhavou manuální práci a snížit mzdové náklady nebo náklady na údržbu budov a zařízení, protože se počet plošně rozptýlených skladů zredukuje na jednu nebo několik málo koncentrovaných skladů (Svoboda, 2006).

Každá společnost by se měla v rozhodování o počtu skladů zaměřit na několik následujících faktorů:

- **Náklady související se ztrátou prodejní příležitosti**, které vznikají v důsledku minimálního počtu skladů. Pro podnik jsou nebezpečné a nelze je předvídat.

S rostoucím počtem skladů by křivka těchto nákladů měla klesat. Záleží však na odvětví, podniku, výrobku a zákazníkovi.

- **Náklady na zásoby**, které se s počtem skladů zvyšují, protože většinou by měl každý sklad disponovat alespoň minimálním počtem všech svých výrobků.
- **Skladovací náklady** se s počtem skladů zvyšují, protože se současně zvyšuje i skladový prostor, který musí firma zaplatit. Při určitém počtu skladů mohou skladovací náklady klesat, protože v případě, že si podnik prostory najímá od jedné společnosti, může získat množstevní slevu.
- **Přepavní náklady**, které zpočátku s vyšším počtem skladů klesají, následně však opět rostou, protože pokud firma využívá příliš mnoho skladů, rostou náklady na vstupní a výstupní dopravu. Pokud podnik počítá náklady na dodání produktu od výrobce k zákazníkovi, musí do nich zahrnout i náklady vzniklé přesunem zboží do příslušného skladu. Jestliže je využito menšího počtu skladů, snižují se náklady na vstupní dopravu, protože výrobci mohou zboží expedovat ve větších objemech.
- **Kritický bod**, představuje takový počet skladů, do kterých již nebude firma schopna dodávat dosud tak velké objemy zboží, což se projeví ve vyšších sazbách vůči dopravcům (Sixta a kol., 2005).

### 3.2.8 Pasivní prvky logistických systémů

Pasivními prvky jsou přepravní prostředky (přepravky, palety), obaly (spotřebitelské, distribuční, přepravní), odpady, informace, materiály a výrobky, se kterými jsou prováděny netechnologické operace (pohyb z místa a okamžiku jejich vzniku do místa a okamžiku jejich spotřeby). Informace doprovází zmíněné pasivní prvky v celém logistickém řetězci a jejich sběr, zpracování, přenos a uchování představuje v logistice stejnou míru důležitosti jako operace s hmotnými prvky. Velmi důležité jsou i obaly, které chrání hmotné přepravované zboží nebo materiály před poškozením. Pohyb pasivních prvků představuje značnou část logistického řetězce. Hlavní charakteristikou pasivních prvků je, že jsou to manipulovatelné, přepravované a skladovatelné jednotky. Pro přesun pasivních prvků jsou nezbytné přepravní, kompletační a ložné operace, sloužící k překonávání prostoru a času těchto prvků, přičemž se jejich fyzikální, chemická nebo jiná vlastnost nemění. Hmotné



pasivní prvky jsou v logistickém řetězci přepravovány pomocí aktivních prvků, kterými se rozumí technické prostředky a příslušný personál (Hobza a kol., 2002).

### 3.2.9 Aktivní prvky logistických systémů

Aktivní prvky slouží k provádění netechnologických operací s pasivními prvky. Do těchto operací patří balení, tvorba a rozebírání manipulačních a přepravních jednotek, nakládka, vykládka, překládka, přeprava, uskladňování, vyskladňování, kompletace, různé kontroly a také sběr, zpracování, přenos a uchování informací. Aktivní prvky plní dvě hlavní funkce:

- 1) Změna místa hmotných, pasivních prvků, pomocí technických prostředků a zařízení pro manipulaci, přepravu, skladování, balení a fixaci, včetně potřebných budov, skladů a dopravních komunikací.
- 2) Sběr, přenos, zpracování a uchování informací, pro sledování a identifikaci pasivních prvků nebo dálkový přenos zpráv, údajů a dat (Sixta a kol., 2005).

K aktivním prvkům patří i příslušní pracovníci, protože velká většina těchto prvků vyžaduje obsluhu člověkem. Bez lidské práce by aktivní prvky postrádaly smysl.

Mezi nejčastější aktivní prvky patří:

- **Vysokozdvížené vozíky** spadající do skupiny prostředků pro stohování s pohybem plošným a neomezeným. Využívají se zejména pro paletizaci a kontejnerizaci a jsou nedílnou součástí většiny skladů. Vysokozdvížené vozíky se dělí podle využití na halové, venkovní a terénní a podle orientace na obkročné nebo čelní.
- **Nákladní automobily a přívěsy**, vyráběné v různých typových řadách s neustále novými obměnami, vylepšeními a příslušenstvím. V dnešní době se vyrábí především univerzální nákladní automobily, jejichž konstrukce včetně podvozků, motorů, převodovek, kabiny a dalších prvků je principově stavebnicová, což výrobcům umožňuje uzpůsobení vozidla, podle předpokládaného využití. Snahou výrobců je co nejlepší využití rozměrových a hmotnostních limitů.
- **Přívěsy**, které se k nákladním automobilům vyrábí, jsou zkonstruovány principově stejně jako nákladní automobily, aby se při nakládce nebo vykládce mohlo postupovat stejně, se stejnými technickými prostředky.

- **Soupravy tahačů s návěsy** jsou jedním z nepoužívanějších a nejžádanějších přepravních prostředků. Kamionové soupravy se vyznačují především velkým přepravitelným objemem zboží o relativně velké váze.
- **Paletové vozíky nízkozdvížené**, patří podle Pernici do skupiny prostředků pro pojezd s pohybem plošným a volným. Jsou to nejrozšířenější manipulační prostředky. Pracují stejně jako vysokozdvížené vozíky na vidlicovém principu a mohou tedy zvedat stejné palety jako tyto vozíky (Pernica, 1998).

### 3.2.10 Logistický informační systém

Logistický informační systém je potřebný k efektivnímu řízení toků zboží v celém logistickém systému. Zásadní informací jsou pro podnik objednávky zákazníků za určité období, na základě kterých lze plánovat výrobu. „*Hlavním cílem logistického informačního systému je tedy vytvořit informační prostředí, v němž bude možno účinně plánovat a koordinovat všechny logistické aktivity spojené s řízením hmotných toků v logistickém řetězci*“ (Gros, 1996, s. 31). Sixta a Žižka již definují logistický informační systém přesněji. Hovoří o tom, že logistický IS musí sloužit k podpoře celého logistického procesu a musí splňovat vysoký stupeň automatizace. „*Logistický informační systém poskytuje údaje a algoritmy potřebné pro efektivní řízení toků zboží, které jsou prvotním jádrem podnikatelských aktivit. Logistický informační systém je třeba chápat jako základní, ale ne jedinou součást manažerského informačního systému podniku. Úspěšná koncepce i operativa logistického řízení není možná bez objektivních informací o logistických výkonech a nákladech*“ (Sixta a kol., 2009, s. 32).

Informační systém by měl kromě efektivního poskytování informací řídicím pracovníkům také vyhovovat zákazníkům vyžadujících od svých dodavatelů stále více informací (dodací doby, dostupnosti zboží, očekávané příjezdy dodávky, sledování zásilek atd.). Podle Drahotského a Řezníčka chtějí zákazníci od svých dodavatelů integrovaný logistický systém podporovaný integrovaným logistickým informačním systémem, k čemuž slouží například technologie čárových kódů, elektronické pokladní systémy pro sběr a přenos dat, systémy pro elektronický převod peněz nebo systém elektronické výměny dat EDI (objednávky, faktury, dodací listy, ceníky, stavy zásob, logistické doklady a další) (Drahotský a kol., 2003).

### 3.3 Teorie grafů

Tento matematický obor zaznamenal v posledním půlstoletí razantní rozvoj v oblasti matematicko-teoretické i aplikační. Náplní práce kombinatorické analýzy, již je teorie grafů součástí, je studium matematických útvarů, které se nazývají Grafy. Graf si lze vyložit buď jako způsob zobrazení např. průběhu určité závislosti několika proměnných nebo jako matematický útvar, který je modelem některého reálného systému. Ve světě existuje nespočet reálných situací, které jsou znázorňovány pomocí grafu, tedy pomocí uzlů (vrcholů) a hran (spojnic) mezi nimi. Takové uzly v grafu pak mohou představovat distribuční centra nebo důležité fáze projektu a hrany mohou vyznačovat přímé trasy nebo dílčí úkoly projektu (Pastor a kol., 2007).

Grafy lze aplikovat například v oboru ekonomiky, techniky, sociálních věd, fyziky, chemie, biologie a také v oboru dopravy. Výhodou jejich aplikace je věrné zachycení konkrétní situace, které působí mnohem názorněji, než vyjádření matematické nebo vyjádření pomocí složitých modelů. Grafická reprezentace je pak názorná a srozumitelná i pro neodborníky v matematickém modelování. Z toho důvodu jsou grafické modely používány velmi často (Jablonský, 2002).

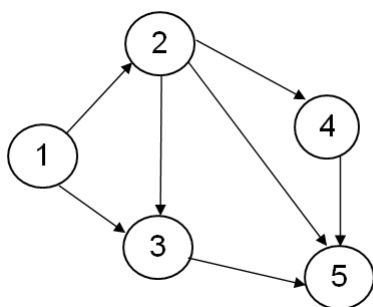
Pokud by měl být graf matematicky vyjádřen, vypadal by jeho zápis jako  $G = (V, E)$  v případě neorientovaného grafu a  $G = (V, A)$  v případě orientovaného grafu, kde  $G$  je graf, množina  $V$  představuje uzly, množina  $E$  neorientované hrany a množina  $A$  hrany orientované. Dále také platí, že je-li hrana  $e$  tvořena uzly  $u$  a  $v$ , je pro neorientovanou hranu užíván zápis se složenými závorkami  $e = \{u, v\}$  a pro orientovanou hranu zápis s kulatými závorkami  $e = (u, v)$  (Šubrt a kol., 2011).

Pomocí optimalizačních algoritmů jsou v grafech řešeny například problémy, kdy je hledána minimální kostra grafu (minimální strom), nejkratší, nebo nejlevnější cesta v grafu nebo také stanovení maximálních toků sítě (Sixta a kol., 2009).

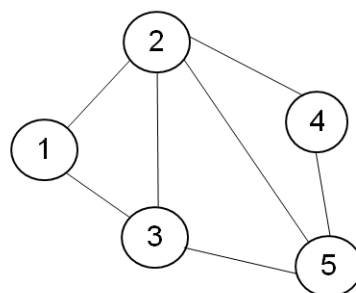
#### 3.3.1 Důležité pojmy v teorii grafů

- **Orientované hrany**, u kterých není určen směr a není tedy dáno pořadí návštěv uzlů, což umožňuje obousměrný pohyb mezi uzly.
- **Neorientované hrany**, z nichž každá hrana má svůj jediný směr. Pořadí návštěv od počátečního uzlu až po koncový, je řízeno právě těmito směry.

- **Ohodnocení hrany**, které vyjadřuje například délku hrany, propustnost hrany, dobu trvání hrany, cenu za průchod nebo cenu za realizaci hrany (za její výstavbu a údržbu). Pokud jsou všechny hrany v grafu ohodnoceny, jedná se o hranově ohodnocený graf.
- **Ohodnocení uzlu**, kde přiřazené číslo uzlu může v konkrétních situacích představovat například propustnost uzlu, jeho prioritu nebo průměrný čas čekání v uzlu. Pokud jsou všechny uzly v grafu ohodnoceny, jedná se o uzlově ohodnocený graf.
- **Uzly**, nabývající vstupního stupně 0 jsou označovány za počáteční uzly a uzly nabývající výstupního stupně 0, jsou označeny za koncové. V případě, že hrana  $e$  obsahuje uzel  $v$ , tak  $e$  a  $v$  spolu incidují. Uzly, které incidují se stejnou hranou se nazývají sousedé. Počet hran, které s uzlem incidují je stupněm uzlu.
- **Orientovaný graf** je složený pouze z orientovaných hran (obr. 4).
- **Neorientovaný graf** je složený pouze z neorientovaných hran (obr. 5).
- **Ohodnocený graf**, jehož hrany i uzly jsou ohodnoceny.
- **Sled** je střídavá posloupnost bezprostředně po sobě následujících vrcholů a hran, která začíná v počátečním a končí v koncovém vrcholu.
- **Uzavřený sled** je posloupnost, ve které je první a poslední vrchol totožný.
- **Otevřený sled** je sled, kde počáteční a koncový vrchol jsou dvěma různými vrcholy.
- **Souvislý graf** je neorientovaný graf, kde pro každé dva vrcholy existuje sled.
- **Tah** představuje sled, ve kterém se neopakuje žádná hrana.
- **Cesta** představuje sled, ve kterém se neopakuje žádný vrchol.
- **Délka cesty** je rovna počtu hran uvažované cesty v případě, že jde o grafy neohodnocené, kde pokládáme délku každé hrany rovno jedné. V případě ohodnocených grafů je délka cesty rovna součtu hodnot hran (Demel, 2002), (Pastor a kol., 2007).



Obrázek 4: Orientovaný graf



Obrázek 5: Neorientovaný graf

Zdroj: vlastní zpracování na základě Jablonský, 2002

### 3.3.2 Dopravní síť

Existence dopravní sítě je předpokladem pro realizaci dopravní obsluhy, v rámci které je přes různé distributory zajišťován přesun výrobků z místa jejich výroby do velkoobchodů, maloobchodů až ke konečnému spotřebiteli, včetně likvidace později vzniklých odpadů. Dopravní sítě jsou velmi složitým systémem, jelikož se většinou rozkládají na rozsáhlém území, které často překračuje hranice státu. Po formální stránce je dopravní síť dána množinou uzlů  $U$ , množinou hran  $H$  a také délkou hrany  $d$  a propustností celé sítě, jednotlivých cest nebo prvků sítě  $p$ . Všechny proměnné jsou pak vyjádřeny vztahem,  $S = (U, H, d, p)$  (Svoboda, 2006).

Podle Pastora a Tuzara lze dopravní síť chápat jako konečnou množinu těchto uzlů a hran, které tvoří pevnou část dopravního systému. Dopravní síť je tedy tvořena infrastrukturou dopravních cest, přičemž mezi každou dvojicí uzlů musí existovat spojení. Uzlem je myšlen bod, do kterého vstupují, nebo z něj vystupují hrany, představující jednotlivé cesty ohodnocené vzdáleností, časovou nebo nákladovou hodnotou. Dopravní síť jako orientovaný, ohodnocený graf pak umožňuje provádět analýzu (rozdělení celku na prvky) nebo syntézu (spojení prvků v celek) a také řešení dalších praktických úloh v dané síti.

Pro dopravní síť jsou charakteristické čtyři základní pojmy:

- 1) Délka úseku je vyjádřena ve vzdálenostních nebo časových jednotkách.
- 2) Kapacita uzlu, resp. kapacita úseku, která vyjadřuje maximální možný počet dopravních kompletů určitého typu, které se mohou současně nacházet v daném uzlu, resp. v úseku.
- 3) Propustnost úseku daná počtem kompletů, které mohou z výchozího uzlu vstoupit do daného úseku za jednotku času. Míra propustnosti také závisí

na typech kompletů, protože za určitý čas může daným úsekem projet například více osobních vozů než nákladních. Proto se v praxi přepočítávají jednotlivé typy vozidel na vhodnější míry, tzv. jednotková vozidla.

- 4) Výkonnost úseku, vyjadřuje množství osob nebo objemu a hmotnosti nákladu, které může být daným úsekem přepraveno za jednotku času (Pastor a kol., 2007).

### 3.3.3 Optimální trasy v dopravních sítích

Nejčastěji řešenými úlohami z dopravní praxe jsou v teorii grafů úlohy, zabývající se hledáním optimálních tras v síti. Příčinou hledání optimální trasy je to, že mezi dvěma libovolnými uzly existuje většinou více variant tras, které mohou mít různý charakter a které lze posoudit dle různých hledisek. Tyto úlohy patří v plánování dopravy k těm nejsložitějším vůbec. Při řešení optimalizačních úloh je velmi důležité myslet na všechny omezující podmínky a zahrnutí všech kritérií. Optimální trasy jsou hledány za účelem minimalizace nákladů v dopravní obsluze dané firmy (Pastor a kol., 2007).

Demel ve své knize definuje optimalizační úlohu obecně jako postup, na základě kterého je hledáno řešení, v určitém smyslu nejlepší. V souvislosti s optimalizační úlohou popisuje několik základních pojmů:

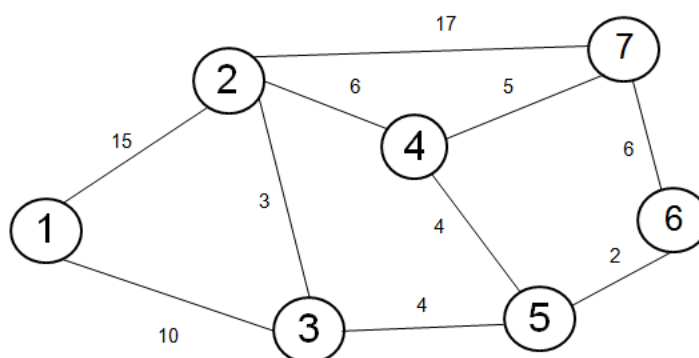
- Prostor řešení, jako množina přípustných řešení, které splňují všechny omezující podmínky. Nejlepší řešení je pak hledáno právě v této množině.
- Hodnota účelové funkce, která je přiřazena každému přípustnému řešení. Optimálním řešením je pak takové přípustné řešení, jehož hodnota účelové funkce je největší nebo nejmenší, podle toho, zda se jedná o minimalizační nebo maximalizační úlohu.
- Typ úlohy, daný podle toho, zda je účelová funkce maximalizační nebo minimalizační.
- Instance úlohy, jako konkrétní případ úlohy, který je natolik konkrétní, že má smysl tuto úlohu řešit nebo se o to alespoň pokoušet.
- Zadání úlohy představuje data (mnohdy číselná), která odlišují jednotlivé instance úlohy (Demel, 2002).

### 3.3.4 Úloha optimálního spojení míst

Cílem optimálního spojení míst je najít podgraf v podobě minimální kostry grafu, který bude zahrnovat všechny uzly z původního grafu. Minimální kostra grafu působí jako strom s minimálním součtem hodnot hran, tvořícími tento strom (obr. 6). Jablonský uvádí algoritmus, kterým lze minimální kostru grafu nalézt ve třech krocích.

- 1) Nejprve jsou v grafu vybrány dvě hrany s nejnižší hodnotou.
- 2) V dalších krocích je vždy vybírána hrana s minimální hodnotou tak, aby s dříve zvolenými hranami netvořila cyklus.
- 3) Předchozí krok se opakuje do doby, kdy bude vybrán takový počet hran, které budou tvořit minimální kostru (Jablonský, 2002).

V praxi jsou tyto úlohy optimálního spojení míst velmi časté například v zimě, kdy je v době kalamity nutné naplánovat minimální kostru dopravních tras, které zajistí projetí mezi všemi místy (uzly) a to s nejmenším celkovým součtem kilometrů (například z důvodu omezeného počtu sněhové techniky). V dané síti se může vytvořit několik minimálních koster, podle toho k jakému účelu jsou určeny. Minimální kostra zaručuje to, že její celkovou hodnotu nelze snížit výměnou některé hrany za jinou. Pokud by byla minimální kostra hledána ručně, bylo by již při 10 uzlech nutné vyhledat a následně porovnat 10 000 000 variant ( $n$  uzlů obsahuje  $n^{(n-2)}$  koster). Z toho důvodu se v praxi využívají speciální algoritmy, jako je například Kruskalův nebo Borůvkův algoritmus. V rámci optimálního spojení míst, může být hledána i nejkratší cesta v grafu či maximální tok v síti (Pastor a kol., 2007).



Obrázek 6: Optimální spojení míst

Zdroj: vlastní zpracování na základě Jablonský, 2002

### 3.3.5 Úloha optimálního trasování

Tato úloha představuje problém často nazývaný jako problém obchodního cestujícího, který je v logistice využíván například u technologie centralizovaných skladů, Hub and Spoke nebo u technologie Gateway. Předpokladem pro řešení tohoto problému je existence rovinného, ohodnoceného grafu, mezi jehož každými dvěma uzly existuje reálné spojení. Výsledným řešením problému obchodního cestujícího je nalezení Hamiltonovské kružnice. Kromě uzlu, ve kterém začíná a končí, prochází každým uzlem právě jednou, přičemž ze všech možných kružnic má tato kružnice nejmenší délku. Svoboda uvádí, že hledání Hamiltonovské kružnice je velmi obtížné, protože s rostoucím počtem obsluhovaných uzlů roste počet variant, které by bylo třeba řešit k dosažení optima. U pěti obsluhovaných uzlů je nutné vyřešit celkem 12 možných variant, při 10 uzlech již vzroste počet variant na 181 440 a u 25 uzlů by počítač, s operační rychlostí milion operací za vteřinu, řešil tento problém 9,5 mld. let (Svoboda, 2006).

Z toho důvodu je nutné slevit z požadavků na přesnost a k řešení těchto problémů využít heuristické algoritmy, které jsou polynomiální, ale při jejich použití se musí řešitel smířit s tím, že nemusí vždy dosáhnout požadovaného výsledku (Demel, 2002).

Podle Pastora a Tuzara je při řešení takových problémů nutné zvažovat podmínky dělící se na:

#### **Globální:**

- množství substrátu, rozvážené v rámci jedné trasy
- omezení maximální doby trvání jedné trasy (nepřekročitelná pracovní doba osádek, nutné doby odpočinků, zákazy jízd v určitých dnech)
- omezení vyplývající z maximálně možného počtu obslužených míst jednou trasou kompletu vzhledem k jejich požadavkům a kapacitám kompletů
- omezený disponibilní vozový park

#### **Lokální:**

- respektování časové dosažitelnosti obsluhovaných míst, tzn. uspokojení požadavku v zadaném časovém intervalu
- respektování technologické dosažitelnosti obsluhovaných míst, tzn. požadavek na obslužení zákazníka pouze vozidlem určitých parametrů
- limitovaná spotřeba pohonných hmot nebo přijatelné náklady vynaložené na obsluhu



Některá z uvedených podmínek nebo také kombinace těchto podmínek může v konkrétních případech představovat kritérium optimality řešení úlohy, a to do jaké míry jsou podmínky splněny představuje míru naplnění tohoto kritéria (Pastor a kol., 2007).

### 3.4 Ekonomicko-matematické modely

Matematické modelování je základním nástrojem operačního výzkumu, který zahrnuje několik samostatných vědeckých disciplín, umožňující řešit rozhodovací problémy tak, aby bylo nalezeno nejlepší, tzv. optimální řešení (např. teorie her, lineární programování, síťová analýza, vícekritériální optimalizace). Fábry uvádí, že předešlou větu není možné pokládat za přesnou definici, protože vzhledem k obrovskému množství rozmanitých rozhodovacích problémů a odpovídajících disciplín, není dost dobře možné vytvořit univerzální definici operačního výzkumu (Fábry, 2011).

Operační výzkum je aplikován v systémech, kde je prováděna analýza a koordinace operací. K analýze určitého systému pomocí operačního výzkumu je využíván model představující tento systém. U analýzy reálného systému je však nutné brát v potaz, že jeho model je pouze zjednodušeným obrazem tohoto systému. Modelování přináší řadu výhod, mezi které patří například analýza chování systému ve zkráceném čase, specifikace všech možných variant stavu systému, možnost četných experimentů pomocí změn parametrů nebo nižší náklady na experiment s modelem než s reálným systémem.

V operačním výzkumu je sestavován nejprve ekonomický a poté matematický model.

- Ekonomický model představuje zjednodušený slovní a numerický popis reálného systému, který obsahuje pouze nejvýznamnější prvky a vazby, s ohledem na analyzovaný problém. Cílem analýzy může být například maximalizace zisku při plánování výroby, minimalizace rizika při investování nebo minimalizace nákladů, při rozvozu zboží.
- Matematický model je převedený z ekonomického modelu za účelem řešení daného problému. Po daném zformalizování (převedení), je možné daný problém řešit standardními postupy. Cíl analýzy je vyjádřen pomocí lineární nebo nelineární funkce  $n$  proměnných (Lagová a kol., 2004).

### 3.4.1 Lineární programování

Představuje disciplínu operačního výzkumu, která slouží k řešení rozhodovacích problémů. Princip aplikace lineárního programování spočívá v určení intenzity realizace procesů, probíhajících v určitém systému, přičemž je nutné brát v potaz všechny omezující podmínky, ovlivňující dané procesy. Termín programování zde však nepředstavuje programování ve smyslu tvorby v programovacím jazyce, ale spíše jde o plánování a vytváření budoucích scénářů vývoje. Cílem lineárního programování je tedy naplánovat realizaci takových procesů, se kterými bude dosaženo optimálního výsledku ve vztahu k předem stanovenému cíli.

Matematický model lineárního programování je zapsán jako:

- 1) maximalizovat (minimalizovat)

$$z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (1)$$

- 2) za podmínek

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1, \quad (2)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2, \quad (3)$$

↓

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m, \quad (4)$$

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

- 3) kde

$n$  = počet strukturních proměnných modelu,

$m$  = počet vlastních omezení,

$c_j, j = 1, 2, \dots, n$  = cenový koeficient příslušející  $j$ -té proměnné,

$b_i, i = 1, 2, \dots, m$  = hodnota pravé strany příslušející  $i$ -tému vlastnímu omezení,

$a_{ij}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$  = strukturní koeficient, vyjadřující vztah mezi  $i$ -tým činitelem a  $j$ -tým procesem.

Jako příklady užití lineárního programování uvádí Jablonský finanční plánování, nutriční problémy, směšovací problémy nebo distribuční úlohy (Jablonský, 2002).

Model lineárního programování se skládá ze 4 hlavních komponent:

- **Proměnné** - vždy je nutné začít formulací rozhodovacích proměnných, reprezentujících jednotlivé procesy, související s hledaným rozhodnutím. Cíl řešeného problému odkazuje na tyto procesy, které vystupují jako proměnné.

- **Omezující podmínky** - vymezují přípustné kombinace procesů. V lineárních modelech lze použít pouze lineární rovnice nebo nerovnice. Levou stranu rovnice tvoří skalární součin hodnot jednotlivých proměnných, které určují množství vyčerpané kapacity. Pravou stranu mohou tvořit **exogenní** omezující podmínky (velikost kapacity zdroje), které mají nejčastěji kapacitní nebo požadavkovou povahu. Druhým typem jsou **endogenní** omezující podmínky vyznačující se tím, že levá i pravá strana podmínky, obsahuje pouze proměnné výrazy (při převodu všech proměnných na levou stranu je absolutní člen na pravé straně roven nule). Všechny omezující podmínky musí být uvedeny ve stejných jednotkách.
- **Účelová funkce** - vyjadřuje cíl řešení a oceňuje kvalitu přípustných kombinací procesu.
- **Podmínky nezápornosti** - zajišťují interpretovatelnost výsledků z praktického hlediska (pokud vyjde například hodnota  $x = -2$ , přičemž  $x$  reprezentuje počet hektarů pro výsev, nemá taková hodnota smysl). Dále jsou podmínky nezápornosti důležité pro výpočet simplexového algoritmu, jehož kroky by bez podmínek nezápornosti nebylo možné dokázat (Šubrt a kol., 2011).

### 3.4.2 NP-úplné úlohy

Dopravní problémy, které jsou pro splnění daných potřeb prováděny jedním nebo pomocí více okruhů, spadají z pohledu matematiky do takzvaných NP-úplných úloh. Jelikož se s počtem míst exponenciálně zvyšuje počet omezujících podmínek a také čas výpočtu, neexistuje pro tyto problémy efektivní algoritmus, podle kterého by bylo nalezeno matematické optimum (Šubrt a kol., 2011). Například v dopravní úloze, ve které se nachází 50 míst je celkem 2500 omezujících podmínek. Proto se v reálných aplikacích využívají speciální algoritmy poskytující alespoň přibližné řešení (Jablonský, 2002).

Pelikán popisuje tyto metody jako aproximační, neboli heuristické, pomocí kterých lze dosáhnout alespoň přípustného řešení, u kterého je nutné brát v potaz to, že hodnota účelové funkce nemusí být optimální. Aplikací heuristické metody je tedy získána vysoká hodnota u maximalizační úlohy nebo nízká hodnota u minimalizační úlohy. Nejedná se však o hodnotu optimální. Odchylka této vysoké nebo nízké hodnoty je od optimální hodnoty sice vysoká, ale dosažené výsledky, lze vzhledem k praktickému využití označit za uspokojivé. Zmíněné heuristické metody jsou rychlé, při jejich aplikaci nevznikají

obtíže ani u složitějších typů úloh a je v nich možné provádět flexibilní úpravy pro specifické podmínky dané úlohy (Pelikán, 2001).

Podle Demela je při řešení NP-úplných úloh nutné slevit buď z požadavků na rychlost s tím, že užitý algoritmus nebude rychlý, ale stále ještě bude prakticky použitelný nebo je naopak možné využít heuristického algoritmu, jehož aplikace je rychlá, ale existuje zde riziko, že nebude dosaženo nejen optimálního ale i přípustného řešení, které však ve skutečnosti existovat může. Jako vhodnou metodu pro úlohy malého rozsahu uvádí Demel metodu hrubé síly, ve které jsou vyzkoušeny všechny možnosti, připadající v úvahu. Pro inteligentnější vyzkoušení všech variant lze využít Backtracing nebo Metodu mezi a větví (Demel, 2002).

### 3.4.3 Jednookruhový dopravní problém

Jedná se o dopravní problém, často označován za úlohu obchodního cestujícího, ve které mají být všechna místa obsloužena pouze jedním okruhem. Jednookruhový dopravní problém je aplikovatelný i v pravidelných svozech nebo rozvozech jakýchkoliv produktů. Obecným řešením, v těchto dopravních problémech, je vyjít z výchozího stanoviště A1 a postupně navštívit místa A2, A3, ..., An právě jednou a poté se vrátit zpět do výchozího místa A1 (Jablonský, 2002).

Cílem řešení je najít takovou posloupnost, v rámci které bude kromě výchozího místa navštíveno každé místo právě jednou, tak aby součet hodnot jednotlivých spojení byl minimální. Náklady na realizaci okružního spojení jsou pak nižší, než kdyby byly jednotlivé trasy od dodavatele k více spotřebitelům, nebo od více dodavatelů ke spotřebiteli, prováděny zvlášť (Šubrt a kol., 2011).

Matematický model jednookruhového dopravního problému je zapsán následovně.

*Máme najít minimum lineární funkce*

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \text{MIN} \quad (6)$$

*Za podmínek*

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1; i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1; j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

$$u_i - u_j + nx_{ij} \leq n - 1; i = 1, 2, \dots, n; \\ j = 1, 2, \dots, n; i \neq j \quad (9)$$

$$x_{ij} \in \{0; 1\}; i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

„...každému místu, které projíždíme, přiřadíme místo, které je na okružní trase následuje. Některá řešení přiřazovací úlohy ale mohou charakterizovat situaci, kdy se jednotlivá místa objedou několika samostatnými okruhy. Aby se vyloučila tato možnost, jsou k modelu přiřazovací úlohy přidány tzv. Tuckerovy podmínky“ (Šubrt a kol., 2011, s. 103). Zde však platí, že NP-úplnost není dána těmito podmínkami, ale podmínkami bivalentních proměnných (6). Pokud platí, že  $x_{ij} = 1$ , pokračuje okruh z  $i$ -tého místa do  $j$ -tého. V opačném případě je  $x_{ij} = 0$  (Šubrt a kol., 2011).

### 3.4.4 Metoda nejbližšího souseda

Princip této aproximační metody spočívá v tom, že je nejprve zvoleno některé z množiny míst jako výchozí a dle matice vzdáleností je k tomuto místu hledáno další, nejbližší od předchozího místa. Stejným způsobem se do okruhu zařazují i další místa, dokud nejsou všechna projeta. Okruh končí opět v místě, kde začal. Analogicky jsou vyzkoušena i ostatní místa jako výchozí a poté je vybrána trasa s nejnižším součtem sazeb (Pelikán, 1992).

Šubrt a kolektiv popisují přesný postup, jak tuto metodu aplikovat. Nejprve je vyškrtnut sloupec, odpovídající výchozímu místu, protože do tohoto místa pojedou vůz až na konci okruhu. Poté je v řádku, který odpovídá výchozímu místu vybrána nejnižší sazba, příslušné místo je obsazeno a daný sloupec opět vyškrtnut. V řádku, který odpovídá zařazenému místu je opět vybráno místo s nejnižší sazbou a takto se postup opakuje, dokud se řešitel neocitne v posledním řádku, kde označí výchozí místo, kam se vrátí (Šubrt a další., 2011).

### 3.4.5 Vogelova aproximační metoda

Jedná se o aproximační metodu, která dokáže poskytnout řešení, blížící se optimu. Stejně jako u metody nejbližšího souseda se jedná o metodu, uplatňující se v řešení jednookruhového dopravního problému, a proto zde není nutné řešit přepravované množství zboží. Rozhodování o zařazovaných místech probíhá na základě vypočtených

diferencí. Ty se počítají v řádcích i sloupcích jako rozdíl mezi dvěma nejvýhodnějšími sazbami. Následně se vybírá řádek nebo sloupec, ve kterém je vypočtená diference nejvyšší a v tomto řádku nebo sloupci je vybráno spojení, představující nejvýhodnější sazbu. Poté je třeba vyškrtnout řádek i sloupec, příslušný zařazenému spojení a také buňku, uzavírající, s právě obsazenou buňkou a případně ještě dalšími již dříve obsazenými buňkami, kruh doposud neprocházející všemi místy. Po vyškrtání je třeba znovu přepočítat diference a postup opakovat dokud nebude sestaven celý okruh, který bude zahrnovat všechna místa (Šubrt a kol., 2011), (Kosková, 2007).

### 3.4.6 Metoda větví a mezí

Tato exaktní metoda slouží k nalezení optimálních řešení. Princip metody spočívá v prohledávání celého stromu řešení, kdy je prováděn postupný rozklad celé množiny přípustných řešení na jednotlivé podmnožiny přípustných řešení se stejnou účelovou funkcí. Při rozkladu se vždy dále rozkládá ta podmnožina, v danou chvíli vykazující nejnižší hodnotu dolní meze účelové funkce (má nejlepší prioritu).

Demel popisuje postup aplikace této metody takto:

*„Množinu přípustných řešení úlohy  $U$  označme symbolem  $Př(U)$ . Mějme optimalizační úlohu  $U$  s účelovou funkcí  $f$ . Úlohu  $U$  můžeme řešit (mimo jiné) tak, že vytvoříme úlohy  $U_1, \dots, U_n$  se stejnou účelovou funkcí (tzv. podúlohy úlohy  $U$ ), takové, že,  $Př(U) = Př(U_1) \cup \dots \cup Př(U_n)$ .*

*Optimální řešení úlohy  $U$  pak lze získat tak, že vybereme nejlepší ze všech optimálních řešení podúloh  $U_1, \dots, U_n$ . Samozřejmě se při tom snažíme (v tom je smysl větvení), aby podúlohy  $U_1, \dots, U_n$  byly v nějakém smyslu snazší než původní úloha  $U$ , tj. aby například byly menší. Dodejme, že přitom je výhodné, když množiny  $Př(U_1), \dots, Př(U_n)$  jsou navzájem disjunktivní, ale není to nutné. Nalezení optimálního řešení úlohy  $U$  je snadné, pokud pro každou podúlohu  $U_i$ :*

- 1) buď najdeme optimální řešení úlohy  $U_i$ ,*
- 2) nebo prokážeme, že úloha  $U_i$  nemá žádné přípustné řešení,*
- 3) nebo prokážeme, že žádné přípustné řešení úlohy  $U_i$ , není lepší než nějaké v té době již známé přípustné řešení úlohy  $U$ “ (Demel, 2002, s. 190).*

Pokud se pro některou podúlohu  $U_i$  nepodaří prokázat některou z možností, je nutné tuto podúlohu dále rozvést na další podúlohy přípustných řešení a poté se snažit znovu prokázat některou z možností.

„Kořenem stromu je výchozí úloha  $U$  a z každé úlohy, která byla větvena na podúlohy, vedou hrany ke všem jejím podúlohám“ (Demel, 2002, s. 191). Během řešení se strom zvětšuje. Jednotlivé podúlohy lze označit za živé nebo mrtvé listy. Za mrtvé listy se pokládají podúlohy, u kterých byla prokázána jedna ze tří uvedených možností. Živé listy je vždy zapotřebí umrtvit zjištěním některé z uvedených možností nebo dále rozvětvit, čímž vznikne několik nových listů. Pro každou podúlohu je vypočtena priorita (dolní nebo horní odhad) a mezi aktuálně živými listy je pro další větvení vybrán ten, který vykazuje nejlepší prioritu, protože lze očekávat, že volbou této podúlohy bude zlepšeno nejlepší dosud nalezené řešení a některé dosud živé listy budou umrtveny. Před zahájením metody větví a mezí doporučuje Demel některým heuristickým postupem získat co nejlepší přípustné řešení, neboť to může urychlit umrtvení živých listů (je vidět, že jejich odhad je horší). U minimalizačních funkcí je odhad nazýván jako dolní odhad a u maximalizačních funkcí jako horní odhad. Čím je odhad blíže skutečné hodnotě optimálního řešení podúlohy, tím snáze prokážeme možnost č. 3. Výpočet metody větví a mezí končí v okamžiku, kdy jsou všechny listy mrtvé (Demel, 2002).

### **3.4.7 Program TSPKOSA**

Tento software vytvořili Ing. Igor Krejčí a RNDr. Petr Kučera Ph.D. z katedry systémového inženýrství a také Ing. Hana Vydrová z katedry statistiky České zemědělské univerzity v Praze. Program TSPKOSA, vytvořený v programovacím jazyku Microsoft Visual Basic 6.5, jako zásuvný modul do Microsoft Excel, umožňuje řešit jednookruhový dopravní problém v rozsahu až 250 uzlů. Výstupem z řešení okružního dopravního problému jsou výsledky tří aproximačních metod (Metoda nejbližšího souseda, Vogelova aproximační metoda, Metoda výhodnostech čísel) a jedné metody optimalizační (Metoda větví a mezí).

### **3.4.8 Víceokruhový dopravní problém**

Tento dopravní problém je často řešen proto, že z kapacitních důvodů vozidel není možné obsloužit všechna místa pouze jedním okruhem. Okružní přepravu je pak nutné rozdělit do několika okruhů, které budou začínat a končit v centrálním místě. Jednotlivé okruhy mohou být realizovány v rámci jednoho nebo více dnů, podle počtu vozidel a omezení. Podmínkou pro víceokruhový dopravní problém je, že suma požadavků všech

necentrálních míst, které se nachází v daném okruhu, nesmí být vyšší než kapacita vozidla a každé necentrální místo musí být zahrnuto právě v jednom okruhu (Šubrt a kol., 2011).

### **3.4.9 Mayerova metoda**

Tato přibližná metoda slouží k rozdělení obsluhovaných míst do jednotlivých okruhů, podle kapacitních omezení. Je vhodná pro sestavení svozových i rozvozových plánů jakýchkoli produktů nebo materiálů. Základem pro aplikaci této metody je matice vzdáleností, která představuje sazby vzdáleností mezi všemi místy navzájem a také vzdálenosti mezi všemi místy a centrálním místem, kde okruh začíná a také končí. Jednotlivá místa jsou v matici seřazena dle vzdáleností od centrálního místa, kde centrální místo je uvedeno jako poslední a nejvzdálenější místo jako první (Získal a kol., 2000).

Prvním krokem této metody je výběr nejvzdálenějšího místa od centrálního místa, které bude jako první zařazeno do okruhu, přičemž je nutné započíst požadavek, nacházející se na tomto místě. Poté je k tomuto místu zařazeno naopak nejbližší místo, které sníží kapacitu vozidla o příslušný požadavek. Následně je vybráno další nejbližší místo vůči dvěma předchozím zařazeným místům. V průběhu zařazování míst je důležité sčítat jednotlivé požadavky a kontrolovat, zda nebude s dalším obsluženým místem překročena některá z kapacit. V případě, že by obsluhou dalšího místa byla překročena kapacita vozidla, je nutné okruh ukončit a poté začít plánovat další okruh, ve kterém budou zařazovány dosud neobsluhovaná místa. Tímto postupem jsou nakonec všechna místa rozdělena do jednotlivých okruhů. V druhém kroku jsou místa v okruzích seřazena podle některé metody pro řešení jednookruhové úlohy (Šubrt a kol., 2011).



## **4 Praktická část**

V praktické části bude proveden vymezený postup z metodiky práce (Kapitola 2.2). Ve vybraných kapitolách bude odkazováno na příslušný krok, který bude prováděn do té doby, než bude zahájena realizace dalšího kroku.

### **4.1 Popis firmy**

Jedná se o firmu Expedience s.r.o., založenou roku 2009, se sídlem v Brně. Firma zaměstnává celkem 11 pracovníků a její průměrný obrat činí 60 mil. za rok.

Činností firmy je prodej a pronájem použitých průmyslových obalů, pod kterými si lze představit velmi širokou škálu palet, krabic a košů, vyrobených z různých materiálů, podle toho, k jakému účelu slouží nebo jakou výši nosnosti, objemu a trvanlivosti musí plnit. Průmyslové obaly jsou používány především ve strojírenském a automobilovém průmyslu, kde slouží buď k přepravě vyrobených součástek mezi výrobními linkami, nebo k mezipodnikové přepravě realizované pomocí nákladních dopravních prostředků.

K účelům praktické práce je třeba zmínit, že firma disponuje logistickým skladem v obci Rouchovany, kde skladuje veškeré zboží a několika dopravními prostředky, pomocí kterých realizuje přepravu zboží od dodavatelů nebo k zákazníkům.

### **4.2 Podniková doprava**

Nyní bude prováděn krok 1 z metodiky práce.

Velká část podnikové dopravy je zaměřena na svoz zboží do skladu. Pomocí mnoha různých tras je podnikovou dopravou sváženo zboží celkem od 32 dodavatelů. První skupinu dodavatelů tvoří 8 výkupen, od kterých je odebíráno v dvouměsíčních intervalech určité množství zboží odvíjející se od počtu vykoupených kusů. Dalších 5 dodavatelů poskytuje dodávky zboží nepravidelně a počet zboží je pokaždé jiný. Trasy, kterými jsou tito dodavatelé obsluhováni, se mění v závislosti na množství a čase, ve kterém je dané zboží k dispozici. Dodávkami od zbylých 18 dodavatelů zajišťuje firma většinu požadované úrovně zásob, přičemž dodávky probíhají v měsíčních intervalech a množství sváženého zboží je garantované (neměnné). K obsluze těchto dodavatelů využívá firma několik okružních tras, které realizuje v průběhu každého měsíce.

Rozvoz zboží tvoří menší část podnikové dopravy, protože mnoho odběratelů využívá vlastní podnikovou dopravu nebo přepravu od jiných dopravců. Firma v rámci

rozvážkových tras obsluhuje celkem 19 zákazníků, přičemž devíti z nich garantuje domluvené dodávky každý měsíc. Odběry zbylých 10 zákazníků se mění podle jejich potřeb. I v problémech s rozvozem jsou tedy některé trasy využívány opakovaně a jiné pouze jednorázově.

### **4.3 Vybraný dopravní problém**

Na základě informací z kapitoly 4.2, ve které byla charakterizována firemní doprava, lze nyní rozhodnout o vhodném dopravním problému, který bude předmětem řešení praktické části. Jako nejvhodnější se jeví svoz zboží od 18 dodavatelů, kteří dané firmě dodávají během každého měsíce garantované množství zboží, zajišťující většinu požadované úrovně zásob. Důvodem pro výběr tohoto problému je opakovatelnost svozu a neměnnost v počtech a typech zboží. Pokud by k proměnlivosti docházelo, nebylo by možné výsledné řešení opakovat a výsledky této práce by pro danou firmu postrádaly smysl. Kromě problému se svozem by bylo možné vybrat i rozvoz zboží k 9 zákazníkům, kteří v měsíčních intervalech odebírají také zboží neměnné v typech a počtech. Vzhledem k rozsahu diplomové práce však bude vybrán problém se svozem, představující rozsáhlejší matematický model.

### **4.4 Podkladové údaje pro řešení**

Nyní bude prováděn krok 2 z metodiky práce.

Pro řešení dopravního problému budou představena specifika přepravovaného zboží, dopravních prostředků a informace o dodavatelích. U zboží je nutné se vzhledem k omezeným kapacitám dopravních prostředků zaměřit na různé velikosti a hmotnosti. S tím souvisí i nezbytná znalost použitelných objemů a nosností u jednotlivých dopravních prostředků. O dodavatelích je zapotřebí znát především jejich polohu a množství daného zboží, které je od nich sváženo. V rámci podkladových údajů je dále nutné zpracovat matici vzdáleností, matici časových přesunů a omezení modelu.

#### 4.4.1 Charakter vybraného svozu

Nyní bude prováděn krok 2a z metodiky práce.

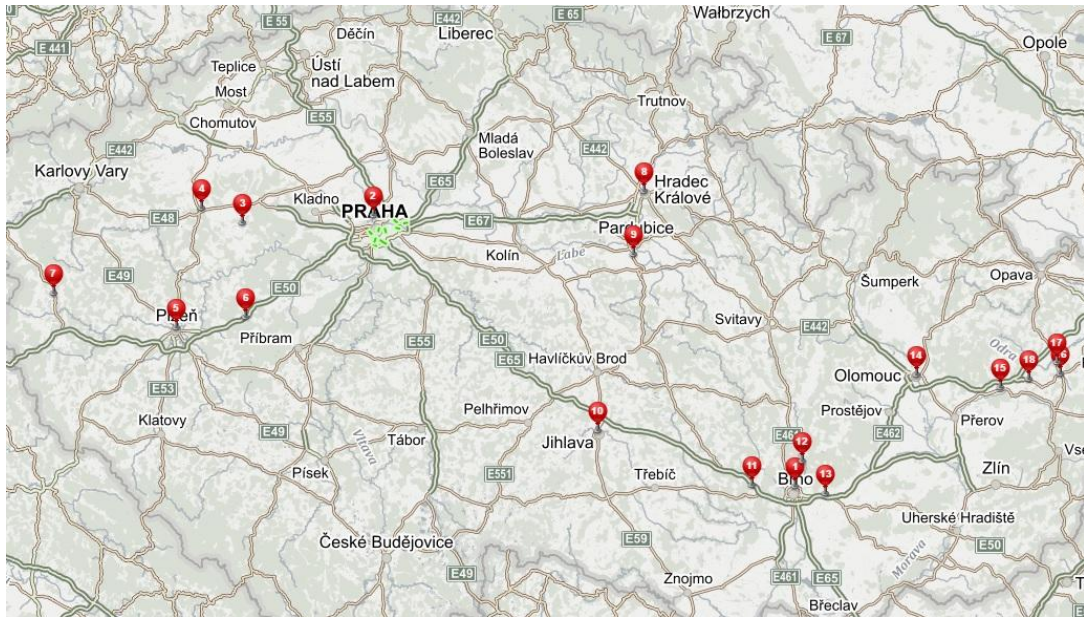
**Tabulka 2: Zboží u dodavatelů**

Dodavatel	Zboží	Počet kusů	Váha (kg)	Počet sloupců
Brno	Paleta Mars	50	3250	10
Dražkovice	KTP 114 888	70	2940	5
Hradec Králové	Gitterbox	24	2040	8
Rakovník	Magnum	42	2268	6
Kolešov	Gitterbox	21	1785	7
Polom	KLT 6280	180	900	5
Adamov	Gitterbox	30	2550	10
Nový Jičín	KLT 6280	540	2700	15
Drahotuše	KTP 114 888	56	2352	4
Ostrovačice	Gitterbox	27	2295	9
Kunín	KLT + GTB	108 KLT + 9 GTB	540 + 765	3+3
Plzeň	Magnum Ford	35	1890	5
Mýto	Gitterbox	24	2040	8
Praha	KTP 114 777	154	5852	11
Olomouc	GTB + KTP 114 888	12 GTB + 42 KTP	1020 + 1764	4+3
Tvarožná	Paleta Mars	45	2600	8
Jihlava	Gitterbox	18	1530	6
Planá	Paleta Mars	25	1625	5

Zdroj: vlastní zpracování na základě firemních informací

V tab. 2 je představeno 18 měst a obcí, kde jsou polohováni dodavatelé, od kterých firma sváží každý měsíc celkem 135 palet o váze 42 706 kg. Všechna místa (dodavatelé) zahrnutá do matice vzdáleností jsou pro reálnou představu znázorněna na mapě (obr. 7).

Na svozových místech se nachází různé typy zboží, což ale pro řešení nepředstavuje významnou komplikaci, protože všechny typy palet jsou rozpočteny do celých sloupců, které tak nebude nutné skládat z dvou a více druhů zboží. V jednotlivých sloupcích se nachází maximální počet palet, vhodný pro bezpečnou přepravu. Vhodný počet palet v jednom sloupci je uveden v kapitole 4.4.2.



**Obrázek 7: Rozmístění dodavatelů**

Zdroj: vlastní zpracování na základě firemních informací a Smapy.cz, 2017

Ze znázornění dodavatelů na mapě je zřejmé, že vzhledem k velkým vzdálenostem bude omezující nejen množství zboží, ale i čas, po který lze danou obsluhu provádět. Více je uvedeno v kapitole 4.4.4 (Omezení modelu).

#### 4.4.2 Přepravované zboží

U daného zboží je nejdůležitějším parametrem váha a rozměr. Díky své konstrukci je možné skládat všechny uvedené palety na sebe. Pro bezpečnou přepravu je u každého typu palety určen vhodný počet kusů v jednom sloupci (tab. 3).

**Tabulka 3: Typy přepravovaného zboží**

<p style="text-align: center;"><b>KLT 6280</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>KTP 114 888</b></p> 
<p>1 paleta = 12 krabic 1 paleta = 60 kg Počet ve sloupci pro přepravu = 3</p>	<p>1 paleta = 42 kg Počet ve sloupci pro přepravu = 14</p>
<p style="text-align: center;"><b>Paleta Magnum</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>KTP 114 777</b></p> 
<p>1 paleta = 54 kg Počet ve sloupci pro přepravu = 7</p>	<p>1 paleta = 38 kg Počet ve sloupci pro přepravu = 14</p>
<p style="text-align: center;"><b>Gitterbox</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Paleta Mars</b></p> 
<p>1 paleta = 85 kg Počet ve sloupci pro přepravu = 3</p>	<p>1 paleta = 65 kg Počet ve sloupci pro přepravu = 5</p>

Zdroj: vlastní zpracování na základě firemních informací a fotografií

### 4.4.3 Dopravní prostředky

Nyní bude prováděn krok 2b z metodiky práce.

**Tabulka 4: Firemní dopravní prostředky**

Dopravní prostředek	Skupina	Počet paletových míst	Nosnost	Sazba/1 km
Renault Mascott	C	12 paletových míst	3,2 t	13 Kč
DAF LF 45.220	C	18 paletových míst	6,8 t	16 Kč
DAF LF 45.220 + vlek	C + E	34 paletových míst	12 t	19 Kč

Zdroj: vlastní zpracování na základě firemních informací

V tabulce 4 jsou uvedeny celkem 3 možné varianty dopravních prostředků. Nákladní vozidlo, s 12 paletovými místy a použitelnou nosností 3,2 tun, bylo firmou využíváno řadu let, ale vzhledem ke stále rostoucímu množství přepravovaného zboží se toto vozidlo stalo nedostačujícím. V současné době je využíváno spíše jako doplňkové vozidlo, kterým je zajišťována občasná přeprava malého množství zboží. Z toho důvodu bylo firmou v nedávné době pořízeno nové vozidlo, které pojme až 18 sloupců palet o celkové váze 6,8 tun. Tímto vozidlem je momentálně zajišťována většina firemní přepravy. Součástí pořízení byl i kompatibilní vlek v hodnotě 298 000 Kč. Celou soupravou je možné přepravovat až 34 sloupců palet o celkové hmotnosti 12 tun. Nový vlek však doposud není do firemní přepravy příliš implementován, protože firma zatím přesně nenaplánovala, v jakých případech by bylo využití vleku výhodné. Při plánování nových tras, bude rozhodováno o tom, který z uvedených dopravních prostředků by byl pro konkrétní obsluhu zastávek vhodný.

Všechny zmíněné vozy a soupravy se řadí do skupiny nákladních vozidel nad 3,5 tuny. To znamená, že při jejich řízení je bezpodmínečně nutné nejen vlastnit řidičský průkaz skupiny C, ale také dodržovat bezpečnostní přestávky, denní dobu řízení 9 hodin a pokud je vozidlo řízeno v rámci pracovněprávního vztahu, je nutné dodržovat maximální denní směnu 12 hodin. Tato zákonem daná pravidla budou do řešení zahrnuta.

#### 4.4.4 Omezení modelu

**Tabulka 5: Omezení modelu**

Omezení při plánování každého okruhu				
		Malý vůz	Střední vůz	Velká souprava
1) Váha (tuny)	≤	3,2	6,8	12
2) Objem (palety)	≤	12	18	34
3) Jízda (čas)	≤	9 h		
4) Směna (čas)	≤	12 h		

Zdroj: vlastní zpracování na základě firemních informací

Při plánování okruhů jsou omezující především specifické vlastnosti dopravního prostředku a také čas, po který je možné jednotlivé zastávky obsluhovat. Plánování každého okruhu je tak omezeno celkem 4 podmínkami (tab. 5).

U nákladního automobilu je omezující zejména místo v nákladním prostoru a použitelná nosnost. Tyto dvě kapacity s přibývajícím nákladem klesají do té doby, než je nákladní prostor plný nebo je již vyčerpána použitelná nosnost vozu.

Druhým omezením je čas, po který může řidič v daný den řídit nákladní vozidlo a také celková doba denní směny. Dle zákona je denní doba pro řízení nákladního vozidla 9 hodin, s tím, že po 4,5 hodině řízení musí řidič provést povinnou přestávku na odpočinek (45 minut). S tím souvisí i celková denní směna, protože ta je ze zákona stanovena na 12 hodin denně včetně řízení vozidla. To znamená, že řidič má v daný den celkem 9 hodin na řízení vozu a zbývající 3 hodiny na výkon povinné pauzy a také na nakládky, vykládky, kontrolu vozu, či na zajišťování nákladu. Pokud ale například v daný den trvá doba řízení pouze 5 hodin, zbývá řidiči 7 hodin na ostatní činnosti. V daný den je také možné neprovádět povinnou pauzu, pokud denní doba řízení trvá méně jak 4,5 hodiny. Během jednoho týdne je možné denní dobu řízení protahovat na 10 hodin (2x za týden) a celkovou denní směnu na 15 hodin. Protože ale firma neobsluhuje pouze místa, která jsou předmětem řešení praktické části, nebude s touto výjimkou počítáno, aby nebyl narušen provoz ostatních jízd a okruhů firmy. Pro ponechání alespoň hodinové časové rezervy na dopravní komplikace, bude v řešení této úlohy pro každý okruh počítáno pouze s osmihodinovou dobou řízení. Na základě poskytnutých informací bude doba každé nakládky stanovena na 45 minut. Jakmile bude některá z omezujících podmínky naplněna, bude nutné okruh ukončit a v jiný den začít okruh nový a pokračovat ve svozu.

Tabulka 6: Matice vzdáleností

Počet sloupců	Hmotnost	Dodavatelé	Rouchovany	Brno	Dražkovice	Hr. Králové	Rakovník	Kolešov	Polom	Adamov	N. Jičín	Drahotuše	Ostrovačice	Kunín	Plzeň	Mýto	Praha	Olomouc	Tvarožná	Jihlava	Planá
		Rouchovany	-	47,1	131	165	267	281	173	71	186	162	38,1	194	297	270	202	130	63	61	361
10	3250	Brno	47,1	-	127	161	263	277	131	26,8	144	120	14	152	293	266	199	88	21,2	87	357
5	2940	Dražkovice	131	127	-	32,3	191	204	190	134	202	178	115	211	221	193	125	140	145	86	285
8	2040	Hr. Králové	165	161	32,3	-	188	201	197	141	209	185	146	218	218	190	122	147	159	117	281
6	2268	Rakovník	267	263	191	188	-	21,1	389	287	402	378	249	410	66	58	63	346	279	190	108
7	1785	Kolešov	281	277	204	201	21,1	-	403	301	415	391	263	423	60	61	76	360	293	204	88
5	900	Polom	173	131	190	197	389	403	-	138	13	13	141	18,6	420	393	326	46,9	114	214	484
10	2550	Adamov	71	26,8	134	141	287	301	138	-	151	127	39,3	159	319	291	224	95	28,2	112	382
15	2700	Nový Jičín	186	144	202	209	402	415	13	151	-	25,8	154	5,9	433	405	338	60	127	227	497
4	2352	Drahotuše	162	120	178	185	378	391	13	127	25,8	-	130	35,9	409	381	314	35,6	102	202	472
9	2295	Ostrovačice	38,1	14	115	146	249	263	141	39,3	154	130	-	161	280	253	186	98	30,6	74	344
6	1305	Kunín	194	152	211	218	410	423	18,6	159	5,9	35,9	161	-	441	413	346	67	134	234	504
5	1890	Plzeň	297	293	221	218	66	60	420	319	433	409	280	441	-	32	98	376	309	220	60
8	2040	Mýto	270	266	193	190	58	61	393	291	405	381	253	413	32	-	69	348	281	192	96
11	5852	Praha	202	199	125	122	63	76	326	224	338	314	186	346	98	69	-	282	215	126	161
7	2784	Olomouc	130	88	140	147	346	360	46,9	95	60	35,6	98	67	376	348	282	-	71	171	441
8	2600	Tvarožná	63	21,2	145	159	279	293	114	28,2	127	102	30,6	134	309	281	215	71	-	103	373
6	1530	Jihlava	61	87	86	117	190	204	214	112	227	202	74	234	220	192	126	171	103	-	285
5	1625	Planá	361	357	285	281	108	88	484	382	497	472	344	504	60	96	161	441	373	285	-

Zdroj: vlastní zpracování na základě kapitoly 3.4.9 a Smapy.cz, 2017

Nyní bude prováděn krok 3 z metodiky práce.



Tabulka 7: Matice časových přesunů

Dodavatelé	Rouchovany	Brno	Dražkovice	Hr. Králové	Rakovník	Kolešov	Polom	Adamov	N. Jičín	Drahotuše	Ostrovačice	Kunín	Plzeň	Mýto	Praha	Olomouc	Tvarožná	Jihlava	Planá
Rouchovany	-	0:51	2:16	2:42	2:59	3:04	1:59	1:22	2:10	1:54	0:46	2:12	3:10	2:52	2:14	1:39	1:00	1:21	3:42
Brno	0:51	-	1:52	2:18	2:34	2:40	1:15	0:35	1:26	1:10	0:09	1:27	2:46	2:28	1:49	0:54	0:15	0:51	3:17
Dražkovice	2:16	1:52	-	0:31	2:05	2:11	2:16	2:17	2:27	2:11	1:43	2:29	2:17	1:59	1:19	1:56	2:01	1:21	2:49
Hr. Králové	2:42	2:18	0:31	-	2:09	2:14	2:26	2:27	2:37	2:21	2:10	2:39	2:20	2:02	1:22	2:06	2:28	1:48	2:52
Rakovník	2:59	2:34	2:05	2:09	-	0:25	3:41	3:03	3:52	3:36	2:24	3:54	1:15	1:10	0:56	3:21	2:41	1:57	1:49
Kolešov	3:04	2:40	2:11	2:14	0:25	-	3:47	3:09	3:58	3:42	2:30	4:00	0:57	1:13	1:02	3:27	2:47	2:03	1:26
Polom	1:59	1:15	2:16	2:26	3:41	3:47	-	1:33	0:15	0:13	1:18	0:18	3:55	3:37	2:58	0:31	1:05	2:00	4:26
Adamov	1:22	0:35	2:17	2:27	3:03	3:09	1:33	-	1:45	1:29	0:41	1:47	3:17	2:59	2:20	1:14	0:35	1:23	3:49
Nový Jičín	2:10	1:26	2:27	2:37	3:52	3:58	0:15	1:45	-	0:25	1:30	0:10	4:06	3:48	3:10	0:43	1:17	2:12	4:38
Drahotuše	1:54	1:10	2:11	2:21	3:36	3:42	0:13	1:29	0:25	-	1:13	0:27	3:50	3:32	2:53	0:26	1:00	1:55	4:21
Ostrovačice	0:46	0:09	1:43	2:10	2:24	2:30	1:18	0:41	1:30	1:13	-	1:31	2:38	2:20	1:41	0:58	0:19	0:44	3:10
Kunín	2:12	1:27	2:29	2:39	3:54	4:00	0:18	1:47	0:10	0:27	1:31	-	4:07	3:49	3:11	0:44	1:18	2:13	4:39
Plzeň	3:10	2:46	2:17	2:20	1:15	0:57	3:55	3:17	4:06	3:50	2:38	4:07	-	0:28	1:10	3:33	2:54	2:09	0:40
Mýto	2:52	2:28	1:59	2:02	1:10	1:13	3:37	2:59	3:48	3:32	2:20	3:49	0:28	-	0:51	3:14	2:35	1:51	1:00
Praha	2:14	1:49	1:19	1:22	0:56	1:02	2:58	2:20	3:10	2:53	1:41	3:11	1:10	0:51	-	2:38	1:59	1:15	1:40
Olomouc	1:39	0:54	1:56	2:06	3:21	3:27	0:31	1:14	0:43	0:26	0:58	0:44	3:33	3:14	2:38	-	0:45	1:40	4:06
Tvarožná	1:00	0:15	2:01	2:28	2:41	2:47	1:05	0:35	1:17	1:00	0:19	1:18	2:54	2:35	1:59	0:45	-	1:01	3:27
Jihlava	1:21	0:51	1:21	1:48	1:57	2:03	2:00	1:23	2:12	1:55	0:44	2:13	2:09	1:51	1:15	1:40	1:01	-	2:43
Planá	3:42	3:17	2:49	2:52	1:49	1:26	4:26	3:49	4:38	4:21	3:10	4:39	0:40	1:00	1:40	4:06	3:27	2:43	-

Zdroj: vlastní zpracování na základě kapitoly 3.4.9 a Smapy.cz, 2017

#### **4.4.7 Význam uvedených matic**

Vytvořená matice vzdáleností představuje podklad pro aplikaci Mayerovy metody. Sazby v matici jsou udány v kilometrových jednotkách a představují vzdálenosti, vždy mezi dvěma dodavateli nebo mezi dodavatelem a skladem, ze kterého nákladní vůz na začátku okruhu vyjíždí, a do kterého se na konci okruhu vrací. Pro plánování okruhů, pomocí matematických metod, bylo nutné přidat k matici vzdáleností počty a příslušné váhy zboží nacházejícího se na daných zastávkách.

Na stejném principu byla vytvořena i matice časových přesunů představující doby trvání průjezdu jednotlivých tras mezi dodavateli nebo mezi dodavatelem a skladem. Časová matice byla vytvořena zejména proto, že průjezd každé trasy trvá různou dobu a je tedy vyloučeno, aby projetí dvou různých tras trvalo stejnou dobu, i přes to, že jsou tyto trasy stejně dlouhé. S pomocí časové matice bude v průběhu plánování nových tras kontrolována denní časová kapacita.

## 4.5 Analýza původního řešení

V tabulce 8 a 9 jsou zachyceny okruhy, které nyní firma k obsluze 18 vybraných dodavatelů využívá. U každého okruhu je nutné zanalyzovat hodnoty, které budou řešeny i v praktické aplikaci (množství zboží, ujeté kilometry, čas, vynaložené náklady), aby v závěru práce mohlo dojít k relevantnímu porovnání původních a nových tras.

**Tabulka 8: Původní trasy**

Nynější okruhy	Vůz
1) Rouhovany -> Planá -> Plzeň -> Mýto -> Rouhovany	DAF 220
2) Rouhovany -> Kolečov -> Rakovník -> Praha -> Rouhovany	DAF 220
3) Rouhovany -> Praha -> Jihlava -> Ostrovačice -> Rouhovany	DAF 220
4) Rouhovany -> Hradec Králové -> Dražkovice -> Ostrovačice -> Rouhovany	DAF 220
5) Rouhovany -> Kunín -> Nový Jičín -> Rouhovany	DAF 220
6) Rouhovany -> Nový Jičín -> Polom -> Drahotuše -> Tvarožná -> Rouhovany	DAF 220
7) Rouhovany -> Olomouc -> Tvarožná -> Brno -> Rouhovany	DAF 220
8) Rouhovany -> Adamov -> Brno -> Rouhovany	Renault

Zdroj: vlastní zpracování na základě firemních informací

**Tabulka 9: Analýza původních tras**

Využití kapacit v nynějších okruzích					
Okruh	Počet sloupců	Váha (kg)	Čas	Km	Náklady
1)	18	5555	11:42:00	723	11 568 Kč
2)	18	6713	10:39:00	567,1	9 074 Kč
3)	18	6252	8:59:00	440,1	7 042 Kč
4)	16	5745	9:42:00	350,4	5 606 Kč
5)	18	3465	7:47:00	385,9	6 174 Kč
6)	18	5742	9:33:00	377	6 032 Kč
7)	18	6359	6:45:00	269,3	4 309 Kč
8)	11	2875	5:03:00	144,9	1 884 Kč
Celkem	135	42706	70:10:00	3257,7	51 689 Kč

Zdroj: vlastní zpracování na základě firemních informací

Dosavadní okruhy jsou prováděny převážně středním nákladním vozidlem s kapacitou 18 palet, kromě posledního okruhu, kdy je využito nejmenší nákladní vozidlo s kapacitou 12 palet. Dle poskytnutých informací jsou dosavadní okruhy navrhovány především tak, aby kapacity nákladního automobilu byly maximálně naplněny. To dokazuje i fakt, že v rámci všech okruhů nebyla využita pouze

3 paletová místa. Realizací původních tras, ve kterých je ujetu celkem **3257,7 km** s časovou náročností **70 hodin 10 minut**, vzniká firmě celkový finanční náklad **51 689 Kč**. V kapitole 2.1 byl definován hlavní cíl této práce spočívající ve zlepšení časových a finančních charakteristik dopravy, realizované firmou Expedience, s.r.o. Zmíněné charakteristiky představuje výše vypočtený celkový čas a celkové finanční náklady.

#### **4.6 Návrh nového řešení**

Nyní bude prováděn krok 4 z metodiky práce.

Při sestavování nových okruhů bude využita Mayerova metoda sloužící k zařazení konkrétních zastávek do jednotlivých okruhů. Pořadí, ve kterém je vhodné zařazené zastávky projet, stanoví některá z metod pro řešení okružního dopravního problému (Vogelova aproximační metoda, Metoda nejbližšího souseda, Metoda mezí a větví). K efektivnímu výpočtu těchto metod bude využita programová podpora TSPKOSA. Vždy bude vybráno řešení metody stanovující nejkratší trasu. Navrhované okruhy budou rozděleny do jednotlivých sad okruhů, v rámci kterých budou porovnávány jednotlivé varianty, lišící se v použitém dopravním prostředku. Vždy bude nejprve testována varianta A, tedy nákladní vůz s vlekem, který bude obsluhovat zastávky určené Mayerovou metodou do té doby, než dojde k naplnění některé kapacity. Poté bude vyzkoušena i varianta B, vůz bez vleku, který bude díky Mayerově metodě obsluhovat stejné zastávky jako varianta A. Je zřejmé, že vzhledem k nižší nákladní kapacitě bude varianta B často obsluhovat stejné zastávky pomocí více než jednoho okruhu. K porovnání finanční výhodnosti navržených variant dojde vždy, když obě varianty obslouží stejné zastávky. Poté bude finančně výhodnější varianta zařazena do konečného řešení a plánování se zbylými zastávkami bude probíhat stejným způsobem. V případech, když varianta A obslouží dané zastávky jedním okruhem a varianta B bude muset tyto zastávky obsloužit dvěma okruhy, na sebe ale nenavazujícími, protože další okruh začíná vždy v nejbližším místě, bude zapotřebí provést následující okruhy, a teprve poté rozhodnout o nejvýhodnější variantě. V případech, kdy varianta A obslouží konkrétní zastávky jedním okruhem a varianta B obslouží například dvěma okruhy tyto zastávky, ale i některé zastávky navíc, které varianta A neobsluhovala, bude zapotřebí zvážit výhodnost i těchto

zastávek. V průběhu řešení bude zvažována i možnost zapojení nejmenšího nákladního vozidla.

#### 4.6.1 První sada okruhů

V této podkapitole budou sestaveny první varianty okruhů a poté proveden výběr.

##### 4.6.1.1 I. okruh, varianta A (34 paletových míst, 12 tun)

Podle Mayerovy metody popsané v kapitole 3.4.9, bude nejprve do okruhu zařazeno místo, nejvzdálenější od skladu v Rouchovanech. Tím je obec Planá vzdálená 361 km, ve které je nutné naložit 5 sloupců palet o váze 1625 kg. Po naložení na první zastávce povede okruh vždy do dalšího místa, které je k aktuální zastávce nejbližší. Proto dalším zvoleným místem bude město Plzeň, vzdálené od Plané 60 km. V Plzni bude uspokojen požadavek 5 sloupců palet o hmotnosti 2268 kg. Dále povede okruh do 32 km vzdáleného Mýta, kde je potřeba naložit 8 sloupců palet zvyšující zátěž vozu o 2040 kg.

**Tabulka 10: Kapacitní kontrola, I. okruh (A)**

Kapacitní kontrola				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládka + pauza	Denní směna
18	5555	8:42:00	3:00:00	11:42:00

Zdroj: vlastní zpracování

Ze souhrnu doposud využitých kapacit (tab. 10) vychází, že čas zbývající na jízdu a denní směnu je pouze 18 minut. Dalším obsluhovaným místem by byla zastávka v Rakovníku, která by vzhledem ke zbylému prostoru a použitelné nosnosti mohla být obsluhována, ale časově by celý okruh vycházel o 1 hodinu 17 minut déle. Další zastávku vzhledem ke zbývajícím 18 minutám není možné realizovat a okruh musí být ukončen.

Po zařazení konkrétních zastávek do I. okruhu, budou pomocí TSPKOSY vypočteny 3 metody, které poskytnou řešení daného okružního dopravního problému (tab. 11).

**Tabulka 11: TSPKOSA, I. okruh (A)**

<b>Výpočet TSPKOSA</b>	<i>Km</i>
<b><i>Původní trasa</i></b>	723
Rouchovany -> Planá -> Plzeň -> Mýto -> Rouchovany	
<b><i>Metoda nejbližšího souseda</i></b>	723
Rouchovany -> Planá -> Plzeň -> Mýto -> Rouchovany	
<b><i>Vogelova aproximační metoda</i></b>	723
Rouchovany -> Mýto -> Plzeň -> Planá -> Rouchovany	
<b><i>Metoda mezi a větví</i></b>	723
Rouchovany -> Planá -> Plzeň -> Mýto -> Rouchovany	

Zdroj: vlastní zpracování pomocí programu TSPKOSA

Řešení jednotlivých metod poukazují na to, že oproti pořadí, určeného Mayerovou metodou, nedošlo ke změně. Některé metody navrhly pouze projetí okruhu v opačném směru.

**Tabulka 12: Výsledné řešení, I. okruh (A)**

I. okruh, výsledné řešení varianty A				
Rouchovany -> Planá -> Plzeň -> Mýto -> Rouchovany				
<b>1) Pohyby</b>	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouchovany - Planá	361	5	1625	3:42:00
Planá - Plzeň	60	5	1890	0:40:00
Plzeň - Mýto	32	8	2040	0:28:00
Mýto - Rouchovany	270	-	-	2:52:00
<b>2) Nakládky + pauza + rezerva</b>	-	-	-	-
Nakládka v Plané	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Plzni	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Mýtě	-	-	-	0:45:00
Povinná pauza	-	-	-	0:45:00
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>723</b>	<b>18</b>	<b>5555</b>	<b>11:42:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování

#### **4.6.1.2 I. okruh, varianta B (18 paletových míst, 6,8 tun)**

V případě druhé varianty by byl průběh prvního okruhu stejný jako u varianty A. To znamená, že řidič by byl nejprve vyslán do Plané, dále do Plzně a nakonec do Mýta. Odvezl by také 18 sloupců palet o váze 5555 kg a to se stejnou dobou jízdy 8 hodin 42 minut a celkovou denní směnou 11 hodin 42 minut. V poslední zastávce, kterou je obec Mýto, by ovšem nebyl omezen pouze zbývajících 18 minutami na jízdu a směnu, ale i plným využitím nákladního prostoru. Z těchto důvodů by bylo stejné

i pořadí, ve kterém by byla jednotlivá místa projeta. Obě varianty tedy dosahují stejného řešení.

**Tabulka 13: Výběr varianty - první sada**

	Výběr varianty v první sadě okruhů	Km	Kč
<b>Var. A</b>	I. okruh	723	13 737 Kč
	Rouchovany -> Planá -> Plzeň -> Mýto -> Rouchovany		
<b>Var. B</b>	I. okruh	723	11 568 Kč
	Rouchovany -> Planá -> Plzeň -> Mýto -> Rouchovany		

Zdroj: vlastní zpracování

Z tabulky 13 lze konstatovat, že u obou variant byly vytvořeny shodné okruhy, v rámci kterých bylo odvezeno stejné množství zboží. Z toho důvodu nemá využití vleku význam, protože varianta B (vůz bez vleku), obslouží dané zastávky za nižší náklad **11 568 Kč**. Využití nejmenšího nákladního vozidla se v tomto okruhu také nepotvrdilo, protože vzhledem k jeho malé kapacitě, by dané zastávky nemohly být obslouženy jedním, ale alespoň dvěma okruhy, což by nebylo finančně výhodnější než vypočtené varianty. Vybrána bude **varianta B**.

#### 4.6.2 Druhá sada okruhů

Po výběru vhodné varianty v první sadě bude sestavena druhá sada variant okruhů.

##### 4.6.2.1 II. okruh, varianta A (34 paletových míst, 12 tun)

Nejvzdálenějším místem od skladu, je nyní obec Kolečov se vzdáleností 281 km a požadavkem 7 sloupců palet o váze 1785 kg. Po naložení tohoto množství bude řidič dále vyslán do 21,1 km vzdáleného Rakovníka, který je od Kolečova nejbližší možnou zastávkou. Zde bude nutné naložit 6 sloupců palet, které sníží použitelnou nosnost vozu o 2268 kg.

**Tabulka 14: Kapacitní kontrola, II. okruh (A)**

Kapacitní kontrola				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládka + pauza	Denní směna
13	4053	7:28:00	2:15:00	9:43:00

Zdroj: vlastní zpracování

Protože ani jedna z kapacit není zatím zcela naplněna (tab. 14), bude okruh pokračovat do Prahy, která je od Rakovníku nejbližším místem. V Praze bude do nákladního automobilu naloženo 11 sloupců palet o váze 5852 kg.

**Tabulka 15: Kapacitní kontrola 2, II. okruh (A)**

Kapacitní kontrola 2				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
24	9905	7:39:00	3:00:00	10:39:00

Zdroj: vlastní zpracování

Ani po nakládce v Praze není žádná z kapacit plně využita (tab. 15), a dalším navštíveným místem by mohl být Hradec Králové, ve kterém by bylo vozidlo doloženo do plné kapacity váhy a místa. Zastávka v Hradci Králové by ale dobu jízdy prodloužila o 1 hodinu 50 minut, a řidič by se tak vzhledem ke zbylému času na jízdu a směnu (1 hodina 21 minut) nestihl vrátit zpět do skladu. Proto musí být Praha poslední zastávkou v okruhu.

Po zařazení konkrétních zastávek do II. okruhu, budou pomocí TSPKOSA vypočteny 3 metody, které poskytnou řešení daného okružního dopravního problému (tab. 16).

**Tabulka 16: TSPKOSA, II. okruh (A)**

Výpočet TSPKOSA	Km
<b><i>Původní trasa</i></b>	567,1
Rouchovany -> Kolečov -> Rakovník -> Praha -> Rouchovany	
<b><i>Metoda nejbližšího souseda</i></b>	566,1
Rouchovany -> Rakovník -> Kolečov -> Praha -> Rouchovany	
<b><i>Vogelova aproximační metoda</i></b>	566,1
Rouchovany -> Rakovník -> Kolečov -> Praha -> Rouchovany	
<b><i>Metoda mezi a větví</i></b>	566,1
Rouchovany -> Rakovník -> Kolečov -> Praha -> Rouchovany	

Zdroj: vlastní zpracování pomocí programu TSPKOSA

Všechny metody vyhodnotily, že by bylo výhodnější obsloužit nejprve Rakovník a teprve poté Kolečov a Prahu, protože se tak celý okruh zkrátí o jeden kilometr. Změnou okruhu došlo k navýšení doby jízdy a celkové denní směny o jednu minutu, což pro navržený okruh nepředstavuje žádný vliv (tab. 17).



**Tabulka 17: Kapacitní kontrola 3, II. okruh (A)**

Kapacitní kontrola 3				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
24	9905	7:40:00	3:00:00	10:40:00

Zdroj: vlastní zpracování

**Tabulka 18: Výsledné řešení, II. okruh (A)**

II. okruh, výsledné řešení varianty A				
Rouhovany -> Rakovník -> Kolečov -> Praha -> Rouhovany				
1) Pohyby	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouhovany - Rakovník	267	6	2268	2:59:00
Rakovník - Kolečov	21,1	7	1785	0:25:00
Kolečov - Praha	76	11	5852	1:02:00
Praha - Rouhovany	202	-	-	2:14:00
2) Nakládky + pauza + rezerva	-	-	-	-
Nakládka v Kolečově	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Rakovníku	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Praze	-	-	-	0:45:00
Povinná pauza	-	-	-	0:45:00
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
Celkem	566,1	24	9905	10:40:00

Zdroj: vlastní zpracování

**II. okruh, varianta B (18 paletových míst, 6,8 tun)**

V této variantě bude řidič vyslán také do Kolečova (7 sloupců, 1785 kg), posléze do Rakovníka (6 sloupců, 2268 kg) a následně do Prahy. V Praze nastane oproti variantě A rozdílná situace, protože zde budou plně využity kapacity objemu a použitelné nosnosti (tab. 19). Na této zastávce bude naložena pouze část z požadovaného množství (5 sloupců, 2660 kg). Zbylý požadavek bude obslužen navazujícím III. okruhem.

**Tabulka 19: Kapacitní kontrola, II. okruh (B)**

Kapacitní kontrola				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
18	6713	7:40:00	3:00:00	10:40:00

Zdroj: vlastní zpracování

Protože zařazené zastávky jsou v tomto okruhu stejné jako u varianty A, není nutné znovu aplikovat program TSPKOSA. Pořadí projetych zastávek bude shodné s variantou A.

**Tabulka 20: Výsledné řešení, II. okruh (B)**

II. okruh, výsledné řešení varianty B				
Rouchovary -> Rakovník -> Kolečov -> Praha -> Rouchovary				
1) Pohyby	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouchovary - Rakovník	267	6	2268	2:59:00
Rakovník - Kolečov	21,1	7	1785	0:25:00
Kolečov - Praha	76	5	2660	1:02:00
Praha - Rouchovary	202	-	-	2:14:00
2) Nakládky + pauza + rezerva	-	-	-	-
Nakládka v Kolečově	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Rakovníku	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Praze	-	-	-	0:45:00
Povinná pauza	-	-	-	0:45:00
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>566,1</b>	<b>18</b>	<b>6713</b>	<b>10:40:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.6.2.2 III. okruh, varianta B (18 paletových míst, 6,8 tun)

V navazujícím III. okruhu bude řidič vyslán do aktuálně nejvzdálenější Prahy, kde naloží 6 zbylých sloupců o hmotnosti 3192 kg. Poté bude okruh pokračovat do Hradce Králové, kde bude naloženo 8 sloupců o váze 2040 kg a následně do Dražkovic.

**Tabulka 21: Kapacitní kontrola, III. okruh (B)**

Kapacitní kontrola				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
16	6408	7:23:00	3:00:00	10:23:00

Zdroj: vlastní zpracování

V Dražkovicích nebude vzhledem ke zbylé použitelné nosnosti (tab. 21) uspokojen celý požadavek, ale pouze jeho část (2 sloupce, 1176 kg).

Po zařazení konkrétních zastávek do III. okruhu budou pomocí TSPKOSY vypočteny 3 metody, které poskytnou řešení daného okružního dopravního problému (tab. 22).

**Tabulka 22: TSPKOSA, III. okruh (B)**

<b>Výpočet TSPKOSA</b>	<i>Km</i>
<b><i>Původní trasa</i></b>	487,3
Rouchovany -> Praha -> Hradec Králové -> Dražkovice -> Rouchovany	
<b><i>Metoda nejbližšího souseda</i></b>	487,3
Rouchovany -> Praha -> Hradec Králové -> Dražkovice -> Rouchovany	
<b><i>Vogelova aproximační metoda</i></b>	487,3
Rouchovany -> Praha -> Hradec Králové -> Dražkovice -> Rouchovany	
<b><i>Metoda mezi a větví</i></b>	487,3
Rouchovany -> Praha -> Hradec Králové -> Dražkovice -> Rouchovany	

Zdroj: vlastní zpracování pomocí programu TSPKOSA

Řešení jednotlivých metod poukazují na to, že oproti pořadí, které bylo určeno Mayerovou metodou, nedošlo ke změně.

**Tabulka 23: Výsledné řešení, III. okruh (B)**

III. okruh, výsledné řešení varianty B				
Rouchovany -> Praha -> Hradec Králové -> Dražkovice -> Rouchovany				
<b>1) Pohyby</b>	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouchovany - Praha	202	6	3192	2:14:00
Praha - Hradec Králové	122	8	2040	1:22:00
Hradec Králové - Dražkovice	32,3	2	1176	0:31:00
Dražkovice - Rouchovany	131	-	-	2:16:00
<b>2) Nakládky + pauza + rezerva</b>	-	-	-	-
Nakládka v Praze	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Hradci Králové	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Dražkovicích	-	-	-	0:45:00
Povinná pauza	-	-	-	0:45:00
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>487,3</b>	<b>16</b>	<b>6408</b>	<b>10:23:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování

Po sestavení III. okruhu došlo k obsluze stejných zastávek oběma variantami, a proto lze na základě tabulky 24 rozhodnout o variantě, která bude zahrnuta do konečného řešení.

**Tabulka 24: Výběr varianty - druhá sada**

	<b>Výběr varianty v druhé sadě okruhů</b>	Km	Kč
<b>Var. A</b>	Okruh II.	566,1	10 756 Kč
	Rouchovary -> Rakovník -> Kolečov -> Praha -> Rouchovary		
<b>Var. B</b>	Okruh II.	566,1	9 058 Kč
	Rouchovary -> Rakovník -> Kolečov -> Praha -> Rouchovary		
	Okruh III.	-	-
	Rouchovary -> Praha	202	2 232 Kč
	Praha -> Hradec Králové	122	1 952 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

Na realizaci varianty A byla vynaložena celková částka **10 756 Kč**.

Pro relevantní srovnání nákladů obou variant je nutné u varianty B započítat jednak náklady II. okruhu, a také část nákladů z III. okruhu. Započteny tedy budou náklady II. okruhu 9 058 Kč a částka 3 232 Kč, která představuje finanční náklad na cestu ze skladu do Prahy, jejímž cílem je odvézt zbylé zboží z II. okruhu. Již na zastávce v Praze dosahují náklady varianty B částky **12 290 Kč**.

To poukazuje na to, že shodné zastávky obou variant, nebyly variantou B obslouženy za nižší finanční náklad než u varianty A. Nákladový rozdíl mezi oběma variantami činí **1 534 Kč**. Z toho důvodu lze variantu B označit za dražší.

Jedinou výhodou by mohla varianta B představovat v obsluze následujících zastávek ve III. okruhu (Hradec Králové, Dražkovice). Pro rozhodnutí o výhodnosti obsluhy Hradce Králové je nutné vykalkulovat finanční náklady, za které by tato zastávka byla obsloužena. K výpočtu tohoto nákladu je nutné započíst rozdíl mezi náklady obou variant na obsluhu shodných zastávek, a také částku, za kterou by byla provedena cesta z Prahy do Hradce Králové ve III. okruhu. Finanční náklad na obsluhu Hradce Králové tedy činí **3 486 Kč** (1 534 Kč + 1 952 Kč). Při porovnání vypočtených **3 486 Kč** a částky **2 640 Kč**, za kterou je možné provést přímou cestu ze skladu do Hradce Králové, lze rozhodnout o tom, že obsluha této zastávky v rámci III. okruhu není nikterak výhodná. V případě realizace přímé cesty by byla navíc plně obsloužena zastávka v následujících Dražkovicích, což by v rámci III. okruhu bylo možné splnit pouze z části.

Pokud by byl pro realizaci III. okruhu zvolen nákladní vůz s nižší sazbou na ujetý kilometr, byla by varianta A výhodnější o 928 Kč a Hradec Králové by byl obsloužen za **2 514 Kč**. Při realizaci přímé cesty tohoto vozu ze skladu do Hradce Králové by

dopravní náklady vycházely na částku **2 145 Kč**. Varianta B se tedy oproti variantě A nestane výhodnější, ani při použití tohoto vozu.

Z výše provedeného nákladového zhodnocení obou variant lze rozhodnout o tom, že pro konečné řešení bude zvolena **varianta A**, protože varianta B nepřinesla žádnou výhodu.

### 4.6.3 Třetí sada okruhů

Po výběru vhodné varianty ve druhé sadě bude sestavena třetí sada variant okruhů.

#### 4.6.3.1 III. okruh, varianta A (34 paletových míst, 12 tun)

První zastávkou bude obec Kunín, nejvzdálenější od skladu v Rouchovanech, která doposud ještě nebyla obsloužena. Po naložení 6 sloupců vázících 1305 kg bude vůz dále vyslán do Nového Jičína, kde bude naloženo dalších 15 sloupců palet, čímž klesne použitelná nosnost vozu o 2700 kg.

**Tabulka 25: Kapacitní kontrola, III. okruh (A)**

Kapacitní kontrola				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
21	4005	5:32:00	2:15:00	7:47:00

Zdroj: vlastní zpracování

Vzhledem k nenaplněným kapacitám (tab. 25) bude dalším obsluhovaným místem 13 km vzdálený Polom, ve kterém se nachází 5 sloupců palet o váze 900 kg. Poté bude řidič vyslán do obce Drahotuše pro naložení 4 sloupců palet, které zatíží vozidlo o dalších 2352 kg.

**Tabulka 26: Kapacitní kontrola 2, III. okruh (A)**

Kapacitní kontrola 2				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
30	7257	5:44:00	3:45:00	9:29:00

Zdroj: vlastní zpracování

Z tabulky 26 vychází, že v této chvíli ještě zbývá dostatek času na jízdu (3 hodiny 16 minut) i denní směnu (2 hodiny 31 minut) a do nákladního prostoru by ještě bylo možné uložit 4 sloupce. Proto provede řidič zastávku v Olomouci. Zde budou do plné kapacity doloženy 4 sloupce palet o váze 1020 kg. Poté budou kapacity naplněny

(tab. 27) a zbytek palet, který v Olomouci zůstane, bude muset být obsloužen v některém z dalších okruhů.

**Tabulka 27: Kapacitní kontrola 3, III. okruh (A)**

Kapacitní kontrola 3				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
34	8277	5:55:00	4:30:00	10:25:00

Zdroj: vlastní zpracování

Po zařazení konkrétních zastávek do III. okruhu budou pomocí TSPKOSY vypočteny 3 metody, které poskytnou řešení daného okružního dopravního problému (tab. 28).

**Tabulka 28: TSPKOSA, III. okruh (A)**

<b>Výpočet TSPKOSA</b>	<i>Km</i>
<b><i>Původní trasa</i></b>	422,9
Rouchovany -> Kunín -> N. Jičín -> Polom -> Drahotuše -> Olomouc -> Rouchovany	
<b><i>Metoda nejbližšího souseda</i></b>	390,9
Rouchovany -> Drahotuše -> Polom -> N. Jičín -> Kunín -> Olomouc -> Rouchovany	
<b><i>Vogelova aproximační metoda</i></b>	389,2
Rouchovany -> Drahotuše -> N. Jičín -> Kunín -> Polom -> Olomouc -> Rouchovany	
<b><i>Metoda mezi a větví</i></b>	389,2
Rouchovany -> Drahotuše -> N. Jičín -> Kunín -> Polom -> Olomouc -> Rouchovany	

Zdroj: vlastní zpracování pomocí programu TSPKOSA

Nejkratší okruh byl navržen Metodou mezi a větví a Vogelovou aproximační metodou. Původní okruh sestavený pomocí Mayerovy metody je tak zkrácen o 33,7 km. Zkrácením okruhu se zvýšil čas jízdy a směny o 2 minuty (tab. 29).

**Tabulka 29: Kapacitní kontrola 4, III. okruh (A)**

Kapacitní kontrola 4				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
34	8277	5:57:00	4:30:00	10:27:00

Zdroj: vlastní zpracování

**Tabulka 30: Výsledné řešení, III. okruh (A)**

III. okruh, výsledné řešení varianty A				
Rouchovany -> Drahotuše -> N. Jičín -> Kunín -> Polom -> Olomouc -> Rouchovany				
1) Pohyby	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouchovany - Drahotuše	162	4	2352	1:54:00
Drahotuše - N. Jičín	25,8	15	2700	0:25:00
N. Jičín - Kunín	5,9	6	1305	0:10:00
Kunín - Polom	18,6	5	900	0:18:00
Polom - Olomouc	46,9	4	1020	0:31:00
Olomouc - Rouchovany	130	-	-	1:39:00
2) Nakládky + pauza + rezerva	-	-	-	-
Nakládka v Kuníně	-	-	-	0:45:00
Nakládka v N. Jičíně	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Polomu	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Drahotuši	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Olomouci	-	-	-	0:45:00
Povinná pauza	-	-	-	0:45:00
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>389,2</b>	<b>34</b>	<b>8277</b>	<b>10:27:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.6.3.2 III. okruh, varianta B (18 paletových míst, 6,8 tun)

V případě, že bude pro obsluhu III. okruhu zvolen samotný nákladní vůz, začne okruh opět v obci Kunín, kde bude naloženo stejné množství jako ve variantě A (6 sloupců, 1 305 kg). Dále bude řidič pokračovat do nejbližšího Nového Jičina, ve kterém na rozdíl od předchozí varianty naloží pouze část požadovaného množství (12 sloupců, 2 160 kg).

**Tabulka 31: Kapacitní kontrola, III. okruh (B)**

Kapacitní kontrola				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
18	3465	5:32:00	2:15:00	7:47:00

Zdroj: vlastní zpracování

Vzhledem k tomu, že využitelné místo v nákladním prostoru je již plně vyčerpáno, musí být okruh ukončen (tab. 31). Pro relevantní srovnání obou variant bude vytvořen navazující IV. okruh, v němž budou obslouženy další zastávky. Pořadí

projetých míst se zde řešit nemusí, protože 2 zařazené zastávky mohou být projety pouze jedním nebo opačným směrem.

**Tabulka 32: Výsledné řešení, III. okruh (B)**

III. okruh, výsledné řešení varianty B				
Rouchovany -> Kunín -> N. Jičín -> Rouchovany				
1) Pohyby	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouchovany - Kunín	194	6	1305	2:12:00
Kunín - Nový Jičín	5,9	12	2160	0:10:00
Nový Jičín - Rouchovany	186	-	-	2:10:00
2) Nakládky + pauza + rezerva	-	-	-	-
Nakládka v Kuníně	-	-	-	0:45:00
Nakládka v N. Jičíně	-	-	-	0:45:00
Povinná pauza	-	-	-	0:45:00
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>385,9</b>	<b>18</b>	<b>3465</b>	<b>7:47:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.6.3.3 IV. okruh, varianta B (18 paletových míst, 6,8 tun)

IV. okruh bude začínat opět v místě, které je aktuálně od skladu nejvzdálenější, a které ještě nebylo obslouženo, nebo ještě nebyla zcela uspokojena jeho potřeba. Tím je Nový Jičín, zde budou naloženy zbylé 3 sloupce palet o váze 540 kg. Dále bude okruh pokračovat stejně jako ve variantě A, tedy v Polomu (5 sloupců, 900 kg) a posléze v obci Drahotuše (4 sloupce, 2352 kg).

**Tabulka 33: Kapacitní kontrola, IV. okruh (B)**

Kapacitní kontrola				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
12	3792	5:32:00	3:00:00	8:32:00

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě provedené kapacitní kontroly (tab. 33) je stejně jako u varianty A možné doložit v Olomouci, kde bude do plné kapacity místa naloženo 6 sloupců, které sníží použitelnou nosnost vozu o 2187 kg. Vzhledem k naplněným kapacitám (tab. 34) bude zbytek palet, který v Olomouci zůstane obsloužen některým z dalších okruhů.



**Tabulka 34: Kapacitní kontrola 2, IV. okruh (B)**

Kapacitní kontrola 2				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
18	5979	5:43:00	3:45:00	9:28:00

Zdroj: vlastní zpracování

Po zařazení konkrétních zastávek do IV. okruhu, budou pomocí TSPKOSY vypočteny 3 metody, které poskytnou řešení daného okružního dopravního problému (tab. 35).

**Tabulka 35: TSPKOSA, IV. okruh (B)**

<b>Výpočet TSPKOSA</b>	<i>Km</i>
<b><i>Původní trasa</i></b>	377,6
Rouhovany -> N. Jičín -> Polom -> Drahotuše -> Olomouc -> Rouhovany	
<b><i>Metoda nejbližšího souseda</i></b>	377,4
Rouhovany -> Polom -> N. Jičín -> Drahotuše -> Olomouc -> Rouhovany	
<b><i>Vogelova aproximační metoda</i></b>	377,7
Rouhovany -> Drahotuše -> N. Jičín -> Polom -> Olomouc -> Rouhovany	
<b><i>Metoda mezi a větví</i></b>	377,4
Rouhovany -> Polom -> N. Jičín -> Drahotuše -> Olomouc -> Rouhovany	

Zdroj: vlastní zpracování pomocí programu TSPKOSA

Nejkratší okruh vyhodnotila Metoda mezi a větví a Metoda nejbližšího souseda. Celková ujetá vzdálenost IV. okruhu tedy bude 377,4 km. Zkrácením okruhu došlo ke zvýšení času denní směny o jednu minutu (tab. 36).

**Tabulka 36: Kapacitní kontrola 3, IV. okruh (B)**

Kapacitní kontrola 3				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
18	5979	5:44:00	3:45:00	9:29:00

Zdroj: vlastní zpracování

**Tabulka 37: Výsledné řešení, IV. okruh (B)**

IV. okruh, výsledné řešení varianty B				
Rouchovany -> Polom -> N. Jičín -> Drahotuše -> Olomouc -> Rouchovany				
1) Pohyby	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouchovany - Polom	173	5	900	1:59:00
Polom - N. Jičín	13	3	540	0:15:00
N. Jičín - Drahotuše	25,8	4	2352	0:25:00
Drahotuše - Olomouc	35,6	6	2187	0:26:00
Olomouc - Rouchovany	130	-	-	1:39:00
2) Nakládky + pauza + rezerva	-	-	-	-
Nakládka v N. Jičíně	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Polomu	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Drahotuši	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Olomouci	-	-	-	0:45:00
Povinná pauza	-	-	-	0:45:00
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>377,4</b>	<b>18</b>	<b>5979</b>	<b>9:29:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování

Po sestavení obou variant lze na základě souhrnné tabulky 38 rozhodnout o tom, kterou z nich by bylo vhodnější do konečného řešení zařadit.

**Tabulka 38: Výběr varianty - třetí sada**

	Výběr varianty ve třetí sadě okruhů	Km	Kč
<b>Var. A</b>	Okruh III.	389,2	7 395 Kč
	Rouchovany -> Drahotuše -> N. Jičín -> Kunín -> -> Polom -> Olomouc -> Rouchovany		
<b>Var. B</b>	Okruh III.	385,9	6 714 Kč
	Rouchovany -> Kunín -> N. Jičín -> Rouchovany		
	Okruh IV.	377,4	6 038 Kč
	Rouchovany -> Polom -> N. Jičín -> Drahotuše -> -> Olomouc -> Rouchovany		

Zdroj: vlastní zpracování

První varianta založená na využití nákladního vozu s připojeným vlekem vychází v nákladech na **7 395 Kč** s tím, že je potřeba v některém z dalších okruhů doložit zbytek palet, který v Olomouci musel zůstat.

Druhá varianta vychází podstatně draž, protože vzhledem k velkému množství palet v Novém Jičíně je zapotřebí nákladní vůz s kapacitou 18 palet vyslat dvakrát a celkový náklad za III. a IV. okruh pak vychází na **12 212 Kč**

(6 174 Kč + 6 038 Kč). I ve variantě B je nutné v rámci některého z budoucích okruhů do Olomouce vyslat další nákladní vůz pro doložení zbytku palet, který se již do vozu nevešel.

Ani v této části řešení nemá smysl využití nejmenšího nákladního vozidla, protože by muselo být pro obsluhu daných zastávek vysláno alespoň třikrát, což by nebylo finančně výhodnější než navržené varianty.

Na základě tohoto zhodnocení nákladů bude do konečného řešení zařazena **varianta A**. Doposud byly do konečného řešení zahrnuty celkem tři okruhy.

#### 4.6.4 Čtvrtá sada okruhů

Po výběru vhodné varianty ve třetí sadě bude sestavena čtvrtá sada variant okruhů.

##### 4.6.4.1 IV. okruh, varianta A (34 paletových míst, 12tun)

Podle Mayerovy metody bude tento okruh začínat v Hradci Králové, kde bude naloženo 8 sloupců o váze 2040 kg. Poté bude v nejbližších Dražkovicích splněn požadavek 5 sloupců vážících 2940 kg a následně bude do okruhu zařazena zastávka v Jihlavě pro naložení 6 sloupců palet o hmotnosti 1530 kg.

**Tabulka 39: Kapacitní kontrola, IV. okruh (A)**

Kapacitní kontrola				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
19	6510	6:55:00	3:00:00	9:55:00

Zdroj: vlastní zpracování

Vzhledem k tomu, že na jízdu i na denní směnu zbývají ještě 2 hodiny 5 minut (tab. 39) je možné obsloužit další zastávku v Ostrovačicích (9 sloupců, 2295 kg).

**Tabulka 40: Kapacitní kontrola 2, IV. okruh (A)**

Kapacitní kontrola 2				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
28	8805	7:04:00	3:45:00	10:49:00

Zdroj: vlastní zpracování

Ani po zastávce v Ostrovačicích ještě není zcela naplněna žádná z kapacit (tab. 40), a proto je ještě možné odvézt část požadavku z Brna (6 sloupců, 1950 kg).

**Tabulka 41: Kapacitní kontrola 3, IV. okruh (A)**

Kapacitní kontrola 3				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
34	10755	7:18:00	4:30:00	11:48:00

Zdroj: vlastní zpracování

Protože po nakládce v Brně je již naplněna kapacita v nákladním prostoru a na denní směnu zbývá pouze 12 minut (tab. 41), bude okruh ukončen.

Po zařazení konkrétních zastávek do IV. okruhu budou pomocí TSPKOSY vypočteny 3 metody, které poskytnou řešení daného okružního dopravního problému (tab. 42).

**Tabulka 42: TSPKOSA, IV. okruh (A)**

<b>Výpočet TSPKOSA</b>	<i>Km</i>
<b><i>Původní trasa</i></b>	
Rouchovany -> Hradec Králové -> Dražkovice -> Jihlava ->	418,4
-> Ostrovačice -> Brno -> Rouchovany	
<b><i>Metoda nejbližšího souseda</i></b>	
Rouchovany -> Brno -> Ostrovačice -> Hradec Králové ->	386,4
-> Dražkovice -> Jihlava -> Rouchovany	
<b><i>Vogelova aproximační metoda</i></b>	
Rouchovany -> Brno -> Ostrovačice -> Hradec Králové ->	386,4
-> Dražkovice -> Jihlava -> Rouchovany	
<b><i>Metoda mezi a větví</i></b>	
Rouchovany -> Brno -> Ostrovačice -> Dražkovice ->	386,4
-> Hradec Králové -> Jihlava -> Rouchovany	

Zdroj: vlastní zpracování

Všechny tři metody stanovily shodné pořadí, kterým se okruh navrhnutý Mayerovou metodou zkrátí o 32 km. Zkrácením okruhů došlo k nárůstu času jízdy a směny o 5 minut (tab. 43).

**Tabulka 43: Kapacitní kontrola 4, IV. okruh (A)**

Kapacitní kontrola 4				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
34	10755	7:23:00	4:30:00	11:53:00

Zdroj: vlastní zpracování

**Tabulka 44: Výsledné řešení, IV. okruh (A)**

IV. okruh, výsledné řešení varianty A				
Rouchovary -> Brno -> Ostrovačice -> Hradec Králové -> Dražkovice ->				
-> Jihlava -> Rouchovary				
1) Pohyby	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Čas celkem
Rouchovary - Brno	47,1	6	1950	0:51:00
Brno - Ostrovačice	14	9	2295	0:09:00
Ostrovačice - Hradec Králové	146	8	2040	2:10:00
Hradec Králové - Dražkovice	32,3	5	2940	0:31:00
Dražkovice - Jihlava	86	6	1530	1:21:00
Jihlava - Rouchovary	61	-	-	1:21:00
2) nakládky + pauza + rezerva	-	-	-	-
Nakládka v Hr. Králové	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Dražkovicích	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Jihlavě	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Ostrovačicích	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Brně	-	-	-	0:45:00
Povinná pauza	-	-	-	0:45:00
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>386,4</b>	<b>34</b>	<b>10755</b>	<b>11:53:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.6.4.2 IV. okruh, varianta B (18 paletových míst, 6,8 tun)

U varianty B bude okruh začínat také v Hradci Králové (8 sloupců, 2040 kg), a poté pokračovat v nejbližších Dražkovicích (5 sloupců, 2940 kg). Nakonec bude provedena zastávka v Jihlavě, kde dojde k naplnění kapacit (tab. 45) a nebude možné splnit celý požadavek, ale pouze jeho část, tedy 5 sloupců, které zvýší zátěž ve voze o 1275 kg.

**Tabulka 45: Kapacitní kontrola, IV. okruh (B)**

Kapacitní kontrola				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
18	6255	6:55:00	3:00:00	9:55:00

Zdroj: vlastní zpracování

Po zařazení konkrétních zastávek do IV. okruhu budou pomocí TSPKOSY vypočteny 3 metody, které poskytnou řešení daného okružního dopravního problému (tab. 46).

**Tabulka 46: TSPKOSA, IV. okruh (B)**

<b>Výpočet TSPKOSA</b>	<i>Km</i>
<b><i>Původní trasa</i></b>	344,3
Rouhovany -> Hradec Králové -> Dražkovice -> Jihlava -> Rouhovany	
<b><i>Metoda nejbližšího souseda</i></b>	341,3
Rouhovany -> Dražkovice -> Hradec Králové -> Jihlava -> Rouhovany	
<b><i>Vogelova aproximační metoda</i></b>	341,3
Rouhovany -> Dražkovice -> Hradec Králové -> Jihlava -> Rouhovany	
<b><i>Metoda mezí a větví</i></b>	341,3
Rouhovany -> Dražkovice -> Hradec Králové -> Jihlava -> Rouhovany	

Zdroj: vlastní zpracování pomocí programu TSPKOSA

Všechny tři metody stanovily shodné pořadí, kterým se okruh navrhnutý Mayerovou metodou zkrátí o 32 km. Zkrácením okruhu došlo k nárůstu času jízdy a směny o jednu minutu (tab. 47).

**Tabulka 47: Kapacitní kontrola 2, IV. okruh (B)**

Kapacitní kontrola 2				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
18	6255	6:56:00	3:00:00	9:56:00

Zdroj: vlastní zpracování

**Tabulka 48: Výsledné řešení, IV. okruh (B)**

IV. okruh, výsledné řešení varianty B				
Rouhovany -> Dražkovice -> Hradec Králové -> Jihlava -> Rouhovany				
<b>1) Pohyby</b>	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouhovany - Dražkovice	131	5	2940	2:16:00
Dražkovice - Hradec Králové	32,3	8	2040	0:31:00
Hradec Králové - Jihlava	117	5	1275	1:48:00
Jihlava - Rouhovany	61	-	-	1:21:00
<b>2) Nakládky + pauza + rezerva</b>	-	-	-	-
Nakládka v Hradci Králové	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Dražkovicích	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Jihlavě	-	-	-	0:45:00
Povinná pauza	-	-	-	0:45:00
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>341,3</b>	<b>18</b>	<b>6255</b>	<b>9:56:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování

Protože k relevantnímu srovnání obou variant je zapotřebí obsloužit shodné zastávky a další okruh nebude ve variantě B navazovat na zbylý požadavek v Jihlavě a na další zastávky, které byly obslouženy ve variantě A, bude zapotřebí provést všechny zbylé okruhy. Poté bude možné rozhodnout o vhodné variantě nejen pro IV. okruh, ale současně o vhodných variantách pro následující okruhy.

Ve čtvrté sadě okruhů se také nenaskytlo využití pro nejmenší nákladní vůz, protože s jeho zařazením by rostlo množství okruhů i nákladů.

#### 4.6.5 Pátá sada okruhů

Jelikož rozhodnutí o vhodné variantě pro IV. okruh vyžaduje sestavení ostatních okruhů, bude varianta A v páté sadě okruhů rozdělena na variantu A1, která bude brát v potaz volbu varianty A ve čtvrté sadě okruhů a na variantu A2, která bude brát v potaz volbu varianty B ve čtvrté sadě okruhů. Stejně tak bude rozdělena i varianta B, na variantu B1 (ve čtvrté sadě okruhů zvolena varianta A) a variantu B2 (ve čtvrté sadě okruhů zvolena varianta B).

##### 4.6.5.1 V. okruh, varianta A1 (34 paletových míst, 12 tun)

Nejvzdálenějším místem, které ještě nebylo obslouženo, nebo ještě nebyla uspokojena celá jeho potřeba, je při plánování V. okruhu Olomouc, ve které zůstal zbytek palet z III. okruhu. V Olomouci tak budou naloženy 3 sloupce palet s celkovou hmotností 1764 kg. Do okruhu bude dále zařazena obec Tvarožná s 8 sloupci o váze 2600 kg a poté Brno se zbylými 4 sloupci (1300 kg) z IV. okruhu. Posledním místem k obsluze bude Adamov s 10 sloupci o hmotnosti 2550 kg. Tím bude zajištěna obsluha všech zbylých zastávek, při které nedojde k překročení žádné z kapacit (tab. 49).

**Tabulka 49: Kapacitní kontrola, V. okruh (A1)**

Kapacitní kontrola				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládka + pauza	Denní směna
25	8214	5:36:00	3:45:00	9:21:00

Zdroj: vlastní zpracování

Po zařazení konkrétních zastávek do V. okruhu budou pomocí TSPKOSY vypočteny 3 metody, které poskytnou řešení daného okružního dopravního problému (tab. 50).

**Tabulka 50: TSPKOSA, V. okruh (A1)**

<b>Výpočet TSPKOSA</b>	<i>Km</i>
<b><i>Původní trasa</i></b>	320
Rouchovany -> Olomouc -> Tvarožná -> Brno -> Adamov -> Rouchovany	
<b><i>Metoda nejbližšího souseda</i></b>	320
Rouchovany -> Olomouc -> Tvarožná -> Brno -> Adamov -> Rouchovany	
<b><i>Vogelova aproximační metoda</i></b>	319,8
Rouchovany -> Tvarožná -> Olomouc -> Brno -> Adamov -> Rouchovany	
<b><i>Metoda mezí a větví</i></b>	302,9
Rouchovany -> Tvarožná -> Olomouc -> Adamov -> Brno -> Rouchovany	

Zdroj: vlastní zpracování pomocí programu TSPKOSA

Pomocí Metody mezí a větví byl původní okruh zkrácen o 17,1 km. Zkrácením okruhu došlo ke snížení času jízdy a směny o 11 minut (tab. 51).

**Tabulka 51: Kapacitní kontrola 2, V. okruh (A1)**

Kapacitní kontrola 2				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
25	8214	5:25:00	3:45:00	9:10:00

Zdroj: vlastní zpracování

**Tabulka 52: Výsledné řešení, V. okruh (A1)**

V. okruh, výsledné řešení varianty A1				
Rouchovany -> Tvarožná -> Olomouc -> Adamov -> Brno -> Rouchovany				
<b>1) Pohyby</b>	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouchovany - Tvarožná	63	8	2600	1:00:00
Tvarožná - Olomouc	71	3	1764	0:45:00
Olomouc - Adamov	95	10	2550	1:14:00
Adamov - Brno	26,8	4	1300	0:35:00
Brno - Rouchovany	47,1	-	-	0:51:00
<b>2) Nakládky + pauza + rezerva</b>	-	-	-	-
Nakládka v Olomouci	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Tvarožné	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Brně	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Adamově	-	-	-	0:45:00
Povinná pauza	-	-	-	0:45:00
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>302,9</b>	<b>25</b>	<b>8214</b>	<b>9:10:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování



#### 4.6.5.2 V. okruh, varianta A2 (34 paletových míst, 12 tun)

V této variantě bude řidič vyslán do Olomouce pro 3 sloupce palet o váze 1764 kg, a poté do Tvarožné, kde naloží 8 sloupců vážících 2600 kg. Následovat bude zastávka v Brně, která ale ve IV. okruhu nebyla obsluhována, a proto zde bude splněn celý požadavek 10 sloupců o váze 3250 kg. Poslední zastávkou bude Adamov s 10 sloupci a váhou 2550 kg.

**Tabulka 53: Kapacitní kontrola, V. okruh (A2)**

Kapacitní kontrola				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
31	10164	5:36:00	3:45:00	9:21:00

Zdroj: vlastní zpracování

Nyní ještě zbývá obsloužit Ostrovačice a zbytek požadavku v Jihlavě. Protože ještě nebyla vyčerpána některá z kapacit v aktuální soupravě (tab. 53), bylo by možné obsloužit část požadavku v Ostrovačicích. Ovšem vzhledem k tomu, že nákladní souprava zde již nedokáže pojmout celý požadavek (9 sloupců, 2295 kg), bylo by nutné obsloužit zbytek požadavku v dalším okruhu. Z toho důvodu nemá smysl do Ostrovačic vysílat aktuální soupravu, jelikož zbylé zastávky mohou být v dalším okruhu obslouženy nejmenším nákladním vozidlem s nejnižší sazbou na ujetý kilometr.

Pořadí průjezdu bude stejné jako u varianty A1, protože do okruhu byly zařazeny stejné zastávky (tab. 50).

**Tabulka 54: Výsledné řešení, V. okruh (A2)**

V. okruh, výsledné řešení varianty A2				
Rouchovany -> Tvarožná -> Olomouc -> Adamov -> Brno -> Rouchovany				
1) Pohyby	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouchovany - Tvarožná	63	8	2600	1:00:00
Tvarožná - Olomouc	71	3	1764	0:45:00
Olomouc - Adamov	95	10	2550	1:14:00
Adamov - Brno	26,8	10	3250	0:35:00
Brno - Rouchovany	47,1	-	-	0:51:00
2) Nakládky + pauza + rezerva	-	-	-	-
Nakládka v Olomouci	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Tvarožné	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Brně	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Adamově	-	-	-	0:45:00
Povinná pauza	-	-	-	0:45:00
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>302,9</b>	<b>31</b>	<b>10164</b>	<b>9:10:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.6.5.3 VI. okruh, varianta A2 (12 paletových míst, 3,2 tun)

V šestém okruhu bude obslužen požadavek v Ostrovačicích (9 sloupců, 2295 kg) i zbytek požadavku v Jihlavě, vzniklý při plánování IV. okruhu (1 sloupec, 255 kg). Celkový součet obou těchto požadavků představuje 10 sloupců palet o hmotnosti 2210 kg, a proto bude pro obsluhu těchto dvou zastávek zvolen nejmenší nákladní vůz, který dané zastávky obslouží s tím, že nebude překročena některá z kapacit (tab. 55).

**Tabulka 55: Kapacitní kontrola, VI. okruh (A2)**

Kapacitní kontrola				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
10	2550	2:51:00	2:30:00	5:21:00

Zdroj: vlastní řešení

Pořadí projetých míst se zde řešit nemusí, protože 2 zařazené zastávky mohou být projety pouze jedním nebo opačným směrem.

**Tabulka 56: Výsledné řešení, VI. okruh (A2)**

VI. okruh, výsledné řešení varianty A2				
Rouchovany -> Jihlava -> Ostrovačice -> Rouchovany				
1) Pohyby	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouchovany - Jihlava	61	1	255	1:21:00
Jihlava - Ostrovačice	74	9	2295	0:44:00
Ostrovačice - Rouchovany	38,1	-	-	0:46:00
2) Nakládky + pauza + rezerva	-	-	-	-
Nakládka v Jihlavě	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Ostrovačicích	-	-	-	0:45:00
Jízda < 4,5 h = není nutná pauza	-	-	-	-
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>173,1</b>	<b>10</b>	<b>2550</b>	<b>5:21:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování

**4.6.5.4 V. okruh, varianta B1 (18 paletových míst, 6,8 tun)**

Varianta B1 začne zastávkou v Olomouci, kde budou do vozu naloženy 3 sloupce o váze 1764 kg, které zde zbyly z III. okruhu. Poté bude řidič vyslán do Tvarožné, kde splní požadavek 8 sloupců, vážících 2600 kg. Následovat bude zastávka v Brně, ve kterém se nachází zbylé 4 sloupce (1300 kg) z IV. okruhu.

**Tabulka 57: Kapacitní kontrola, V. okruh (B1)**

Kapacitní kontrola				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
15	5664	4:30:00	2:15:00	7:30:00

Zdroj: vlastní zpracování

Po nakládce v Brně by bylo možné naložit ještě 3 sloupce o váze 765 kg v nejbližším Adamově, ale vzhledem k naplnění kapacit (tab. 57) by zde část nákladu zůstala a některý z vozů by do daného místa musel jet znovu. Proto bude celý požadavek této zastávky obsloužen nejmenším vozem.

Po zařazení konkrétních zastávek do V. okruhu, budou pomocí TSPKOSY vypočteny 3 metody, které poskytnou řešení daného okružního dopravního problému (tab. 58).

**Tabulka 58: TSPKOSA, V. okruh (B1)**

<b>Řešení TSPKOSA</b>	<i>Km</i>
<b><i>Původní trasa</i></b>	269,3
Rouchovany -> Olomouc -> Tvarožná -> Brno -> Rouchovany	
<b><i>Metoda nejbližšího souseda</i></b>	269,3
Rouchovany -> Olomouc -> Tvarožná -> Brno -> Rouchovany	
<b><i>Vogelova aproximační metoda</i></b>	269,3
Rouchovany -> Olomouc -> Tvarožná -> Brno -> Rouchovany	
<b><i>Metoda mezi a větví</i></b>	269,1
Rouchovany -> Tvarožná -> Olomouc -> Brno -> Rouchovany	

Zdroj: vlastní zpracování

Nejkratší okruh byl navržen Metodou mezi a větví. Došlo však ke zkrácení o pouhých 200 metrů. Zkrácením okruhu se čas jízdy a směny nezměnil (tab. 59).

**Tabulka 59: Kapacitní kontrola 2, V. okruh (B1)**

Kapacitní kontrola 2				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
15	5664	4:30:00	3:00:00	7:30:00

Zdroj: vlastní zpracování

**Tabulka 60: Výsledné řešení, V. okruh (B1)**

V. okruh, výsledné řešení varianty B1				
Rouchovany -> Tvarožná -> Olomouc -> Brno -> Rouchovany				
<b>1) Pohyby</b>	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouchovany – Tvarožná	63	8	2600	1:00:00
Tvarožná – Olomouc	71	3	1764	0:45:00
Olomouc – Brno	88	4	1300	0:54:00
Brno – Rouchovany	47,1	-	-	0:51:00
<b>2) Nakládky + pauza + rezerva</b>	-	-	-	-
Nakládka v Olomouci	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Tvarožné	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Brně	-	-	-	0:45:00
Povinná pauza	-	-	-	0:45:00
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>269,1</b>	<b>15</b>	<b>5664</b>	<b>7:30:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.6.5.5 VI. okruh, varianta B1 (12 paletových míst, 3,2 tun)

V navazujícím šestém okruhu bude splněn požadavek 10 sloupců o hmotnosti 2550 kg v Adamově. Vzhledem k malému množství zboží bude pro obsluhu dané zastávky zvolen nejmenší nákladní vůz.

Protože do okruhu byla zařazena jediná zastávka, nemá smysl řešit pořadí průjezdu ani kapacitní kontrolu, jelikož výsledné hodnoty jsou ihned zřejmé.

**Tabulka 61: Výsledné řešení, VI. okruh (B1)**

VI. okruh, výsledné řešení varianty B1				
Rouchovany -> Adamov -> Rouchovany				
1) Pohyby	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouchovany - Adamov	71	10	2550	1:22:00
Adamov - Rouchovany	71	-	-	1:22:00
2) Nakládky + pauza + rezerva	-	-	-	-
Nakládka v Adamově	-	-	-	0:45:00
Jízda < 4,5h = není nutná pauza	-	-	-	-
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>142</b>	<b>10</b>	<b>2550</b>	<b>4:29:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.6.5.6 V. okruh, varianta B2 (18 paletových míst, 6,8 tun)

Okruh začne opět v Olomouci, kde budou naloženy 3 sloupce o váze 1764 kg. Poté bude řidič pokračovat do nejbližší Tvarožné, kde naloží 8 sloupců, vážících 2600 kg. Následovat bude zastávka v Brně, kde se v důsledku volby varianty B ve IV. okruhu nachází celý požadavek (10 sloupců, 3250 kg). Protože je ale kapacita středního nákladního vozu pouze 18 paletových míst je zde možné splnit pouze část požadavku 7 sloupců o váze 2275 kg (tab. 62). Zbylé zboží musí být odvezeno v dalším okruhu.

**Tabulka 62: Kapacitní kontrola, V. okruh (B2)**

Kapacitní kontrola				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
18	6639	4:30:00	2:15:00	6:45:00

Zdroj: vlastní zpracování

Po zařazení konkrétních zastávek do V. okruhu, budou pomocí TSPKOSY vypočteny 3 metody, které poskytnou řešení daného okružního dopravního problému (tab. 63).

**Tabulka 63: TSPKOSA, V. okruh (B2)**

<b>Výpočet TSPKOSA</b>	<i>Km</i>
<b><i>Původní trasa</i></b>	269,3
Rouchovany -> Olomouc -> Tvarožná -> Brno -> Rouchovany	
<b><i>Metoda nejbližšího souseda</i></b>	269,3
Rouchovany -> Olomouc -> Tvarožná -> Brno -> Rouchovany	
<b><i>Vogelova aproximační metoda</i></b>	269,3
Rouchovany -> Olomouc -> Tvarožná -> Brno -> Rouchovany	
<b><i>Metoda mezi a větví</i></b>	269,1
Rouchovany -> Tvarožná -> Olomouc -> Brno -> Rouchovany	

Zdroj: vlastní zpracování pomocí programu TSPKOSA

Nejkratší okruh byl navržen Metodou mezi a větví. Došlo však ke zkrácení o pouhých 200 metrů. Zkrácením okruhu se čas jízdy a směny nezměnil (tab. 64).

**Tabulka 64: Kapacitní kontrola 2, V. okruh (B2)**

Kapacitní kontrola 2				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
18	6639	4:30:00	2:15:00	6:45:00

Zdroj: vlastní zpracování

**Tabulka 65: Výsledné řešení, V. okruh (B2)**

V. okruh, výsledné řešení varianty B2				
Rouchovany -> Tvarožná -> Olomouc -> Brno -> Rouchovany				
<b>1) Pohyby</b>	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouchovany - Tvarožná	63	8	2600	1:00:00
Tvarožná - Olomouc	71	3	1764	0:45:00
Olomouc - Brno	88	7	2275	0:54:00
Brno - Rouchovany	47,1	-	-	0:51:00
<b>2) Nakládky + pauza + rezerva</b>	-	-	-	-
Nakládka v Olomouci	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Tvarožné	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Brně	-	-	-	0:45:00
Jízda < 4,5 h = není nutná pauza	-	-	-	-
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>269,1</b>	<b>18</b>	<b>6639</b>	<b>6:45:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování

Po provedení tohoto okruhu ještě zbývá obsloužit zastávku v Adamově, Ostrovačicích a také zbytek požadavku v Jihlavě a Brně. Celkem je zapotřebí odvézt 23 sloupců palet, vážících 6075 kg. Tyto zastávky mohou být obslouženy buď jedním okruhem za použití nákladního vozu s vlekem, nebo za kombinace nákladního vozidla bez vleku a nejmenšího nákladního vozidla, nebo dvěma okruhy provedenými pomocí nejmenšího nákladního vozidla. **Došlo tedy k dalšímu rozvětvení variant**, lišících se v použitém dopravním prostředku.

Aby se daný model nestal příliš nepřehledný, budou představeny pouze finanční náklady všech 3 variant a početní postup varianty dosahující nejlepšího výsledku, bude zaznamenán níže. Výpočty zbylých variant budou vloženy do příloh. (Kapitola 9).

Finanční náročnost vzniklých variant:

- 1) Nákladní vůz s vlekem dosahuje dopravních nákladů ve výši 4 689 Kč
- 2) Kombinace středního a malého vozu vychází v nákladech na 4 568 Kč
- 3) Dopravní náklady na realizaci dvou okruhů malého vozu činí 4 433 Kč

Z vypočtených možností je zřejmé, že pro obsluhu zbylých zastávek bude nejvhodnější realizace dvou okruhů pomocí nejmenšího vozu (**varianta 3**).

Kompletní výpočet varianty 1 je uveden v příloze A a výpočet varianty 2 v přílohách B a C.

#### 4.6.5.7 VI. okruh, varianta B2 (12 paletových míst, 3,2 tun)

Navazující šestý okruh začne v Adamově (10 sloupců, 2550 kg), a poté bude obsloužena část zbylého požadavku z předešlého okruhu v Brně (2 sloupce, 650 kg).

**Tabulka 66: Kapacitní kontrola, VI. okruh (B2)**

Kapacitní kontrola				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
12	3200	3:48:00	1:30:00	5:18:00

Zdroj: vlastní zpracování

Protože jsou již kapacity naplněny, bude okruh ukončen (tab. 66).

Pořadí projetých míst se zde řešit nemusí, protože 2 zařazené zastávky mohou být projety pouze jedním nebo opačným směrem.

**Tabulka 67: Výsledné řešení, VI. okruh (B2)**

VI. okruh, výsledné řešení varianty B2				
Rouchovany -> Adamov -> Brno -> Rouchovany				
1) Pohyby	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouchovany - Adamov	71	10	2550	1:22:00
Adamov - Brno	26,8	2	650	0:35:00
Brno - Rouchovany	47,1	-	-	0:51:00
2) Nakládky + pauza + rezerva	-	-	-	-
Nakládka v Adamově	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Brně	-	-	-	0:45:00
Jízda < 4,5 h = není nutná pauza	-	-	-	-
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>144,9</b>	<b>12</b>	<b>3200</b>	<b>5:18:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.6.5.8 VII. okruh, varianta B2 (12 paletových míst, 3,2 tun)

Poslední VII. okruh zahájí odvoz zbylého sloupce palet z Jihlavy (255 kg), poté bude obsloužena zastávka v Ostrovačicích (9 sloupců, 2295 kg) a nakonec zastávka v Brně (1 sloupec, 325 kg). Tím bude zajištěna obsluha všech zbylých zastávek, při které nedojde k překročení některé z kapacit (tab. 68).

**Tabulka 68: Kapacitní kontrola, VII. okruh (B2)**

Kapacitní kontrola				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
11	2875	4:05:00	2:15:00	6:20:00

Zdroj: vlastní zpracování

Po zařazení konkrétních zastávek do VII. okruhu budou pomocí TSPKOSY vypočteny 3 metody, které poskytnou řešení daného okružního dopravního problému (tab. 69).



**Tabulka 69: TSPKOSA, VII. okruh (B2)**

<b>Výpočet TSPKOSA</b>	<i>Km</i>
<b><i>Původní trasa</i></b>	
Rouchovany -> Jihlava -> Ostrovačice -> Brno -> Rouchovany	196,1
<b><i>Metoda nejbližšího souseda</i></b>	
Rouchovany -> Jihlava -> Ostrovačice -> Brno -> Rouchovany	196,1
<b><i>Vogelova aproximační metoda</i></b>	
Rouchovany -> Jihlava -> Ostrovačice -> Brno -> Rouchovany	196,1
<b><i>Metoda mezi a větví</i></b>	
Rouchovany -> Jihlava -> Ostrovačice -> Brno -> Rouchovany	196,1

Zdroj: vlastní zpracování

Řešení jednotlivých metod poukazují na to, že oproti pořadí, které bylo určeno Mayerovou metodou, nedošlo ke změně.

**Tabulka 70: Výsledné řešení, VII. okruh (B2)**

VII. okruh, výsledné řešení varianty B2				
Rouchovany -> Jihlava -> Ostrovačice -> Brno -> Rouchovany				
<b>1) Pohyby</b>	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouchovany - Jihlava	61	1	255	1:21:00
Jihlava - Ostrovačice	74	9	2295	0:44:00
Ostrovačice - Brno	14	1	325	0:09:00
Brno - Rouchovany	47,1	-	-	0:51:00
<b>2) Nakládky + pauza + rezerva</b>	-	-	-	-
Nakládka v Jihlavě	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Ostrovačicích	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Brně	-	-	-	0:45:00
Jízda < 4,5 h = není nutná pauza	-	-	-	-
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>196,1</b>	<b>11</b>	<b>2875</b>	<b>6:20:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování

Po otestování různých variant okruhů v 5 a 6 sadě okruhů lze vyhodnotit, které z navržených okruhů jsou pro konečné řešení nejvýhodnější. Všechny testované okruhy z 5. a 6. sady jsou uvedeny v souhrnné tabulce 71, na základě které bude proveden výběr.

**Tabulka 71: Výběr varianty - čtvrtá a pátá sada**

<b>Výběr varianty ve čtvrté sadě okruhů</b>		Km	Kč
Var. A	Okruh IV.	386,4	7 342 Kč
	Rouchovany -> Brno -> Ostrovačice -> Hradec Králové ->		
	-> Dražkovice -> Jihlava -> Rouchovany		
Var. B	Okruh IV.	341,3	5 461 Kč
	Rouchovany -> Dražkovice -> Hradec Králové ->		
	-> Jihlava -> Rouchovany		
<b>Výběr varianty v páté sadě okruhů</b>		Km	Kč
Var. A1	Okruh V.	302,9	5 755 Kč
	Rouchovany -> Tvarožná -> Olomouc -> Adamov ->		
	-> Brno -> Rouchovany		
Var. A2	Okruh V.	302,9	5 755 Kč
	Rouchovany -> Tvarožná -> Olomouc -> Adamov ->		
	-> Brno -> Rouchovany		
	Okruh VI.	173,1	2 250 Kč
	Rouchovany -> Jihlava -> Ostrovačice -> Rouchovany		
Var. B1	Okruh V.	269,1	4 306 Kč
	Rouchovany -> Tvarožná -> Olomouc -> Brno -> Rouchovany		
	Okruh VI.	142	1 846 Kč
Var. B2	Okruh V.	269,1	4 306 Kč
	Rouchovany -> Tvarožná -> Olomouc -> Brno -> Rouchovany		
	Okruh VI.	144,9	1 884 Kč
	Rouchovany -> Adamov -> Brno -> Rouchovany		
	Okruh VII.	196,1	2 549 Kč
Rouchovany -> Jihlava -> Ostrovačice -> Brno -> Rouchovany			

Zdroj: vlastní zpracování

Pokud by byla ve čtvrté sadě okruhů zvolena varianta A, byly by posléze zbylé zastávky obslouženy na základě varianty A1 (s vlekem) nebo B1 (bez vleku). Protože varianta A1 vychází na **5 755 Kč** a varianta B1 na **6 152 Kč** (4 306 + 6 152), byla by do konečného řešení zahrnuta varianta A společně s variantou A1.

Pokud by byla ve čtvrté sadě okruhů zvolena varianta B, byly by posléze zbylé zastávky obslouženy buď variantou A2 (s vlekem) nebo B2 (bez vleku). Vzhledem k tomu, že varianta A2 vychází na **8 005 Kč** (5 755 + 2 250) a varianta B2 na **8 739 Kč** (4 306 + 1 884 + 2 549), byla by do konečného řešení zahrnuta varianta B společně s variantou s A2.

Varianta A s výhodnější variantou A1 vychází dohromady na **13 097 Kč** (7 342 + 5 755) a varianta B s výhodnější variantou A2 vychází dohromady na **13 466 Kč** (5 461 + 8 005).

Na základě tohoto zhodnocení bude do konečného řešení zahrnuta **varianta A ze čtvrté sady okruhů s variantou A1 z páté sady okruhů**. Tedy varianty, které obsloužily dané zastávky s pomocí vleku.

## 5 Zhodnocení výsledků

Nyní bude prováděn krok 5 z metodiky práce.

V souhrnném zhodnocení výsledků je nejdříve provedeno srovnání počtu a podoby původních a nových tras (tab. 72), ze kterého vyplývá, že novým řešením došlo k redukci z původních 8 okruhů na 5.

**Tabulka 72: Původní a nové trasy**

<b>Původní řešení</b>
1) Rouchovany -> Planá -> Plzeň -> Mýto -> Rouchovany
2) Rouchovany -> Kolečov -> Rakovník -> Praha -> Rouchovany
3) Rouchovany -> Praha -> Jihlava -> Ostrovačice -> Rouchovany
4) Rouchovany -> Hradec Králové -> Dražkovice -> Ostrovačice -> Rouchovany
5) Rouchovany -> Kunín -> Nový Jičín -> Rouchovany
6) Rouchovany -> Nový Jičín -> Polom -> Drahotuše -> Tvarožná -> Rouchovany
7) Rouchovany -> Olomouc -> Tvarožná -> Brno -> Rouchovany
8) Rouchovany -> Adamov -> Brno -> Rouchovany
<b>Nové řešení</b>
1) Rouchovany -> Planá -> Plzeň -> Mýto -> Rouchovany
2) Rouchovany -> Rakovník -> Kolečov -> Praha -> Rouchovany
3) Rouchovany -> Drahotuše -> N. Jičín -> Kunín -> Polom -> Olomouc -> Rouchovany
4) Rouchovany -> Brno -> Ostrovačice -> Hradec Králové -> -> Dražkovice -> Jihlava -> Rouchovany
5) Rouchovany -> Tvarožná -> Olomouc -> Adamov -> Brno -> Rouchovany

Zdroj: vlastní zpracování

Po předchozím porovnání počtu a podoby tras (tab. 72) byly shrnuty výsledné hodnoty původního řešení a nových tras z pohledu časového, nákladového a ujetých kilometrů v tabulce 73. Následně je v tabulce 74 provedeno porovnání výsledných hodnot a je vyhodnocen ekonomický vliv zařazení nových tras do logistiky firmy.

**Tabulka 73: Výsledné hodnoty původního a nového řešení**

Původní řešení				Nové řešení			
Okruh	Směna	Km	Kč	Okruh	Směna	Km	Kč
I.	11:42:00	723	11 568,0 Kč	I.	11:42:00	723	11 568 Kč
II.	10:39:00	567,1	9 073,6 Kč	II.	10:40:00	566,1	10 756 Kč
III.	8:59:00	440,1	7 041,6 Kč	III.	10:27:00	389,2	7 395 Kč
IV.	9:42:00	350,4	5 606,4 Kč	IV.	11:53:00	386,4	7 342 Kč
V.	7:47:00	385,9	6 174,4 Kč	V.	9:10:00	302,9	5 755 Kč
VI.	9:33:00	377	6 032,0 Kč				
VII.	6:45:00	269,3	4 308,8 Kč				
VIII.	5:03:00	144,9	1 883,7 Kč				
Celkem	70:10:00	3257,7	51 688,5 Kč	Celkem	53:52:00	2367,6	42 816 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

**Tabulka 74: Přínosy nového řešení**

Porovnání nového a původního řešení		
Získaná časová úspora		16 hodin 18 minut
Pokles celkových najetých kilometrů		890,1 km
Pokles celkových nákladů při realizaci nových tras		8 872,50 Kč
Možná úspora za rok (při realizaci daného svozu každý měsíc)		106 470 Kč
Výsledky VZZ (výkaz zisku a ztrát), při realizaci původního řešení		
A1	Výsledek hospodaření před zdaněním	2 695 000 Kč
B1	Daň z příjmů za běžnou činnost	514 000 Kč
C1	Výsledek hospodaření za účetní období (A1-B1)	2 181 000 Kč
D1	Průměrný ČZ za měsíc (C1/12)	181 750 Kč
Výsledky VZZ (výkaz zisku a ztrát), při realizaci nového řešení		
A2	Výsledek hospodaření před zdaněním	2 801 470 Kč
B2	Daň z příjmů za běžnou činnost	534 306 Kč
C2	Výsledek hospodaření za účetní období (A2-B2)	2 267 164 Kč
D2	Průměrný ČZ za měsíc (C2/12)	188 930 Kč
Přínosy realizace nového řešení		
Získaný průměrný ČZ za měsíc (D2-D1)		7 180 Kč
Získaný ČZ za rok (C2-C1)		86 164 Kč

Zdroj: vlastní zpracování na základě firemních informací

Návrhem nových okružních tras došlo ke snížení měsíčních nákladů o **8 872,5 Kč**. Pokud by firma nové trasy realizovala každý měsíc, zvýšila by svůj průměrný

měsíční čistý zisk o 7 180 Kč. Tato částka představuje odhad na základě výkazu zisku a ztrát firmy Expedience, s.r.o. za minulé účetní období 2015 (Příloha D). Vzniklý zisk by bylo možné využít k dalšímu rozvoji společnosti, nebo například k tvorbě rezerv na budoucí výdaje, které s vysokou pravděpodobností v budoucnu nastanou (opravy dlouhodobého majetku, důchody, daň z příjmů, pokuty, záruční opravy apod.).

Časovou úsporou přes 16 hodin by firma ušetřila nejméně jednu směnu řidiče, kterou by mohla využít na jiné práce. Tím by bylo také sníženo riziko, že v případě větší potřeby na přepravu bude muset firma využít služeb externího dopravce, což by představovalo zvýšení finančních nákladů. Je tedy zřejmé, že úspora času může pro firmu představovat další snížení nákladů, které nyní nelze přesně vyčíslit.

V kapitole 4.4.3 bylo uvedeno, že součástí pořízení nového nákladního vozu byl i kompatibilní vlek, který v současné době není příliš využíván, protože firma zatím přesně nenaplánovala, v jakých situacích by bylo jeho zařazení výhodné. Zařazením vleku do nového řešení došlo k razantnímu snížení ujetých kilometrů a i přes vyšší sazby za ujetý kilometr vznikla významná úspora. To poukazuje na důležitost správné volby dopravního prostředku pro konkrétní obsluhu.

Daná firma uvedla, že pořizovací cena nového vleku činila 298 000 Kč. Na základě vypočtené úspory lze vypočítat průměrnou dobu návratnosti této investice. Je však nutné brát v potaz, že vypočtené doby návratnosti nebude dosaženo pouze razantním zařazením vleku do nového řešení, ale i použitím daných metod a testováním různých variant lišících se použitým dopravním prostředkem. Vypočtená hodnota bude dalším relevantním ukazatelem přínosu nového řešení.

Výpočet bude proveden pomocí vzorce:

$$t = \frac{C_o}{\emptyset CF}, \quad (11)$$

kde  $t$  = průměrná doba návratnosti,  $\emptyset CF$  = roční úspora nákladů a  $C_o$  = investiční výdaj (Mamagementmania.cz, 2016).

$$\text{Tedy, } t = \frac{298\,000}{106\,470} = 2,799$$

Průměrná doba návratnosti investice činí 2 roky a přibližně 9 měsíců.

Tabulka 75: Doporučené řešení pro firmu

I. okruh pomoci vozu DAF LF 45.220 bez vleku													
Čas		3:42	0:45	0:40	0:45	0:28	0:45	2:52					
Trasa	Sklad	->	Planá	->	Plzeň	->	Mýto	->	Sklad				
Zboží			5 sl. Magnum		5 sl. Magnum		8 sl. GTB						
II. okruh pomoci vozu DAF LF 45.220 s vlekem													
Čas		2:59	0:45	0:25	0:45	1:02	0:45	2:14					
Trasa	Sklad	->	Rakovník	->	Kolešov	->	Praha	->	Sklad				
Zboží			6 sl. Magnum		7 sl. GTB		11 sl. KTP 7						
III. okruh pomoci vozu DAF LF 45.220 s vlekem													
Čas		1:54	0:45	0:25	0:45	0:10	0:45	0:18	0:45	0:31	0:45	1:39	
Trasa	Sklad	->	Drahotuše	->	N. Jičín	->	Kunín	->	Polom	->	Olomouc	->	Sklad
Zboží			4 sl. KTP 8		15 sl. KLT		3 sl. KLT + 3 sl. GTB		5 sl. KLT		4 sl. GTB		
IV. okruh pomoci vozu DAF LF 45.220 s vlekem													
Čas		0:51	0:45	0:09	0:45	2:10	0:45	0:31	0:45	1:21	0:45	1:21	
Trasa	Sklad	->	Brno	->	Ostrovačice	->	Hradec Králové	->	Dražkovice	->	Jihlava	->	Sklad
Zboží			6 sl. Mars		9 sl. GTB		8 sl. GTB		5 sl. KTP 8		6 sl. GTB		
V. okruh pomoci vozu DAF LF 45.220 s vlekem													
Čas		1:00	0:45	0:45	0:45	1:14	0:45	0:35	0:45	0:51			
Trasa	Sklad	->	Tvarožná	->	Olomouc	->	Adamov	->	Brno	->	Sklad		
Zboží			8 sl. Mars		3 sl. KTP 8		10 sl. GTB		4 sl. Mars				

Zdroj: vlastní zpracování

V tabulce 75 a v níže uvedeném komentáři je prováděn krok 6 z metodiky práce.

Doporučeno bude navrhnuté řešení (tab. 75), které firmě poskytuje podrobný popis okruhů, na základě kterého bude přesně sděleno řidiči, jaká místa má v daném okruhu obsloužit, v jakém pořadí, jakým dopravním prostředkem a jak velké množství zboží může na daných zastávkách naložit, aby nedošlo k přetěžování vozidla. K dispozici je i časový harmonogram každého okruhu, podle kterého by měl řidič kontrolovat, zda časový plán splňuje. Pokud dojde k neočekávané situaci, narušující časový plán, bude s největší pravděpodobností nutné okruh zkrátit a firma bude muset řešit vzniklý problém individuálně. Firma by měla dané okruhy zakomponovat k ostatním prováděným okruhům tak, aby nebyl řidič v daném týdnu přetěžován a aby jeho pracovní doba nebyla v rozporu se zákonem (§ 78 a § 79 ZP).

Firmě bude také doporučeno hledání dalších přípustných řešení, například v problémech s rozvozem k některým zákazníkům, ale i v jiných problémech, vyznačujících se svým dlouhodobým charakterem. K tomu firma může využít program TSPKOSA a stejné matematické metody, využity v této práci, nebo i jiný software zahrnující všechna podstatná kritéria a při plánování okruhů usnadňující ruční práci. Součástí doporučení bude i zvažování výhodnosti použití všech dostupných dopravních prostředků pro obsluhu konkrétních úseků, což se pozitivně projevilo i v praktické aplikaci práce. Tím je myšleno zejména použití vleku, jehož využití zatím firma přesně nenaplánovala (uvedeno v kapitole 4.4.3).

Kromě plánování opakovaně prováděných okruhů může firma doporučené matematické metody a programovou podporu TSPKOSA využít i v konkrétních situacích, kdy je potřeba jednorázově naplánovat jeden nebo více okruhů.



## 7 Závěr

Hlavním cílem práce bylo zlepšit nákladové a časové charakteristiky dopravy, kterou realizuje firma Expedience, s.r.o.

K naplnění cíle bylo nutné splnit dva dílčí cíle. První spočíval ve výběru vhodných okruhů, které firma Expedience, s.r.o. využívá při svozu nebo rozvozu zboží. Tohoto cíle bylo dosaženo na počátku praktické části, kde byl na základě popisu podnikové dopravy vybrán problém se svozem od 18 dodavatelů. Důvodem výběru byla opakovatelnost tohoto svozu, který daná firma realizuje každý měsíc pomocí několika okruhů. Výběr takového dopravního problému byl velmi důležitý pro opakovatelnou aplikaci danou firmou.

Druhý dílčí cíl spočíval ve využití matematických metod a dostupných dopravních prostředků za účelem sestavení nových okruhů, které by byly v porovnání s původním řešením vybraného dopravního problému finančně méně nákladné. Podstatou bylo doporučit dané firmě přehledně strukturované řešení, které by mohla v praxi opakovaně využívat. Ke splnění druhého cíle byla využita Mayerova metoda a také metody pro řešení okružního dopravního problému (Vogelova aproximační metoda, Metoda mezí a větví, Metoda nejbližšího souseda). Využity byly také všechny dostupné dopravní prostředky. Novým řešením došlo k redukci původních 8 okruhů na 5 a celkový počet najetých kilometrů poklesl z 3 257,7 km na 2 367,6 km. Došlo také k poklesu časové náročnosti na obsluhu všech 18 dodavatelů, z původních 70 hodin na necelých 54 hodin. Celkové náklady na realizaci daného svozu byly sníženy z 51 688,5 Kč na 42 816 Kč, čímž vznikla úspora nákladů 8 872 Kč. Za předpokladu, že by daná firma realizovala nově navržené okruhy každý měsíc, dosáhla by tak nárůstu čistého zisku, průměrně o 7 180 Kč za měsíc, nebo o 86 144 Kč ročně. Získaný zisk by bylo možné ukládat do rezerv na předpokládané výdaje nebo použít do dalšího rozvoje společnosti. Vypočtením těchto úspor došlo ke splnění druhého dílčího cíle a tedy k naplnění hlavního cíle práce. Z toho důvodu bylo v kapitole 6 provedeno doporučení v podobě strukturované tabulky a krátkého komentáře.

Užité matematické metody, včetně programových podpor mohou pomoci snižovat náklady zejména malým firmám, které nedisponují logistickým softwarem tak často, jako střední a velké logistické společnosti. Pokud se jakákoliv firma nedisponující propracovaným softwarem smíří s vyšší náročností na ruční výpočet, může

s relativně nízkými náklady dosahovat významných úspor, jejichž význam v důsledku stále se rozvíjejícího trhu razantně roste.

## 8 Seznam použitých zdrojů

### Odborná literatura

DEMEL, Jiří, 2002. *Grafy a jejich aplikace*. Praha: Academia. 258 s. ISBN 80-200-0990-6.

DRAHOTSKÝ, Ivo a kol., 2003. *Logistika procesy a jejich řízení*. Brno: Vydavatelství a nakladatelství Computer Press. 334 s. ISBN 80-7226-521-0.

FÁBRY, Jan, 2011. *Matematické modelování*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing. 180 s. ISBN 978-80-7431-066-9.

GROS, Ivan, 1996. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT. 228 s. ISBN 80-7080-262-6.

HOBZA, Milan a kol., 2002. *Logistika*. Hradec Králové: GAUDEAMUS. 161 s. ISBN 80-7041-053-1.

JABLONSKÝ, Josef, 2002. *Operační výzkum*. 2. vyd. Praha: Professional publishing. 323 s. ISBN 80-86419-23-1.

KOSKOVÁ, Ivanka, 2007. *Distribuční úlohy I*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. 48 s. ISBN 978-80-213-1156-5.

KŘEŠŤAN, Vladimír a kol., 2007. *Základy logistiky*. Jihlava: Vysoká škola polytechnická Jihlava. 120 s. ISBN 978-80-87035-08-5.

LAGOVÁ, Milada a kol., 2004. *Lineární modely*. Praha: Nakladatelství VŠE. 286 s. ISBN 80-245-0816-8.

LAMBERT, Douglas a kol., 2000. *Logistika*. 2. vyd. Praha: Vydavatelství a nakladatelství Computer Press. 589 s. ISBN 80-7226-221-1.

LAMBERT, Douglas a kol., 2005. *Logistika*. 2. vyd. Brno: Vydavatelství a nakladatelství Computer Press. 589 s. ISBN 80-251-0504-0.

LUKOSZOVÁ, Xenie, 2012. *Logistické technologie v dodavatelském řetězci*. 1. vyd. Praha: Ekopress. 124 s. ISBN 978-80-86929-89-7.

LUKOSZOVÁ, Xenie, 2004. *Nákup a jeho řízení*. Praha: ASPI. 182 s. ISBN 978-80-86929-89-7.

PASTOR, Oto a kol., 2007. *Teorie dopravních systémů*. Praha: ASPI. 307 s. ISBN 978-80-7357-285-3.

PELIKÁN, Jan, 2001. *Praktikum z operačního výzkumu*. Praha: Professional Publusing. 163 s. ISBN 80-86419-17-7.

PELIKÁN, Jan, 1992. *Diskrétní modely v operačním výzkumu*. 1. vyd. Praha: Professional Publusing. 163 s. ISBN 80-7079-135-7.

PERNICA, Petr, 1998. *Logistika aktivní prvky*. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze. 345 s. ISBN 80-7079-808-4.

SIXTA, Josef a kol., 2005. *Logistika teorie a praxe*. Brno: Vydavatelství a nakladatelství Copmuter Press. 318 s. ISBN 80-251-0573-3.

SIXTA, Josef a kol., 2009. *Logistika používané metody*. Brno: Vydavatelství a nakladatelství Computer Press. 240 s. ISBN 978-80-251-2563-2.

Svoboda, Vladimír, 2006. *Doprava jako součást logistických systémů*. Praha: Radix. 238 s. ISBN 80-86031-68-3.

ŠUBRT, Tomáš a kol., 2011. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. 351 s. ISBN 978-80-7380-345-2.

ZÍSKAL, Jan a kol., 2000. *Ekonomicko-matematické metody II*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. 191 s. ISBN 80-213-0664-5.

### **Internetové zdroje**

Český statistický úřad. *Doprava a skladování* [online]. (xlsx). [cit. 2016-06-23]. Dostupné z WWW:

<https://www.czso.cz/documents/10180/32961904/dicvfucr06231601.xlsx/e6b76777-bbfc-4261-9b20-469beca9e675?version=1.1>

Český statistický úřad. *Silniční nákladní doprava a stěhovací služby* [online]. (xlsx). [cit.2016-06-23]. Dostupné z WWW:

[https://www.czso.cz/documents/10180/32961904/dicvfucr062316\\_05.xlsx/58ce668b-ac36-4175-800a-fd0ca2457fd2?version=1.1](https://www.czso.cz/documents/10180/32961904/dicvfucr062316_05.xlsx/58ce668b-ac36-4175-800a-fd0ca2457fd2?version=1.1)

ManagementMania. *Průměrná doba návratnosti* [online]. [cit. 2016-11-09]. Dostupné z WWW: <https://managementmania.com/cs/prumerna-doba-navratnosti>

Seznam, Smapy. *Plánování trasy* [online]. [cit. 2016-10-25]. Dostupné z WWW:  
<https://mapy.cz/zakladni?planovani-trasy&x=15.8815000&y=49.2106020&z=11>

## **9 Přílohy**

### **Seznam příloh**

Příloha A: varianta 1 .....	102
Příloha B: varianta 2 .....	103
Příloha C: varianta 2 .....	104
Příloha D: VZZ 2015 .....	106

### Příloha A: varianta 1

V této variantě bude obslužen Adamov (10 sloupců, 2550 kg), dále Brno (3 sloupce, 975 kg), Ostrovačice (9 sloupců, 2295 kg) a nakonec Jihlava (1 sloupec, 255 kg). Tím budou obsluženy všechny zbylé zastávky s tím, že nebude překročena některá z kapacit (tab. 76).

**Tabulka 76: Kapacitní kontrola**

Kapacitní kontrola				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
23	6075	5:11:00	3:45:00	8:56:00

Zdroj: vlastní zpracování

Po zařazení konkrétních zastávek do VII. okruhu, budou pomocí TSPKOSY vypočteny 3 metody, které poskytnou řešení daného okružního dopravního problému (tab. 77).

**Tabulka 77: TSPKOSA**

Výpočet TSPKOSA	Km
<b><i>Původní trasa</i></b>	246,8
Rouchovany -> Adamov -> Brno -> Ostrovačice -> Jihlava -> Rouchovany	
<b><i>Metoda nejbližšího souseda</i></b>	246,8
Rouchovany -> Adamov -> Brno -> Ostrovačice -> Jihlava -> Rouchovany	
<b><i>Vogelova aproximační metoda</i></b>	246,8
Rouchovany -> Adamov -> Brno -> Ostrovačice -> Jihlava -> Rouchovany	
<b><i>Metoda mezi a větví</i></b>	246,8
Rouchovany -> Adamov -> Brno -> Ostrovačice -> Jihlava -> Rouchovany	

Zdroj: vlastní zpracování pomocí programu TSPKOSA

Řešení jednotlivých metod poukazují na to, že oproti pořadí, které bylo určeno Mayerovou metodou, nedošlo ke změně.

**Tabulka 78: Výsledné řešení**

VI. okruh				
Rouchovany -> Adamov -> Brno -> Ostrovačice -> Jihlava -> Rouchovany				
1) Pohyby	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouchovany - Adamov	71	10	2550	1:22:00
Adamov - Brno	26,8	3	975	0:35:00
Brno - Ostrovačice	14	9	2295	0:09:00
Ostrovačice - Jihlava	74	1	255	0:44:00
Jihlava - Rouchovany	61	-	-	1:21:00
2) Nakládky + pauza + rezerva	-	-	-	-
Nakládka v Adamově	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Brně	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Ostrovačicích	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Jihlavě	-	-	-	0:45:00
Povinná pauza	-	-	-	0:45:00
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>246,8</b>	<b>23</b>	<b>6075</b>	<b>8:56:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování

Celkové finanční náklady této možnosti vychází na **4 689 Kč**.

**Příloha B: varianta 2**

Tímto okruhem bude nejprve obslužen Adamov (10 sloupců, 2550 kg) a Brno (3 sloupce, 975 kg).

**Tabulka 79: Kapacitní kontrola**

Kapacitní kontrola				
Objem (sloupce)	Váha (kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
13	3525	3:48:00	1:30:00	5:18:00

Zdroj: vlastní zpracování

Vzhledem k volným kapacitám (tab. 79) by ještě bylo možné provést zastávku v Ostrovačicích, ale vzhledem k tomu, že by zde nebyl splněn celý požadavek 9 sloupců, 2295 kg, nebude tato zastávka vykonána. Zastávka v Ostrovačicích může být obslužena v posledním okruhu společně se zastávkou v Jihlavě.

Pořadí projetých míst, se zde řešit nemusí, protože 2 zařazené zastávky mohou být projety pouze jedním nebo opačným směrem.



**Tabulka 80: Výsledné řešení**

VII. okruh				
Rouhovany -> Adamov -> Brno -> Rouhovany				
1) Pohyby	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouhovany - Adamov	71	10	2550	1:22:00
Adamov - Brno	26,8	3	975	0:35:00
Brno - Rouhovany	47,1	-	-	0:51:00
2) Nakládky + pauza + rezerva	-	-	-	-
Nakládka v Adamově	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Brně	-	-	-	0:45:00
Jízda < 4,5 h = není nutná pauza	-	-	-	-
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>144,9</b>	<b>13</b>	<b>3525</b>	<b>5:18:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování

Celkové finanční náklady této možnosti vychází na **2 318 Kč**.

### Příloha C: varianta 2

Navazujícím okruhem budou obslouženy Ostrovačice (9 sloupců, 2295 kg) a Jihlava (1 sloupec, 255 kg). Tím budou všechny požadované zastávky obslouženy, přičemž nebude překročena žádná z kapacit (tab. 81).

**Tabulka 81: Kapacitní kontrola**

Kapacitní kontrola				
Objem (Sloupce)	Váha (Kg)	Čas jízdy	Nakládky + pauza	Denní směna
10	2550	3:51:00	1:30:00	5:21:00

Zdroj: vlastní zpracování

Pořadí projetych míst, se zde řešit nemusí, protože 2 zařazené zastávky mohou být projety pouze jedním nebo opačným směrem.

**Tabulka 82: Výsledné řešení**

VII. okruh				
Rouchovany -> Adamov -> Brno -> Rouchovany				
<b>1) Pohyby</b>	Najeté km	Počet sloupců	Váha	Celkový čas
Rouchovany - Jihlava	61	1	255	1:21:00
Jihlava - Ostrovačice	74	9	2295	0:44:00
Ostrovačice - Rouchovany	38,1	-	-	0:46:00
<b>2) Nakládky + pauza + rezerva</b>	-	-	-	-
Nakládka v Jihlavě	-	-	-	0:45:00
Nakládka v Ostrovačicích	-	-	-	0:45:00
Jízda < 4,5 h = není nutná pauza	-	-	-	-
Hodinová rezerva na dopravu	-	-	-	1:00:00
<b>Celkem</b>	<b>173,1</b>	<b>10</b>	<b>2550</b>	<b>5:21:00</b>

Zdroj: vlastní zpracování

Celkové finanční náklady této možnosti vychází na **2 250 Kč**.

Celkové finanční náklady varianty 2 činí **4 568 Kč** (2250 + 2318).

## Příloha D: VZZ 2015

Upozornění: Opis pouze pro potřebu poplatníka ke kontrole elektronicky odeslaných údajů, nelze jej použít jako součást účetní závěrky, bude-li přiznání podáváno v listinné podobě.

Daňový subjekt:	EXPEDIENCE s.r.o.
IČ / DIČ:	CZ28321278
Sídlo účetní jednotky:	Mlýnská 326/13, 60200 BRNO-STŘED

Vybrané údaje z Výkazu zisku a ztráty pro podnikatele - druhové členění, ve zjednodušeném rozsahu ke dni 31.12.2015  
(v celých tisících Kč)

	Název položky	běžné účetní období	mimulé účetní období
		1	2
I.	Tržby za prodej zboží	59690	24828
A.	Náklady vynaložené na prodané zboží	55081	24682
+	Obchodní marže	4609	146
II.	Výkony	25432	11944
B.	Výkonová spotřeba	16990	7693
+	Přidaná hodnota	13051	4397
C.	Osobní náklady	6346	2983
D.	Daně a poplatky	2730	1156
E.	Odpisy dlouhodobého nehmotného a hmotného majetku	2235	638
III.	Tržby z prodeje dlouhodobého majetku a materiálu	35	
F.	Zůstatková cena prodaného dlouhodobého majetku a materiálu	83	
G.	Změna stavu rezerv a opravných položek v provozní oblasti a komplexních nákladů příštích období		
IV.	Ostatní provozní výnosy	791	230
H.	Ostatní provozní náklady	39	
V.	Převod provozních výnosů		
I.	Převod provozních nákladů		
*	Provozní výsledek hospodaření	2444	-150
VI.	Tržby z prodeje cenných papírů a podílů		
J.	Prodané cenné papíry a podíly		
VII.	Výnosy z dlouhodobého finančního majetku		
VIII.	Výnosy z krátkodobého finančního majetku		
K.	Náklady z finančního majetku		
IX.	Výnosy z přecenění cenných papírů a derivátů		
L.	Náklady z přecenění cenných papírů a derivátů		
M.	Změna stavu rezerv a opravných položek ve finanční oblasti		
X.	Výnosové úroky		
N.	Nákladové úroky	69	2
XI.	Ostatní finanční výnosy	537	646
O.	Ostatní finanční náklady	217	84
XII.	Převod finančních výnosů		
P.	Převod finančních nákladů		
*	Finanční výsledek hospodaření	251	560
Q.	Daň z příjmů za běžnou činnost	514	40
**	Výsledek hospodaření za běžnou činnost	2181	370
XIII.	Mimořádné výnosy		
R.	Mimořádné náklady		
S.	Daň z příjmů z mimořádné činnosti		
*	Mimořádný výsledek hospodaření		
T.	Převod podílu na výsledku hospodaření společníkům (+/-)		
***	Výsledek hospodaření za účetní období (+/-)	2181	370
****	Výsledek hospodaření před zdaněním	2695	410

Obrázek 8: VZZ 2015

Zdroj: Interní informace firmy Expedience, s.r.o.