



# Optimalizace dopravních tras v logistickém podniku

## Diplomová práce

*Studijní program:* N3957 – Průmyslové inženýrství  
*Studijní obor:* 3901T073 – Produktové inženýrství  
*Autor práce:* **Bc. Miroslav Vondra**  
*Vedoucí práce:* doc. Dr. Ing. František Manlig





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Textile Engineering ■

# The optimization of truck routes in logistic company

## Diploma thesis

*Study programme:* N3957 – Industrial Engineering  
*Study branch:* 3901T073 – Product Engineering

*Author:* **Bc. Miroslav Vondra**  
*Supervisor:* doc. Dr. Ing. František Manlig



Tento list nahradte  
originálem zadání.

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

## **Poděkování**

Je mou milou povinností poděkovat pracovníkům FT a FS za cenné rady a připomínky týkající se mé diplomové práce, pomoc při zpracování a metodické vedení. Zejména bych rád vyjádřil poděkování vedoucímu mé diplomové práce, panu doc. Dr. Ing. Františkovi Manligovi, a konzultantům paní doc. Ing. Ludmile Fridrichové, Ph.D a panu Ing. Františkovi Koblasovi.

## **Abstrakt**

Cílem této diplomové práce je optimalizovat přepravní trasy, kterými logistický podnik dopravuje zboží do odběratelských míst. Optimalizace se provádí zejména s ohledem na snížení spotřeby pohonných hmot a s tím související minimalizace finančních nákladů logistického podniku. V prvních kapitolách diplomové práce je uveden širší kontext fungování logistické společnosti. Je zde zmíněn vozový park, kterým firma disponuje a služby, které nabízí. S těmito informacemi je pak dále pracováno, zejména v praktické části, kde je navrhováno výsledné řešení optimalizace. Praktická část diplomové práce je zaměřena na konkrétní případy z praxe logistické společnosti, a to na trasy distribuční a celovozové. Optimalizace distribučních tras je provedena pomocí postupných matematických operací, které vedou ke snížení kilometrové vzdálenosti. V diplomové práci byly řešeny dopravní situace, které jsou v odborné literatuře nazývány dopravní problém a distribuční problém obchodního cestujícího. Na jejich řešení byly využity metody dle Littla, dle Clarka-Wrighta a Vogelova aproximační metoda. Optimalizace celovozových tras je zaměřena hlavně na příčiny kilometrů, které vozidlo ujelo bez nákladu, a jejich minimalizaci. Porovnává se zde poměr celkových ujetých kilometrů a kilometrů bez nákladu. Vozidla, jejichž pracovní výkony vykazují kritické hodnoty, jsou následně podrobně zkoumána. Příčiny se identifikují, a je zde navrženo řešení, které snižuje procento prázdných kilometrů na nezbytně nutný počet. V diplomové práci jsou také zmíněny možnosti využití informačních a komunikačních technologií ve vztahu k úspoře pohonných hmot. Jedná se především o pokročilé sledovací systémy GPS, jejichž funkce monitoruje nejen aktuální polohu vozidla, ale také např. vyhodnocuje jízdu řidiče z ekonomického hlediska. Pro prezentaci výsledků jsou v diplomové práci použity především grafy, které porovnávají vybrané klíčové vlastnosti (kilometrová náročnost, finanční zátěž) před optimalizací a stav po optimalizaci.

## **Klíčová slova**

Optimalizace, logistický podnik, plánování dopravních tras, úspora pohonných hmot, GPS

## **Abstract**

The main goal of this thesis is focused on the optimization of the truck routes in the logistic company. The main function of the truck routes is goods delivery by trucks. The aim of the optimization is to reduce the fuel consumption of the trucks and mainly the reduction of the financial cost for the transporting. At the beginning of the diploma thesis is explanation how the logistic company works and which services could be offered. Also there are noticed what kind of truck the logistic company get. This information is very useful in a practical part of the thesis, where the particular solution of the optimization is designed. The practical part of the thesis is focused on the distribution routes and the full load routes. The optimization of the distribution routes is solved by sophisticated mathematical operation which leads to the distance reduction. The diploma thesis is solving traffic situation, which are called the Travelling Salesman Problem and the Transportation Problem by technical literature sources. These distribution problems are solved by Little's method, Clark-Wright's method and Vogel's approximation method. The optimization of the full load routes is mainly focused on the cause of the distances which was driven without any load and also how to minimize it. The root of this is laying in a draw a comparison between overall driven distance and distance without load. The resulting value is a critical limit and all vehicles which are below this point will be more examined. The causes are identified and the solution is designed in order to reduce the distance without any load. The diploma thesis is also conducting a survey of using an informational and communication technology in order to minimize the fuel consumption. Primarily there is written about advanced tracking systems GPS which is designed not only for the monitoring the truck position in real time, but also there are some function could be useful for the evaluation of the driver's economical ride skills. The overall results of the optimization are presented by diagrams, which showed the comparison between the situation before and after optimization process. There are mainly shown the key attributes like financial costs and driven distances.

## **Keywords**

Optimization, logistic company, traffic routes planning, fuel consumption, GPS

## Obsah

1. Úvod .....	11
2. Logistický podnik .....	13
3. Doprava .....	15
3.1. Přepřavované zboží .....	16
3.2. Silniční nákladní doprava .....	16
3.2.1. Vnitrostátní/ mezinárodní nákladní doprava .....	18
3.2.2. Kusová/ celovozová/ distribuční nákladní doprava .....	18
3.2.3. Základní druhy nákladních prostředků .....	20
3.2.4. Pracovní režim řidičů .....	22
4. Analýza stávajícího logistického systému dopravní firmy .....	23
4.1. Vozový park dopravní firmy .....	24
4.2. Portfolio nabízených služeb dopravní firmy .....	25
4.2.1. Dopravní služby .....	26
4.2.2. Spediční služby .....	26
4.2.3. Skladování .....	27
5. Minimalizace nákladů na přepravu .....	29
5.1. Optimalizace dopravních tras .....	29
5.1.1. Obecné řešení optimalizace celovozových zásilek .....	29
5.1.2. Obecné řešení optimalizace distribučních přeprav .....	30
5.2. Způsoby monitorování flotily vozidel pomocí informačních a komunikačních technologií .....	36
6. Optimalizace celovozových zásilek .....	40
6.1. Analýza stávajícího stavu celovozových zásilek .....	40
6.2. Optimalizace .....	43
6.3. Závěrečné zhodnocení .....	45
7. Optimalizace rozvozových tras .....	47
7.1. Distribuční trasa A .....	47
7.1.1. Analýza stávajícího stavu distribuční trasy A .....	47
7.1.2. Optimalizace .....	48
7.1.3. Závěrečné zhodnocení .....	51
7.2. Distribuční trasa B .....	53
7.2.1. Analýza stávajícího stavu distribuční trasy B .....	53



7.2.2. Optimalizace .....	54
7.2.3. Závěrečné zhodnocení .....	58
7.3. Distribuční trasa C .....	60
7.3.1. Analýza stávajícího stavu distribuční trasy C .....	60
7.3.2. Optimalizace .....	62
7.3.3. Závěrečné zhodnocení .....	64
8. Výsledky a diskuze .....	69
9. Závěr .....	73
Použitá literatura .....	75

## Seznam zkratek

- ČR Česká republika
- EU Evropská unie
- SRN Spolková republika Německo
- DP Diplomová práce
- ADR Accord Dangereuses Route , přeprava nebezpečných věcí
- Ldm Ložný metr
- GB Great Britain, Velká Británie
- AETR Accord Européen Sûr les Transports Routiers, Evropská dohoda o práci osádek vozidel v mezinárodní silniční dopravě
- FTL Full Truck Load , celovozová zásilka
- LTL Less then Truck Load , sběrná služba, kusové zásilky
- JIT Just in Time, plánování výroby s minimálními skladovými zásobami
- LCL Less then Container Load, kontejnerová kusová přeprava
- FCL Full Container Load, celovozová kontejnerová přeprava
- VAM Vogel Approximation Method, Vogelova aproximační metoda
- GPS Global Positioning System, Globální polohovací system
- SMS Short Message Service, Služba krátkých textových zpráv
- PH Pohonné hmoty
- RZ Registrační značka
- SPZ Státní poznávací značka

## 1. Úvod

Náplní diplomové práce je optimalizace přepravních tras u konkrétní logistické firmy. Existuje několik typů přepravních tras, od rozvozových, kde vozidlo obsahuje několik zásilek a musí obsloužit více zákazníků až po celovozové, které jsou určeny pro jednoho zákazníka. Všechny přepravy však spojuje jeden společný jmenovatel, a to dopravní trasa. Vhodně zvolená dopravní trasa hraje klíčovou roli ve výsledné ceně za přepravu. Díky husté silniční síti má řidič mnoho možností, jakou cestu zvolit, aby se dostal do cíle.

Plánování dopravních tras je v plné kompetenci dispečerského pracovníka. V současné chvíli v dopravním podniku probíhá toto plánování intuitivně a na základě předchozích zkušeností. Dopravní firma se tak rozhodla své pravidelné přepravní linky podrobit optimalizačním metodám a zároveň aplikovat na svá vozidla telematické systémy, které mají optimalizaci ještě zefektivnit.

Existuje několik zásadních důvodů, proč k optimalizaci přistoupit.

Především se jedná o ohromnou konkurenci v oboru. Dle [1] je registrováno v ČR přes 700 000 nákladních vozidel, a jejich počet neustále stoupá. O přepravní zakázky se ve výběrových řízeních utkávají desítky dopravních firem, a vyhrává ten, který nabídne nejnižší cenu. Jelikož výrobní podnik považuje náklady na přepravu zboží za plýtvání, které nepřispívá k hodnotě výrobku, tlaky na neustálé snižování cen jsou značné.

Dalším argumentem je vývoj cen mýta. Dle [2] V roce 2011 došlo v ČR o navýšení cen na mýto o 25%, v roce 2012 o dalších 25%, v roce 2015 o 10%. Trend zvyšování cen mýta platí také pro většinu zemí EU. Dále, v roce 2015 začal platit zákon o minimální mzdě pro řidiče kamiónů (8.5€) v Německu, na kterou má nárok každý řidič, který v Německu nakládá (vykládá). Po mohutných protestech zahraničních dopravních firem se o této záležitosti vede ještě debata, vývoj v této věci je v tuto chvíli značně nejistý.

Jedním z největších problémů, kterému dopravci čelí v současné době, je absolutní nedostatek řidičů. V článku [3] je uvedeno, že pozice řidič nákladní dopravy patří k těm nejméně chtěným. V červenci 2015 bylo vedeno přes 5000 volných pozic na úřadech práce. Mnoho řidičů, zejména z pohraničních oblastí, odchází za prací do SRN či Rakouska, a vykonávají tutéž pozici ale za mzdu, které nemohou tuzemské firmy konkurovat. Dopravní firmy tak nebojují pouze o zákazníka, ale také o řidiče, kterým musí nabídnout nadstandardní ohodnocení, což opět zvyšuje náklady na přepravu.

Mohlo by se zdát, že rok 2015 nahrává dopravcům, alespoň co se týče cen pohonných

hmot. Ani zde však není prostor pro optimismus a zvýšení marže z již zavedených cen za přepravu.

Cena nafty je v současné době opravdu na historickém minimu, současné hodnoty jsou na úrovni cen z roku 2009 [4]. Mnoho výrobních podniků na tuto skutečnost reagovalo požadavkem přecenění dopravních tras, či např. zavedení tzv. palivového příplatku, který reaguje na měnící se cenu ropy.

Z výše uvedeného je zřejmé, že dopravní podnik si nemůže dovolit cenu za přepravu navyšovat, a tak nezbývá než eliminovat finanční náklady při zachování či dokonce zvýšení kvality svých služeb. Tomuto cíli bude věnována tato diplomová práce.

### **Cíl diplomové práce**

Cílem diplomové práce je optimalizace tras v konkrétním podniku a tím minimalizovat náklady na dopravu. Tento cíl bude dosažen následujícími kroky:

- Návrh optimálních rozvozových tras
- Inovace v plánování celovozových zásilek
- Optimalizace efektivního využití jízdních výkonů vozidel
- Využití možností informačních a komunikačních zařízení pro zefektivnění optimalizace

## 2. Logistický podnik

V odborné literatuře se logistický podnik definuje jako specializovaná firma, která se zapojuje do logistického řetězce jako externí partner, poskytující výrobcům hmotného zboží individuální služby [5]. Individuální služby mohou být vykonávány v rámci jednoho výrobního podniku, nebo pro zajištění logistického toku na rozhraní dodavatel – zákazník.

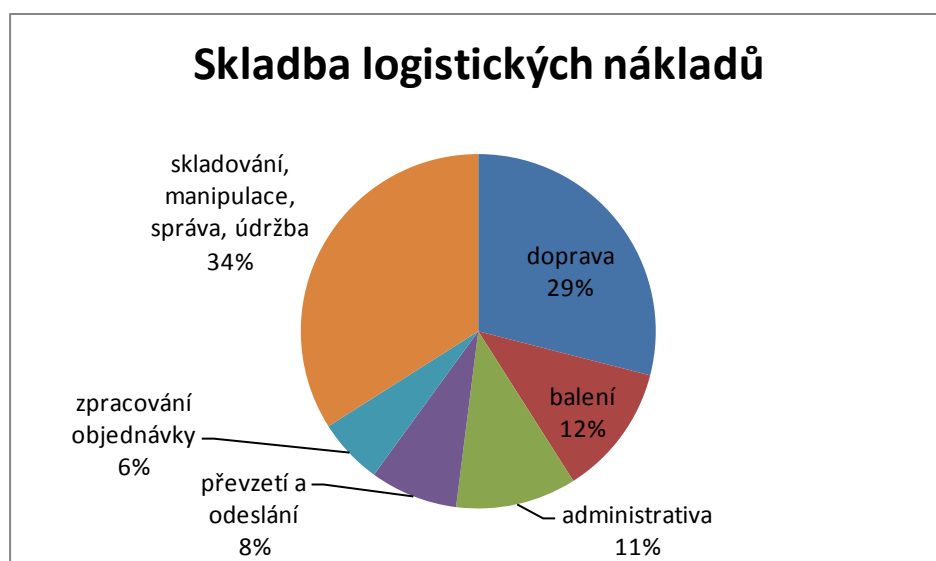
Partnerství mezi výrobcem a logistickým podnikem se nazývá outsourcing a znamená, že výrobní podnik deleguje nevýrobní operace na logistické partnery. Výrobce tak může všechnu energii směřovat pouze do operací souvisejících s výrobou.

### Služby logistického podniku

Výše zmíněné individuální služby, které logistický podnik je schopen zajistit, mohou být velmi různorodé. Od těch nejběžnějších, jako zajištění dopravy či skladování zboží až po ty netradiční, vyžadující určitou integritu logistického podniku ve výrobním procesu. Mezi takové služby patří např. navrhování a vývoj přepravních obalů či stěhování celé továrny.

Diplomová práce je zaměřena na optimalizaci dopravních tras, proto se dále bude zabývat detailněji zejména charakteristikou dopravní služby a k ní doplňkové služby.

Náklady na dopravu představují pro výrobní podnik jednu z největších položek mezi logistickými službami, jak je patrné z ilustrace č. 1.



Obrázek č. 1: Skladba logistických nákladů [5]

Z ilustrace č. 1 vyplývá, že celá třetina nákladů ze všech logistických činností připadá na dopravu. Dopravní podniky proto věnují značné úsilí na redukci těchto nákladů, tak aby cena za přepravu zboží byla zajímavá pro zákazníka, a aby obstála ve vysoce konkurenčním prostředí. Toto tvrzení potvrzuje také literární zdroj [6], který považuje snižování nákladů na dopravu jako jedno z klíčových témat, kterým nyní výrobní podniky věnují značnou pozornost.

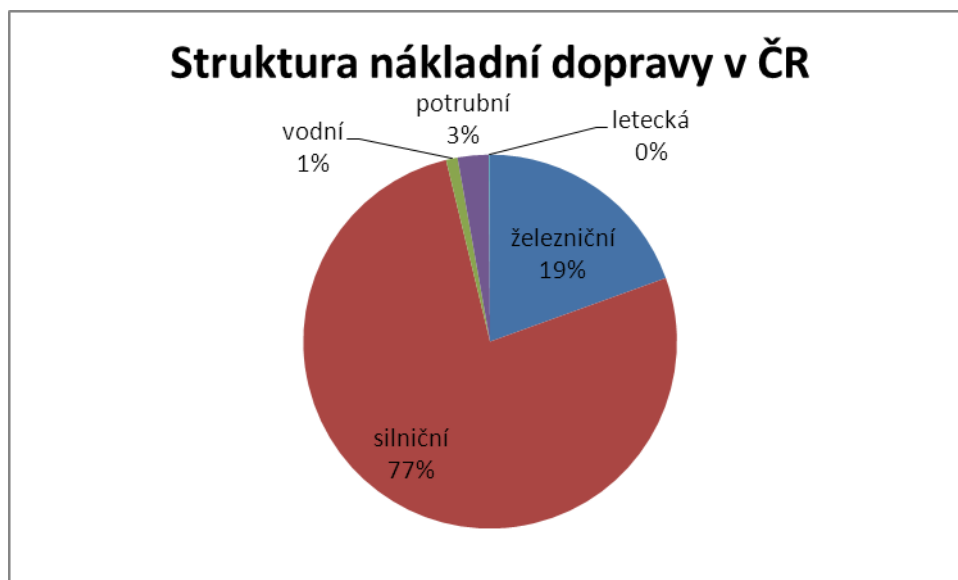
### 3. Doprava

Obecně je doprava definována jako proces přepravy zboží či osob z místa A do místa B. Např. [5] definuje dopravu jako záměrnou pohybovou činnost, která spočítá v přemístění věcí nebo osob prostřednictvím pohybu dopravních prostředků po dopravních cestách.

Odborná literatura rozděluje dopravu do různých skupin, ale nejzákladnější dělení je dle druhu dopravní cesty a používaných dopravních prostředků:

- Železniční
- Silniční
- Leteckou
- Vodní
- Potrubní

Struktura nákladní dopravy v ČR roku 2013 je znázorněna v ilustraci č. 2. Vzhledem ke geografické poloze ČR je celkové rozložení logické. Data jsou počítána v jednotkách mld.tkm, tedy tuno-kilometry vyjádřené v miliardách. Např. výkon silniční dopravy v roce 2013 byl 58.89 [mld.tkm], naproti tomu výkon letecké dopravy byl pouze 0.02 [mld.tkm].



Obrázek č. 2: Struktura nákladní dopravy v roce 2013 v ČR [7]

Ilustrace č. 2 potvrzuje také vysoce konkurenční prostředí v oboru nákladní silniční dopravy. Mimochodem, autoři publikace [8] uvedli velkou konkurenci jako jednu

z hrozeb ve své SWOT analýze pro nákladní silniční dopravu. Je tak zřejmé, že zaměření diplomové práce na optimalizaci silničních přepravních tras je velmi žádoucí, a výsledek práce může přinést také konkurenční výhodu. Z tohoto důvodu se bude dále DP více zabývat pouze silniční nákladní dopravou.

### **3.1. Přepravované zboží**

Přepravované zboží se může vyskytovat ve formě sypkých hmot, plynů, kapalin, volně loženého zboží či zboží v pevné formě. Obecně se dá konstatovat, že pro dopravce (hlavně pro ty, zajišťující dopravu v automobilovém průmyslu), není důležitý obsah zboží, ale v jakém typu obalu je zboží uchováváno, zejména jeho rozměry. Pochopitelně existují výjimky, jako např., zboží podléhající předpisům ADR (nebezpečné zboží), zboží mající vysokou pojistnou hodnotu, převoz tabákových výrobků a zbraní atd.

Rozměry obalů mohou být velice různorodé, ale vždy vycházejí ze standardních rozměrů nákladní plochy, tak, aby respektovaly efektivní rozložení po nákladní ploše prostředku. Důležitost rozměrů souvisí s optimálním rozložením nákladu na vozidle, resp. identifikování případných volných ložných metrů, což je potenciální prostor pro zefektivnění přepravního procesu. Např. Moore, T. [9] vnímá efektivní využití ložné plochy vozidla až do 100% jako jednu z posledních velkých příležitostí k minimalizaci finančních nákladů dopravních firem. Problematika přepravních obalů proto úzce souvisí s optimalizací nákladů na přepravu.

### **3.2. Silniční nákladní doprava**

Jak bylo ukázáno v úvodu, silniční automobilová doprava tvoří 77% z celkového počtu přeprav. Jedná se o dopravu velmi pružnou, schopnou reagovat v dostatečném čase na zákaznické požadavky. V porovnání s ostatními typy doprav, kromě letecké, je rychlost dodání zboží velmi vysoká. Na druhou stranu se jedná o dopravu, která je velmi závislá na počasí, lidském fakturu, dopravní i politické situaci. Někdy proto může být považována za méně spolehlivou. Z tohoto důvodu mají na dopravním trhu konkurenční výhodu ty firmy, kterým se podařilo různými metodami a procesy existující rizika identifikovat a eliminovat.

V posledních letech se také čím dál tím více řeší problematika vlivu kamionové dopravy na životní prostředí. Jedná se zejména o zvýhodnění těch vozidel, které splňují nejnovější emisní normy (EURO 6), např. menším mýtem.

Několikrát již v této DP bylo skloňováno slovo konkurence. Tlak na dopravce, resp. na



cenu dopravy, je velmi citelný a vede neustále ke snižování cen. Publikace [10] uvádí, že cena za dopravné se udává s ohledem na druh použitého vozidla, vybavení vozidla, charakteru přepravy, rychlosti dodání, zpětného vytížení atd. V praxi však platí, že největší vliv na cenu má vysoce konkurenční prostředí.

Je obecně známá pravda, že výrobní podnik na dopravu nahlíží jako na proces, který nepřidává hodnotu vyráběnému zboží. Tento pohled celkem logicky vede k tomu, že úsporná opatření jsou namířena primárně směrem k minimalizaci nákladů na dopravu.

Aby dopravce dokázal v tomto oboru existovat, a navíc si dokázal udržet přiměřený zisk, je nucen snižovat své náklady ale zároveň zachovat kvalitu svých služeb.

BOUDOVA, V. ve své DP [11] řeší náklady na 1 km těžkotonážního vozidla s výsledkem, který je uveden v ilustraci č. 3.

Obrázek č. 3: Náklady na 1 km [11]

Typ nákladu	Náklady v Kč
Tahač	2,4
Návěs	0,2
Pneumatiky	0,8
Opravy	2,5
Nafta	8
Mýto	3,5
Řidič	4
Ostatní	2,5
<b>Celkem</b>	<b>23,9</b>

Z výsledku je zřejmé, že dopravce potřebuje 23,9 Kč/km, aby pokryl své náklady. Data jsou vztažena na dopravní společnost Pavel Pospíšil s.r.o., ale dají se považovat víceméně za obecně platná. Jiný zdroj [12] uvádí náklady v hodnotě 22,9 Kč. Výsledná částka se může více změnit např. díky kolísající ceně nafty.

Dále se celková částka dá ovlivnit položkou ostatní, do které spadají drobné náklady jako např. silniční daň, náklady na telefon, tiskárnu, kancelářské zboží atp.

Obecně se tak potvrzuje nepsané pravidlo, že optimální cena za přepravu je 1 EUR/ km, tedy v dnešním kurzu 27 Kč.

Praxe však ukazuje jiné hodnoty, a při rozpočítání celkové ceny za přepravu z bodu A a zpět lze dojít běžně k ceně 23 – 25 Kč.

V kapitole 3.1., která je nazvána přepravované zboží, byla krátce zmíněna důležitost

obalů. Pro silniční nákladní dopravu, zejména v automobilovém průmyslu, se nejčastěji používají obaly ve formě europalet (120x80x100 cm), GLT boxů (120x100x100 cm), gitterboxů (124x84x100 cm). V praxi je možno se také setkat s atypickými rozměry palet (200x120x100 cm) či PSA boxy (160x115x107 cm) používané pro francouzské automobilové společnosti. V souvislosti s obaly je důležité definovat pojem stohovatelnost, který znamená možnost naložení jednotlivých obalů na sebe.

### **3.2.1. Vnitrostátní/ mezinárodní nákladní doprava**

Silniční doprava může být dělena dle územní obslužnosti na vnitrostátní a mezinárodní. Vnitrostátní doprava se zabývá přepravou věcí v rámci ČR. Klade menší nároky na osádku vozidla (jazykové schopnosti, geografická znalost, menší časová náročnost) i na dispečera (jazyková vybavenost, práce s mapou, znalost odlišných mýtných systému v zemích EU, různá omezení a výjimky v jednotlivých zemích).

Mezinárodní přeprava se zabývá zejména převozem zboží v rámci EU. V případě potřeby převést zboží mimo EU (Balkán, Rusko, Švýcarsko atd.) se v praxi spíše využívá služeb specializovaných dopravních firem, které znají tamní realie (hraniční přechody, clo, mýto, politická situace) a také díky úzkým partnerským vazbám dokáží své vozidlo vytížit zpět do ČR. Řidiči mezinárodní kamionové dopravy často pracují v tzv. turnusech, tedy v pracovních režimech, který např. může vypadat následovně: 2+2 (2 týdny jízdy v dopravním prostředku, následně 2 týdny doma) či 3+1.

### **3.2.2. Kusová/ celovozová/ distribuční nákladní doprava**

Bez ohledu na typ dopravního prostředku lze nákladní dopravu vnímat také z pohledu využití ložné plochy konkrétního vozidla.

Celovozová zásilka znamená, že dopravce má vyhrazeno celé nákladní vozidlo pro jednoho zákazníka. Zákazník platí využití celého vozidla a limitem je pouze jeho kapacita. Existují dva způsoby objednání takovéto služby. V prvním případě je již předem známo množství přepravovaného zboží, výrobní procesy jsou přímo uzpůsobené nákladní kapacitě a nákladní vozidlo z nakládky vyjíždí plně naloženo. Takovýto scénář lze využít v případě, že výrobnímu podniku se daří vyrábět dle předem daného výrobního plánu, a vyvaruje se větším zdržením a problémům.

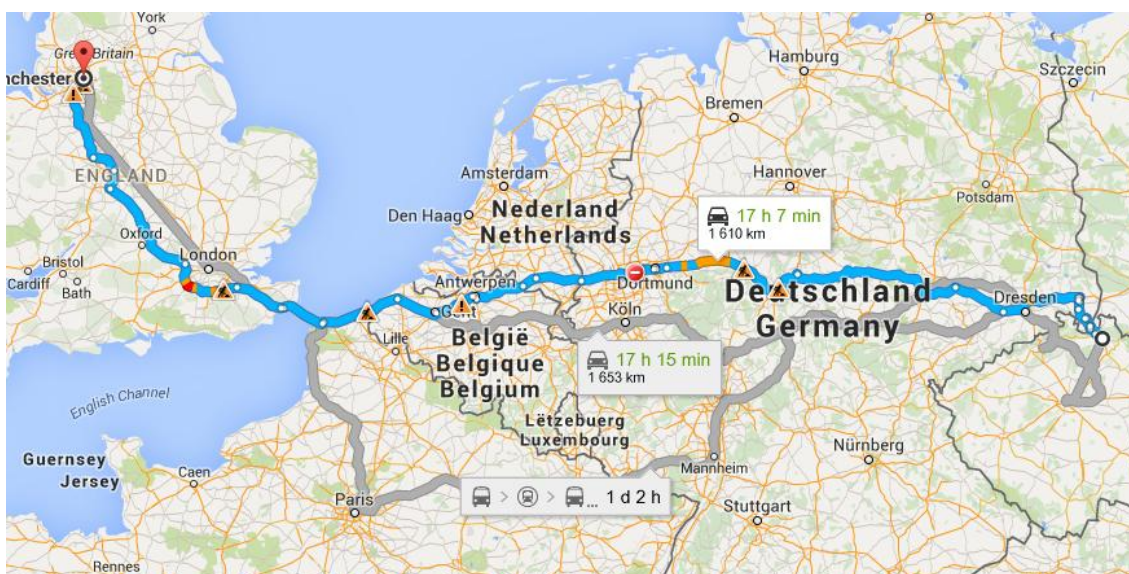
Druhý případ počítá s variantou, že před nakládkou není znám přesný počet přepravovaného zboží, zákazník hradí náklady za celé vozidlo, takže dopravce přistaví prázdný dopravní prostředek na nakládku, ale zákazník ho naplní např. pouze

z poloviny, protože více zboží nestihl, do termínu nakládky, vyrobit.

V případě kusové nákladní dopravy zákazník platí pouze za konkrétní přepravovaný náklad. Nejčastěji se zboží charakterizuje pomocí jednotek objemu, počtu přepravovaných palet, ložných metrů a odpovídající hmotnosti. Dopravce tak přijede na nakládku a má vyhrazen na nákladní ploše pouze omezený prostor.

V ilustraci č. 4 a č. 5 jsou uvedeny konkrétní příklady z praxe. Představme si standardní nákladní vozidlo typu Avia, který disponuje 6 ldm (ložné metry) a nákladní hmotnost 3 t.

V ilustraci č. 4 je varianta celovozové zásilky, která byla v pondělí ráno naložena v Liberci, a ve středu složena v Manchesteru, GB. Cena za tuto přepravu je 1170 EUR při 1610 km, takže cena za dopravu pro dopravce je 0,726 EUR/km. Někdy se takto provedená přeprava nazývá expresní, protože se řidič na cestě nezdržuje zajížděkami, jinými nakládkami a vykládkami. Dodržuje pouze povinné bezpečnostní přestávky.



Obrázek č. 4: Celovozová zásilka

Ilustrace č. 5 zobrazuje variantu kusové přepravy, kdy vozidlo stejných rozměrů bylo naloženo následovně: v pondělí ráno v Liberci 2 ldm/1t do London, GB (500 EUR), v poledne 3 ldm/0.5t do Frankfurt, DE (280 EUR), a odpoledne v Plzni do Manchester, GB 3 ldm/1.5t (850 EUR). Doprava v této variantě vychází na 0.94 EUR/km, což je o 0,216 EUR/km více než v první variantě, ale je potřeba si uvědomit, že do Manchesteru vozidlo dorazí v ideálním případě ve čtvrtěk odpoledne. Někdy se také takto provedená

přeprava nazývá sběrná. Zpravidla je vhodná pro zboží, kde dodací lhůta je poměrně flexibilní a zákazník na dodávku nespíchá.

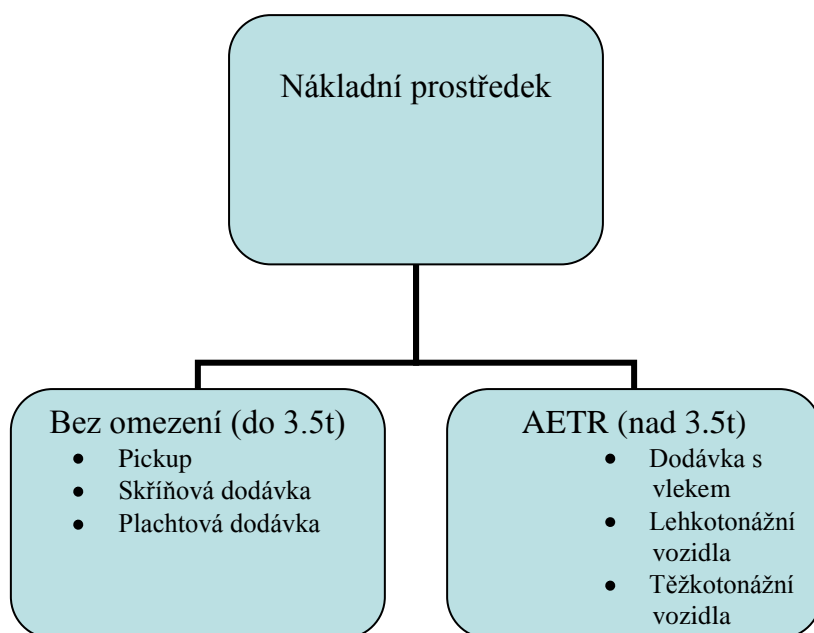


Obrázek č. 5: Kusová zásilka

Distribuční nákladní doprava se zabývá rozvozy (distribucí) zboží z výchozího místa (depo, expediční sklad atd.) ke svým odběratelům. Charakteristickým rysem této dopravy je, že vozidlo se vrací do výchozího místa, a to zpravidla ještě tentýž den. Jedná se tedy o takzvané okružní jízdy, kde vozidlo vykládá zboží např. v centrech měst, pěších zónách, náměstích atd.

### 3.2.3. Základní druhy nákladních prostředků

Na první pohled se nákladní vozidla liší velikostí ložné plochy a tím i počtem jednotek, které lze na něm přepravit. Specifičtější dělení nákladních vozidel může být dle režimu, ve kterých je obsluhováno. Vozidlo může být používáno bez omezení nebo podléhá pracovnímu režimu bezpečnostních přestávek, který se nazývá AETR, o kterém více pojednává kapitola 3.2.4. Přehledně tuto problematiku zobrazuje ilustrace č. 6.



Obrázek č. 6: Základní rozdělení nákladních vozidel

Při optimalizaci dopravních tras je nezbytně nutné znát charakter vozidla. Nákladní vozidla dodávkového typu slouží zejména pro expresní přepravy. Výhodou je, že řidič nemusí dělat bezpečnostní přestávky a zboží tak může být doručeno ve velmi krátkém termínu. Vozidlo tohoto typu také může jezdit o víkendech, ve státních svátcích, v době prázdnin atd. neomezeně. Dle typu vozidla se kapacita pohybuje od 1 do 20 europalet a celková hmotnost nesmí přesáhnout 3.5 t, obvykle tak dodávka může naložit až 1300 kg. Pro zvýšení kapacity lze zapřáhnout za dodávku vlek, s nosností až 1.5 t. Tato jízdní souprava však podléhá režimu AETR.

Lehkotonážními vozidly se rozumí taková vozidla, která uvezou méně než 24 t. Jestliže se dopravní prostředek vyskytuje bez vleku, v dopravní praxi se nazývá sólo. V případě existence vleku hovoříme o lehkotonážní soupravě.

Zajímavým typem v této skupině je vozidlo s užitnou hmotností do 3.5 t, známé jako Avia. Jeho výjimečnost spočívá v tom, že může jezdit i přes zakazy jízdy v neděli, o svátcích, prázdninách atd. V tomto režimu pracuje stejně jako dodávka, nicméně u tohoto vozidla řidič musí dodržovat AETR viz ilustrace č. 6.

Těžkotonážní dopravní prostředky mohou existovat jako návěsy či velkokapacitní soupravy s povolenou užitnou hmotností 24 t. Návěs rozeznáváme klasický, který má výšku 2.75 m a návěs typu lowdeck, který má výšku 3 m. Oba typy disponují 13.6 ldm

ložné plochy. Tento typ návěsu je v automobilovém průmyslu velice ceněný, protože ve většině případů umožňuje stohování zboží po 3 na sebe, viz odstavec o obalech na str. 18. Velkokapacitní soupravy se již standardně vyrábí s výškou 3 m, a jsou v podstatě se svými 15,5 ldm nejkapacitnější dopravní prostředek, který se běžně používá na silnicích.

#### **3.2.4. Pracovní režim řidičů**

Pracovní režimy definuje evropská dohoda AETR a nařízení ES č. 561/2006.

Definuje dobu řízení a přestávky v řízení. AETR nařizuje maximálně 9 h řízení denně, které musí být rozdělené 45 min bezpečnostní přestávkou. 2x týdně lze dobu řízení prodloužit na 10 h. Poté musí následovat denní doba odpočinku 11 h (3x týdně lze zkrátit na 9 h).

AETR také definuje případy, kdy ve vozidle jsou 2 řidiči. V tomto případě jeden řidič řídí 4.5 h, poté se osádka vymění, a bez přestávky pokračuje druhý řidič v jízdě 4.5 h. Poté dojde opět k výměně, a první řidič pokračuje 4.5 h, poté znovu 4.5 h druhý řidič. V součtu tak vozidlo jede 18 h bez přestávky. Poté následuje 9 h denní odpočinek pro oba řidiče.

Dodržování pracovního režimu řidiče hlídá přístroj zvaný digitální tachograf, který je povinně umístěn ve vozidle. Každý řidič má svoji čipovou kartu (tzv. karta řidiče) která se při nástupu řidiče do vozidla aktivuje a ukládá údaje o jeho činnostech.

#### **4. Analýza stávajícího logistického systému dopravní firmy**

Dopravní firma byla založena v roce 2010 s cílem poskytovat a nabízet kvalitní dopravní služby s jasnou vizí a koncepcí. Důraz je přitom kladen na spokojenost zákazníka a také na šetrnost k životnímu prostředí.

Firma byla vybudována na bohatých zkušenostech v oboru, proto se v počátku podařilo najít klíčového zákazníka v automobilovém průmyslu, se kterým byla navázána úzká spolupráce.

V roce 2010 firma nedisponovala žádným nákladním vozidlem, všechny zakázky tak byly řešeny tzv. spedičním způsobem. Jedná se o systém outsourcingu, ve kterém k realizaci samotných přeprav byly využívány kapacity jiných dopravců. Objednané přepravy byly celovozové zásilky do/ z SRN, realizované v režimu round-trip (import zboží a vratné obaly zpět).

V průběhu roku 2011 bylo zakoupeno 6 těžkotonážních vozidel typu návěs lowdeck, 4 těžkotonážní soupravy určené zejména pro zákazníka v textilním průmyslu, a 2 plachtové dodávky, které mají sloužit pro rozvoz zboží. Dopravní firma tak rozšiřuje portfolio svých služeb pro rozvoz zboží po městech ČR.

V roce 2012 se stala dopravní firma vítězem výběrového řízení na tzv. expresní přepravy do SRN. Charakter těchto přeprav vyžadoval velice pružné reagování na náhlé potřeby zákazníka, jednalo se o zakázky, které bylo potřeba přepravit s co nejkratší reakční dobou. Byla zakoupena další dodávková vozidla, zároveň došlo k rozšíření spolupráce s dalšími dopravci v souvislosti s volnými nákladními kapacitami.

Rok 2013 přinesl přelom z hlediska rozmístění zákazníků. Podařila se navázat spolupráce se zákazníkem z Itálie a Slovenska. V této souvislosti byly pronajaté kancelářské a parkovací prostory v Bratislavě. Dále se rozvíjí vozový park, zejména těžkotonážní vozidla, kterých je již celkem 15.

Do této chvíle dopravní firma sídlila v pronajatých kancelářských prostorách u Turnova, kde platila nejen za kanceláře, ale také za parkovací plochu pro kamiony. V roce 2014 proto byl koupen areál s kapacitou 70 parkovacích míst, 6 kancelářskými prostory, prostory pro technické zázemí, dále skladové prostory o obsahu 500 m<sup>2</sup> a strážný domek. Do areálu se poté postupně zázemí firmy přestěhuje.

V roce 2015 probíhá postupná rekonstrukce areálu, vyhledávání nových obchodních příležitostí v ČR a navázání nové spolupráce se zákazníky z Velké Británie a Německa v oblasti automobilového průmyslu.

#### 4.1. Vozový park dopravní firmy

V současné době dopravní firma disponuje celkem 38 vozidly. Jednotlivé typy jsou uvedené v přehledné ilustraci č. 7.

Obrázek č. 7: Vozový park dopravní firmy

Těžkotonážní návěs	Těžkotonážní souprava	Lehkotonážní souprava 21t	Sólo 6t	Sólo 3.5t	Plachtová dodávka	Pickup
Scania_1	Scania_3	Iveco_4	Iveco_7	Iveco_8	Renault_5	Mercedes_3
Scania_2	Scania_4	Iveco_5	Man_1	Iveco_9	Renault_6	Fiat_3
Volvo_1	Scania_5	Iveco_6	Man_2		Renault_7	
Volvo_2	Renault_1		Man_3		Fiat_1	
Volvo_3	Renault_2				Fiat_2	
Mercedes_1	Renault_3					
Mercedes_2	Renault_4					
	Volvo_4					
	Iveco_1					
	Iveco_2					
	Iveco_3					
	Daf_1					
	Daf_2					
	Daf_3					
	Daf_4					

Všechna návěsová vozidla jsou typu lowdeck, která mají výšku nákladové plochy 3 m. Délka ložné plochy je 13.6 m, šířka 2.48 m. Jedná se o plachtový návěs, který lze shora shrnout a umožnit tak např. jeřábu nakládku shora, či shrnout po stranách při nakládce z boku. Návěsy jsou také vybaveny 26 vázacími oky, která jsou umístěné v bočních ližinách. Oka slouží pro upevnění vázacích popruhů pro zajištění stabilizace naloženého zboží. Všechna vozidla spadají do emisní normy EURO V.

Návěsy se v dopravní firmě používají zejména pro automobilový průmysl, kde zboží je naloženo na paletách s možností stohovatelnosti či pro převoz dlouhých nákladů, např. potrubí, kovové tyče atd. Také jsou vhodné pro dopravu těžkých lisovacích forem.

Těžkotonážní soupravy mají rozměry 7.3 m + 8.2 m (10x) či 7.7 m + 7.7 m (5x). Také disponují výškou 3m. Výhodou oproti návěsům je jejich vyšší objem o 20m<sup>3</sup>. Používají se zejména pro textilní průmysl, kde zákazníci přímo vyžadují tento typ vozidla, nebo jako sběrná služba.

Nevýhoda je horší manipulovatelnost, délkové omezení nákladu ,7.7 m resp. 8.3 m, a omezená hmotnost. Na každou část lze naložit až 12 t.



Lehkotonážní soupravy jsou vozidla, která mají užitečnou hmotnost 21 t. Jejich výhodou je nižší spotřeba než u klasických souprav. Tento typ souprav je nasazen na typ přepravy operující v režimu milk-run. Jedná se o zabezpečení svozu zboží pro jednoho zákazníka z více míst nakládky, přičemž dochází také k vyložení prázdných obalů. Vozidlo musí respektovat přiřazená časová okna.

Sólo vozidla s užitečnou hmotností do 6 t mají délku 7.2 m, s výškou 2.6 m. Jejich hlavní výhodou je jejich výrazně nižší spotřeba než klasické těžkotonážní vozidla. Používají se pro paletovou přepravu či pro převoz lisovacích forem. Shrnovací střecha umožňuje bezproblémovou nakládku jeřábem.

Sólo vozidla s užitečnou hmotností do 3.5 t mají hydraulické čelo, které umožňuje použití vozidla i v těch případech, kdy zákazník nedisponuje manipulační technikou. Obě vozidla jsou také vybavena paletovým vozíkem. Tato vozidla se používají zejména pro distribuci rozvozevého zboží, a v některých případech také pro nedělní a sváteční expresní jízdy. Ve většině zemí je jízda v neděli povolena pro vozidla s celkovou hmotností do 7.5 t.

Plachtové dodávky jsou vozidla s užitečnou hmotností do 1.3 t, délkou ložné plochy 4 m, a výškou 2.2 m. Jelikož nepodléhají nařízení AETR, je možno tento typ vozidel využívat pro expresní zásilky v případech, kdy je ohrožen výrobní proces zákazníka, a díl je nutno dodat co nejrychleji do výroby. Vozidla se též využívají pro rozvoz zboží. Dodávky typu pickup jsou vhodné pro převoz maximálně 2 europalet do hmotnosti 600 kg. Využívají se zejména pro rozvoz a svoz řidičů k nákladním vozidlům. Výjimečně pro zajištění expresní přepravy pro zákazníka.

#### **4.2. Portfolio nabízených služeb dopravní firmy**

V současné době se dopravní firma opírá o dva hlavní pilíře, které mají zajistit spokojenost na straně zákazníka. Jedná se o dopravní a spediční služby. Další hlavní aktivitou dopravní firmy v budoucnu bude také nabídka moderních skladových prostor. Nyní však tato oblast není ještě plně rozvinuta.

#### **4.2.1. Dopravní služby**

Dopravní služby jsou realizovány pomocí vlastního vozového parku, který byl podrobně popsán v kapitole 3.2. Díky velké variabilitě je možno odvézt od 1 – 38 europalet, s hmotností od 1 kg až do 24 t. Od počátku se dopravní firma zaměřuje na přepravy zejména do Německa, Belgie a Velké Británie. Dále vozidla přepravují zboží do Španělska, Itálie, Francie a Slovenska.

Přepravy jsou realizované v režimu:

- Celovozová zásilka (FTL)
- Sběrná služba (LTL)
- Expresní zásilka
- Rozvoz zboží
- Mikrun
- JIT

V současné době se o provoz vozového parku starají tři dispečerské osoby. V praxi se většinou daří vytyžit exportně všechna vozidla pomocí zakázek od přímých zákazníků. Importy jsou řešeny zejména skrz spediční databanku RaalTrans a burzu nákladů TimoCom. Oba systémy fungují na stejném principu. Dopravní (spediční) firma (výjimečně i výrobní podnik), nabídne zakázku ostatním firmám. Důvody tohoto počínu byly vyjmenovány v následující kapitole. Zakázka je specifikovaná např. místem nakládky, vykládky, délkou nákladu, hmotnost, datem nakládky, cenou. Dopravce, který by měl o nabízenou zakázku zájem, kontaktuje nabízejícího a dojde k uzavření obchodní smlouvy. Po realizaci přepravy jsou potvrzené přepravní dokumenty odeslány poštou do společnosti, která přepravu nabízela. Ta poté, s přiměřenou marží, přefakturuje zakázku na svého zákazníka (výrobní podnik).

#### **4.2.2. Spediční služby**

Spediční službu dopravní podnik provozoval již od svého založení v roce 2010. Dříve to bylo z důvodu absence jakéhokoliv vozového parku, v současné době jsou důvody následující:

- Přeprava v režimu ADR (nebezpečné zboží)
- Přeprava nadrozměrného nákladu
- Přeprava vyžadující FRIGO vozidla (chladírenské návěsy, např. pro převoz

ovoce)

- Letecká přeprava, kusová a v režimu door to door (přepravce zajistí odvoz zboží od odesílatele na letiště, a následně z letiště až k příjemci).
- Námořní doprava, kusová (LCL) a celokontejnerová (FCL) zásilka
- Přepravy do zemí mimo EU (Rusko, Turecko, Řecko, Švýcarsko, atd.)
- Nedostatečná kapacita vlastního vozového parku
- Expresní přeprava, kdy vozidlo jiného dopravce má vhodnější polohu, a může zakázku vybavit v rychlejším čase.

Na spedičním oddělení v současné chvíli pracují dva zaměstnanci. Jejich prací je pravidelná komunikace se zákazníkem a s dispečery. Přijímá zakázky, a dle jejich charakteru volí dopravní či spediční variantu. V případě první varianty zakázku předá dál na dispečink.

V případě realizace zakázky pomocí spediční varianty lze využít služeb již prověřených dopravních partnerů a jejich nákladních kapacit. Další možností je zadat přepravu do RaalTrans či TimoCom a vyhledat vhodné vozidlo. Zde dopravci dávají svá volná vozidla k dispozici, nejčastěji pomocí doplňujících informací, jako např. aktuální lokace, délka ložné plochy, užitečná hmotnost, datum. Po dohodnutí ceny je objednávka dopravy zaslána na email.

Aby se předešlo spolupráci s nespolehlivým partnerem, preferují se již prověřeni dopravci. Každý neprověřený dopravce se musí objednávku potvrdit razítkem a podpisem, a zaslat ji zpět na email či fax. Dále je potřeba zaslat aktuální pojištění nákladu a koncesní listinu, a také minimálně 3 reference, které potvrdí serióznost dopravce.

#### **4.2.3. Skladování**

Dopravní podnik může nabídnout ke komerčnímu využití 500 m<sup>2</sup> zastřešené volné plochy určené pro dlouhodobé i krátkodobé skladování. Další volnou plochu je možno využít pro venkovní skladování.

V současné době je skladovací činnost provozována pouze okrajově, a slouží většinou pro aktuální potřeby dopravního podniku, tedy zejména pro překládku zboží z vozidla na vozidlo, či krátkodobé skladování kusových zásilek. Dále se sklady používají pro uchovávání zboží určené pro rozvozové trasy, tedy toto místo slouží jako distribuční

centrum. Jako manipulační technika se používají vysokozdvizný vozík o užitečné hmotnosti 2 t, a paletový vozík.

Skladové prostory jsou zateplené, ale nejsou temperované na určitou teplotu. Také neobsahují regálové úložné regály, proto zboží, zpravidla uložené na paletách, je umístěno na betonové podlaze.

V tuto chvíli skladové operace nejsou řízené a podporované žádných informačním a komunikačním systémem.

## **5. Minimalizace nákladů na přepravu**

V DP byla jako optimální cena za kilometr pro těžkotonážní vozidlo definována hodnota 1 EUR (27 Kč), přičemž nezbytné náklady dopravce mají hodnotu 24 Kč/ km. Z detailních rozborů jízdních výkonů jednotlivých vozidel bylo zjištěno, že reálná hodnota ceny na kilometr jízdy, kterou lze v praxi dostat je 23 – 25 Kč.

Je patrné, že dopravce musí zavést optimalizaci dopravních tras, a tím omezit náklady na pohonné hmoty, zlepšit využití pracovní doby řidičů, efektivněji nakládat s vozovým parkem, analyzovat využití nákladních prostorů. Dále lze také zavést tzv. štlou administrativu, která omezuje plýtvání v podniku a razí trend elektronické komunikace (např. faktury).

Minimalizace nákladů na přepravu se provádí pomocí dvou základních kroků, a to:

- 1.) Pomocí optimalizačních metod, analýz a postupů snížit celkový počet ujetých kilometrů a kilometrů bez nákladu. Dále zvolit vhodná přepravní vozidla, jejichž ložná plocha bude co nejefektivněji využita. Minimalizace jízdních časů osádky vozidla a zvýšení přepravních výkonů.
- 2.) Využívat výhod moderních informačních a komunikačních technologií jako podpory optimalizačního procesu. Jedná se o prvky monitorovací, bezpečnostní, analyzační atp.

Oba kroky budou detailněji popsány v samostatných kapitolách.

### **5.1. Optimalizace dopravních tras**

Jelikož každý typ přepravy vyžaduje jiný přístup k optimalizačnímu procesu, bude rešeršní část DP, zabývající se optimalizací, rozdělena dle typu přepravy.

Existuje mnoho metod, které tuto problematiku řeší. Rešeršní část představí a popíše ty nejzákladnější, které nejvíce vyhovují charakteristice diplomové práce.

#### **5.1.1. Obecné řešení optimalizace celovozových zásilek**

Optimalizací celovozových zásilek se zabývá analýza využití flotily vozidel. Tato analýza řeší a identifikuje kilometry, které vozidlo ujede bez nákladu a s nákladem. Touto problematikou se zabývá např. DVORSKÝ, V., [13] ve své práci.

Dle matematického vzorce  $ujkm = ujkml + ujkmp$  se určí celkový jízdny výkon vozidla.

kde  $ujkm$  - celkový jízdny výkon [km]

$ujkml$  - ujetá vzdálenost s nákladem [km]

$ujkmp$  - ujetá vzdálenost bez nákladu [km]

Koeficient využití jízd se vypočítá ze vztahu:

$$kj = \frac{ujkml}{ujkm} [-]$$

Jedná se o podíl ujetých km s nákladem k celkovému jízdny výkonu.

Hodnota koeficientu využití u těžkotonážních vozidel s návěsem by se měla pohybovat nad 0,8 [-].

Dvorský V. [13] sledoval najeté kilometry 5 náhodných vozidel po 13 týdnů, a hodnoty koeficientu využití byly v průměru 0,88 [-].

### 5.1.2. Obecné řešení optimalizace distribučních přeprav

#### Dopravní problém

Jedná se o distribuční úlohu lineárního programování, která řeší, jak přepravit určitý druh zboží od dodavatelů k odběratelům tak, aby byly uspokojeny požadavky odběratelů, a současně celkové náklady na dopravu byly co nejmenší. Cílem je najít správné množství zboží a optimální trasu pro přepravu.

Simuluje se případ, kdy m dodavatelů D distribuuje zboží n odběratelům O. Je možno distribuci zboží provádět od jakéhokoli z dodavatelů k libovolnému odběrateli. Vše je hodnoceno na základě ocenění c vztahu odběratel – dodavatel, např. z hlediska vzdálenosti v km, nákladů na jednotky km atp. Je také známo množství zboží a, které je dodavatel schopen vyrobit a množství zboží b, které odběratel požaduje.

Jednotlivé vztahy jsou zobrazeny v přehledné ilustraci č. 8.

Cílová místa					
$O_1$	$O_2$	...	$O_n$		
$D_1$	$c_{11}$ $x_{11}$	$c_{12}$ $x_{12}$	...	$c_{1a}$ $x_{1a}$	$a_1$
$D_2$	$c_{21}$ $x_{21}$	$c_{22}$ $x_{22}$	...	$c_{2n}$ $x_{2n}$	$a_2$
...	...	...	...	...	...
$D_m$	$c_{m1}$ $x_{m1}$	$c_{m2}$ $x_{m2}$	...	$c_{mn}$ $x_{mn}$	$a_m$
Požadavky cíl. míst	$b_1$	$b_2$	...	$b_n$	$\sum^i a_i$ $\sum^j b_j$

Obrázek č. 8: Dopravní problém [14]

Problematiku metody dopravního problému řeší např. publikace [15], kde mimo jiné autor Gros I. ukazuje řešení problému pomocí softwarového nástroje excel. Dále se o dopravním problému zmiňuje např. publikace [14], kde je uveden také konkrétní příklad. Popisuje 3 základní řešení této úlohy, přičemž jako tu neoptimálnější jmenuje VOGELOVU aproximační metodu (VAM). Tato metoda řešení vychází z toho, že se pro každý řádek a sloupec dopravního problému vypočítají tzv. DIFERENCE, což je rozdíl mezi nejmenšími cenovými koeficienty v daném řádku či sloupci. Podrobný matematický popis uvádí ve své publikaci také GROS, I. [15]

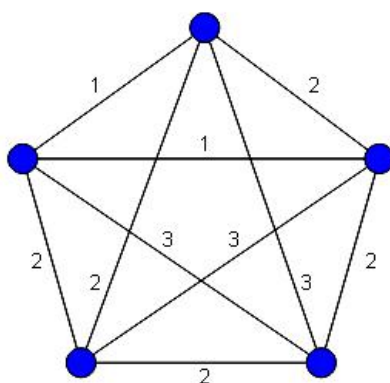
Metodu dopravního problému ve své práci popisuje i KREJČÍK, P., [16]. Zde je popis metody velmi stručný, chybí názorný příklad i možnosti řešení. Pro čtenáře neznalého problematiky se tak může metoda zdát těžko pochopitelná, proto informace pro DP byly čerpány zejména ze zdroje [14].

### Problém obchodního cestujícího

Problém obchodního cestujícího je diskrétní optimalizační metoda, která se používá pro identifikování nejkratší vzdálenosti mezi zadanými body na mapě. Někteří autoři, např. [16], [17] označují tuto metodu jako okružní problém. JABLONSKÝ, J. [17] charakterizuje tuto úlohu jako snahu o nalezení co nejkratšího okruhu, který začíná a končí v místě A, a zahrnuje všechna ostatní místa.

Vstupní data jsou zpravidla definována v grafu, kde jednotlivá místa na trase jsou

vedené jako uzly grafu, hrany grafu jsou dostupné trasy mezi jednotlivými městy a jednotlivé ohodnocení cest je založeno např. na vzdálenosti v km. Aby bylo možné řešit problém obchodního cestujícího, je potřeba, aby graf byl úplný a aby existovalo ohodnocení trasy každé dvojice uzlů. Příklad takto zadaného grafu je uveden v ilustraci č. 9. Řešení úlohy spočívá v nalezení tzv. hamiltonovské kružnice, kterou odborná literatura [18] definuje jako cyklus, který prochází každým uzlem grafu, a u kterého je počáteční a koncový uzel totožný.



Obrázek č. 9: Problém obchodního cestujícího [19]

Odborná literatura i vysokoškolské práce uvádějí celou řadu metod, jak problematiku obchodního cestujícího řešit. Jedná se o metody heuristické. Nejznámější a nejpoužívanější metoda se nazývá Clarkeova – Wrightova metoda. Řešení pomocí této metody spočívá v opakování cyklů, kdy v každém opakování jsou dle určitého kritéria vybrány 2 trasy  $V_0 - V_i - V_0$  a  $V_0 - V_j - V_0$ , a jsou spojeny do jedné sdružené trasy  $V_0 - V_i - V_j$ .

Např. DROBNÝ M., ve své diplomové práci [20] vybíral dvojici tras na základě nejvyšších výhodnostních koeficientů jednotlivých tras

$$z_{ij} = h(v_x, v_i) + h(v_j, v_x) - h(v_i, v_j)$$

Kde

$z_{ij}$  - výhodnostní koeficient

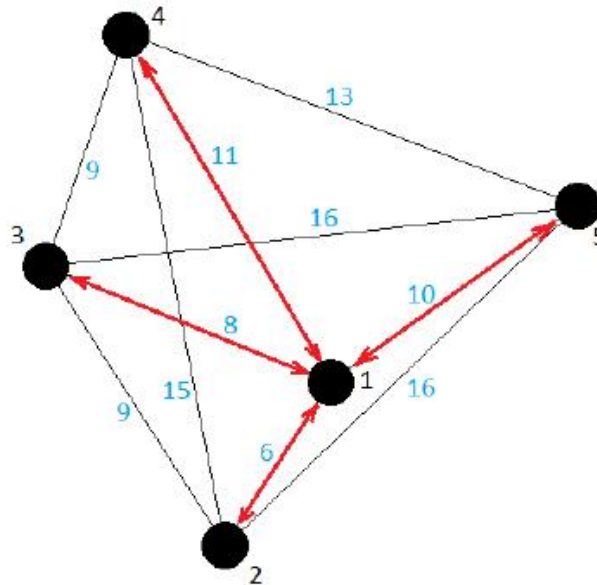
$h$  - ohodnocení konkrétní trasy, např. v [km]

V ilustraci č. 10 je zobrazeno výchozí zadání. Pro tento případ byly trasy  $(v_3, v_4)$  a



$(v_4, v_3)$  vyhodnoceny jako trasy s nejvyšším výhodnostním koeficientem, protože:

$$z_{ij} = h(v_1, v_4) + h(v_3, v_1) - h(v_4, v_3) = 11 + 8 - 9 = 10$$



Obrázek č. 10: Clarkeova – Wrightova metoda – výchozí stav [20]

Trasy  $v_3 \rightarrow v_1$  a  $v_4 \rightarrow v_1$  jsou tedy nahrazeny trasou  $v_3 \rightarrow v_4$ . Tento postup je opakován do doby než je celé trasa optimalizována. Autor [20] ve své práci trasu, která na začátku procesu čítala 70 km, optimalizoval až na konečných 47 km.

Další velmi používanou metodou, jak problém obchodního cestujícího řešit je např. Littlova metoda. Princip metody spočívá v systematickém dělení množiny možných řešení na stále menší podmnožiny do té doby, než je nalezeno optimální řešení.

Vhodné zapsání Littlovy metody nabízí čtvercová matice, kde do každého pole matice jsou zadány koeficienty účelové funkce, např. délky tras mezi jednotlivými odběrateli.

Další postup spočívá ve vylučování dvou typů dopravní tras zapsaných v matici:

- Symbolem  $x$  jsou označovány ty cesty, které vedou přímo z místa A do místa A. Jedná se o políčka na hlavní diagonále čtvercové matice.
- Symbolem  $\infty$  se označují trasy, které by předčasně ukončily okruh dopravních cest.

Praktickým výpočtem pomocí Littlovy metody se detailně ve své práci zabývá KREJČÍK, P. [16]. Je řešena optimalizace 3 rozvozových tras, kde každá okružní trasa obsahuje 14 odběratelských míst. Ve shodě s předešlým odstavcem byla pro každou trasu vytvořena čtvercová matice o rozměru 14x14. Výsledkem optimalizace pomocí

Littlovy metody bylo snížení kilometrové vzdálenosti z původních 666 km na 593 km. Dle Krejčíka [16] bude roční úspora 1898 km, v přepočtu na finanční náklady, zejména s ohledem na cenu nafty, 4263 Kč.

Littlovu metodu použila i PAVLÍČKOVÁ, M. [21] pro optimalizování dopravních tras pro podnik rozvážející masné výrobky. Optimalizované byly opět 3 okruhy, a dle výpočtů autorky došlo ke snížení kilometrové vzdálenosti u 2 okruhů. Autorka [21] uvádí měsíční finanční úsporu 685 Kč, což činí zajímavých 8220 Kč ročně.

### **Přiřazovací problém (*bin-packing problem*)**

U tohoto problému je potřeba nejprve vyjasnit názvosloví. V odborné literatuře, vysokoškolských pracích a internetových zdrojích se zpravidla hovoří o přiřazovacím problému. Lze však najít také literární zdroje, např. [22], kde autor Chodůr J. píše o této problematice jako o problému plnění zásobníků. Proto je vhodné metodu označovat anglicky bin-packing problem.

Jedná se o diskrétní optimalizační problém, jehož cílem je minimalizace počtu nákladních vozidel a co nejvyšší efektivnost ve využívání jejich ložné plochy. Např. Jablonský J. [17] charakterizuje přiřazovací problém jako úlohu, ve které se jedná o nalezení vzájemně jednoznačného přiřazení dvojice jednotek ze dvou skupin tak, aby toto přiřazení přineslo co největší efekt.

Řešením tohoto problému se zabývá několik metod, s nichž nejpoužívanější se nazývá Mayerova metoda.

Cíl Mayerovy metody je rozdělit postupně objednávky na vhodná nákladní vozidla, přičemž je nutné brát v úvahu omezenou kapacitu vozidla i omezený čas provozu, podléhá-li vozidlo AETRU (viz kapitola 3.2.4. Pracovní režim řidičů). Další podmínkou řešení je skutečnost, že vozidlo zahajuje a končí svůj denní pracovní výkon na stejném místě (depo, expediční sklad, atd.).

Mayerova metoda řeší distribuci zboží jedním i více vozidly.

Např. Drobný M. [20] ilustruje problematiku na příkladu rozvozu lístků určených pro sčítání obyvatel. Jedná se o případ rozvozu jedním vozidlem, centrálním místem je Praha a rozvoz se provádí do všech krajských měst ČR. Tento příklad je pro pochopení problematiky dostačující, ale z hlediska použití pro dopravní firmu v praxi málo reálný. Skutečný problém distribuce pivních výrobků z pivovaru řeší Zajíčková [23], kde má

k dispozici 21 vozidel s různou ložnou plochou a různou nosností.

Základem metody je vytvoření matice vzdáleností [km] a časové matice [min] mezi jednotlivými odběrnými místy. V prvním kroku je určeno nejvzdálenější místo od výchozího bodu, a objem zboží, které je nutno odběrateli dodat. Zjistí se také časová náročnost (cesta tam, cestě zpět + čas potřebný k naložení a vyložení zboží) a dle těchto atributů se objednavce přiřadí vhodné vozidlo. V případě, že kapacita vozidla není zcela vyčerpána a časová kapacita umožňuje další rozvoz, je možno přiřadit k vozidlu další objednávku. Stejným postupem se provádí procedura až do té doby, kdy všechny objednávky budou přiřazeny k vozidlům. Výsledkem této metody může být také minimalizace vozového parku díky větší efektivitě využití ložné plochy nákladních vozidel.

### **Závěrečné shrnutí problematiky optimalizačních problémů**

Existuje mnoho publikací, článků a webových stránek zabývajících se plánováním dopravních cest a možnostmi optimalizace. Konkrétně je vhodné uvést např. autora disertační práce *Metodologie řešení okružního dopravního problému* RNDr. Petra Kučeru [24]. KUČERA P., si klade za cíl shromáždit co nejvíce metod řešení okružního problému, a navíc navrhuje i svoje vlastní modifikované metody. Dále je třeba zmínit také diplomovou práci *Metody řešení vybraných dopravních problémů a jejich implementace* autora Michala Drobného [20]. Autor jmenuje nejpoužívanější metody a navíc ke každé přidává ilustrativní příklad, který usnadňuje pochopení problematiky.

Tato diplomová práce si neklade za cíl pojmout všechny optimalizační metody. Naopak byly vybrány takové, které jsou vhodné svým charakterem k řešení konkrétních problémů dopravní firmy v distribuční činnosti.

Jak je patrné z předešlého textu, optimalizační metody dopravních problémů slouží pro optimalizaci tras distribuční nákladní dopravy a sběrné služby. Neřeší problematiku optimalizace celovozové dopravy.

Dopravní problém se zabývá rozvozem z několika skladů o různé kapacitě k několika odběratelům, kteří mají různé požadavky. Řeší se zde otázka uspokojení potřeb zákazníka a také optimální vzdálenost mezi jednotlivými místy. Problém obchodního cestujícího se věnuje optimalizaci délky přepravní trasy z výchozího bodu k odběratelům, přičemž cílem optimalizace je nalézt uzavřenou dopravní trasu, která má

co nejmenší kilometrovou náročnost.

Přiřazovací problém řeší efektivitu využitelnosti nákladových ploch vozidel. V tomto případě existuje jeden sklad, ze kterého se zboží rozváží odběratelům, které mají různé požadavky. Princip metody je přiřazení vhodné objednávky k vhodnému vozidlu.

## **5.2. Způsoby monitorování flotily vozidel pomocí informačních a komunikačních technologií**

Systémy monitorování vozidel jsou založeny na jednotkách GPS, které jsou integrovány do vozidel. Tyto jednotky zajišťují prostřednictvím satelitů sledování pohybu vozidla v reálném čase.

Stále více dopravních firem využívá nadstandardních funkcí, které přispívají k optimalizaci dopravních cest. Dle [25] existují stovky sledovacích systémů GPS, které se používají pro monitorování. Cílem této kapitoly není představit všechny dostupné technologie, ale spíše se zaměřit na zajímavé funkce, které mohou přispívat ke snížení nákladů dopravních firem. Po prostudování příslušné literatury bylo rozděleno použití GPS jednotek do 4 hlavních oblastí.

### **GPS monitoring**

Jak už bylo napsáno dříve, GPS monitoring slouží k určení aktuální polohy nákladního vozidla. Tato funkce umožňuje komfortní sledování, na kterém místě naplánované trasy se konkrétní náklad nachází. Poloha se zobrazuje na počítači dispečera či na jeho mobilním telefonu.

Šolc J. [26] demonstruje zavedení sledovací technologie CarControl do vozidel malé dopravní firmy o 15 nákladních vozidlech, a přichází s výsledkem snížení nákladů na pohonné hmoty až o 17% po jednom měsíci od integrace GPS modulů do kabiny vozidel. Butts J. [27] uvádí až 10% snížení nákladů na dopravu. Příčinou této redukce je větší dohled nad chováním řidičů, a tedy přesné dodržování naplánovaných tras. Dle Markovič J.[28] se investice do GPS technologie vrátí dopravní firmě do jednoho roku.

### **Logistika a plánování dopravních tras**

Plánování dopravních tras na základě dat, které pracovník dispečinku obdrží přes GPS.

Jedná se o data statická, která se nemění, a dynamická, která jsou časově proměnlivá.

Pokrokovější funkcí je plánování tras s ohledem na dynamická data, tedy na data založená na proměnných podmínkách v provozu (např. aktuální nehody, objížďky,

dopravní zácpa, sněhová kalamita atd.).

Jedním z řady plánovacích nástrojů je např. Road Control vyvinutý společností Position s.r.o., který vedle standardních funkcí jako nalezení nejrychlejší či nejkratší trasy nabízí také možnost zadání konkrétní specifikace nákladního vozidla. Poté algoritmus provede výpočet optimální trasy s ohledem na výšku vozidla, hmotnost, mýtného zatížení, omezení jízd o svátcích a prázdninách atd.

Z menšího průzkumu, který byl proveden pro účely této DP, je patrné, že většina oslovených dopravních firem pro plánování svých tras využívají tzv. off-line nástroje, hlavně dostupné mapy na serveru google.com, které využívají statická data a nereflektují aktuální situaci na komunikacích. Důvody jsou nejen finanční, ale také chybějící propagace těchto nadstandardních funkcí a neochota dispečerského personálu ke změně zažitých návyků.

Společnosti, které využívají GPS technologie k plánování dopravních tras, vyzdvihují zejména možnost včas změnit naplánovanou trasu. Tímto úkonem dochází k minimalizaci časových prostojů v kolonách, u dopravních nehod či uzavírkách. Autor [29] ve svém článku dává do souvislosti čekání vozidel v kolonách a spotřebu pohonných hmot. Dochází zde k závěru dominantního vlivu těchto příčin na konečnou spotřebu a navrhuje predikční moduly GPS jednotky. V případě, že alternativní trasa nepřichází v úvahu (např. z důvodu značné kilometrové náročnosti), lze nákladní vozidlo vyslat do cíle v dostatečném předstihu a navíc lze informovat zákazníka o hrozícím zpoždění.

## **Navigace**

GPS navigace je funkce, která navádí řidiče vozidla do zadaného cíle. Samotná navigace se provádí pomocí vizuálního zobrazení na obrazovce, kde je zobrazen model dopravní komunikace včetně dopravního značení, a audio hlášení, které upozorňuje např. na změnu směru či odbočení.

Řidič obdrží do svého GPS přístroje data naplánované trasy, a navigace poté řidiče dovede do plánovaného cíle.

Průzkum, který provedl internetový server GPS-navigace-PDA.cz [30], ukazuje, že více než 10% řidičů nákladních vozidel používá GPS navigaci určenou pro osobní dopravu, která nereflektuje potřeby a omezení pro kamiony.

Pokrokovější funkcí GPS navigace je, obdobně jako u plánování tras, možnost využití dynamických dat, která jsou přijímána většinou pomocí technologie RDS-TMC (Radio data system-Traffic Message Chanel). Např. společnost TomTom nabízí inteligentní navigaci GO Truck Navigation, která bere ohled na aktuální dopravní situaci. V tomto případě jsou aktuální data přijímána službou HD traffic, která byla oceněna jako nejkvalitnější funkce pro hlášení aktuální dopravní situace. [31]

### **Report vykázaných přeprav**

Jedná se o velmi důležitou funkci a účinný nástroj směrem ke snížení nákladů dopravní firmy. Report vykázaných přeprav je jakýsi digitální deník řidiče, který slouží k analýze přepravních dat a stylu jízdy řidiče. Je zde zaznamenána každá trasa, kterou řidič projel. Jak již bylo naznačeno, report obsahuje dva druhy dat.

První typ údajů je zaměřený spíše na záležitosti týkající se samotné přepravy a činností řidiče. Vedle základních dat, jako např. přesně zaznamenaná trasa s časovými údaji, mohou být zaznamenány také doplňující informace, např. množství naloženého, resp. složeného nákladu, množství natankovaných pohonných hmot, doba trvání výměny poškozené pneumatiky atd. Někdy se takto zaznamenaná data nazývají elektronická kniha jízd.

Druhý typ informací v reportu vykázaných přeprav je detailně zaznamenaný jízdni styl řidiče, který má přímý vliv na spotřebu paliva. Dle techniků, kteří se zabývají spotřebou vozidel v dopravních firmách, se můžou naměřené hodnoty na stejné trase, která je projetá různými řidiči, velmi lišit. Tedy platí, že i dokonale naplánovaná trasa, co se kilometrové náročnosti týče, nevykáže ten správný optimalizační efekt v konečných nákladech, když řidič nebude mít povědomí o attributech šetrného řízení dopravního vozidla. Např. GPS ONI system vyvinutý společností NAM system sleduje a zaznamenává charakteristiky jako extrémní brzdění, agresivní zrychlení, kontrolu překročení maximální rychlosti. Dále existuje služba EffiTrack společnosti LEVEL positrex, která identifikuje řidičské neduhy jako přetáčení motoru, dlouhodobý běh motoru na prázdko, zbytečná akcelerace a brzdění, soustavné přidržování brzdového pedálu, dlouhodobé překračování rychlosti.

Obecně se dá konstatovat, že v současné době se stále jedná o tzv. prémiovou službu, která zdaleka není standardem pro tuzemské dopravce. A to i přesto, že úspora nafty u

dopravního vozidla vybaveného touto funkcí je dle [32] až 15 %.

Pořízením tohoto nástroje dopravní firma získá prostředek pro eliminaci špatných řídičských návyků, a skrz toto opatření dochází k bezpečnější jízdě, úspoře paliva, snížení ceny servisních oprav, zvýšení životnosti vozového parku a zavedení motivačních faktorů.

### **Doplňkové funkce**

Doplňkové, neboli nadstandardní funkce jednotky GPS, jsou takové funkce, které zvyšují komfort osádky vozidla a pracovníků dispečerského pracoviště.

Jedná se např. o funkci obousměrnou online písemnou komunikaci mezi řidičem a dispečerem. Zprávy se zobrazují na počítači, resp. GPS jednotce. Dochází tak ke snižování nákladů na telefonní hovory či sms, které v současné době, hovoříme-li o mezistátních hovorech, nejsou nezanedbatelné.

Dalším velkým tématem je podrobné sledování pohonných hmot v palivové nádrži. Náklady na naftu jsou naprosto klíčové pro výslednou cenu přepravu, proto je logické, že dopravní firmy chtějí mít tuto položku pod kontrolou. Jedná se o širokou škálu systémů, které mohou začínat např. u zabezpečení palivového víka proti odčerpání PH se signálem, který upozorní dispečink na neplánované otevření nádrže. Dále se zaznamenává počet tankování, množství paliva, měření kvality paliva, místa tankování, a grafy spotřeby paliva. Také lze nastavit normu spotřeby, a při odchylce dochází k upozornění řidiče. Cílem sledování spotřeby PH je mít dokonalý přehled o této cenné komoditě, a tím odhalit podezřelé úbytky, které mohou být způsobeny krádeží např. i od vlastních zaměstnanců, pro které obchodování s palivem byl v minulosti výhodný byznys. Dále je také identifikována nešetrná a neúsporná jízda osádky vozu.

Vozidlo vybavené GPS jednotkou snižuje také poplatky na havarijní pojištění nákladního vozidla, dle [33] až o 50 % v případě Živnostenské pojišťovny.

## 6. Optimalizace celovozových zásilek

Optimalizace celovozových zásilek spočívá ve sledování poměru celkových ujetých kilometrů ke kilometrům ujetých po prázdnu bez nákladu (ze sídla firmy na místo nakládky, z místa vykládky na místo nakládky atp.), přičemž optimální hodnota je považován výsledek větší než 0,8.

Cílem optimalizace je tedy identifikovat jízdni výkony, které se nacházejí pod 0,8, a stanovit taková opatření v plánování, aby vozidla dosahovala vyšších hodnot.

### 6.1. Analýza stávajícího stavu celovozových zásilek

K experimentu bylo vybráno 5 návěsových vozidel, jejichž jízdni výkony byly sledovány po dobu 12 týdnů. K této analýze byla účelově vybrána ty vozidla, která nejsou zatížena pravidelnou prací či typem přepravy round-trip, kde koeficient využití může být až 0,99 [-]. Přepravy, na vybraná vozidla, jsou tak plánovány zpravidla intuitivně a flexibilně dle aktuálních požadavků.

Např. z ilustrace č. 11 je patrné, že vozidlo 5H6 2345 ujelo v prvním sledovaném týdnu celkem 2745 km. Dále bylo zjištěno, že z této vzdálenosti vozidlo ujelo 271 km po prázdnu, kdy docházelo k přejetí na místa jednotlivých nakládek.

Po dosazení do jednoduchého matematického vzorce:

$$k_j = \frac{ujkm_L}{ujkm} = \frac{2474}{2745} = 0.9, \text{ kde se poměrují vzdálenosti s nákladem ku celkové}$$

vzdálenosti, se vypočítá koeficient využití jízdy.

Další zjištěné a vypočtené údaje jednotlivých vozidel byly zaznamenány do tabulek, zobrazených v ilustracích č. 11-15 :



Obrázek č. 11: Návěsové vozidlo RZ – 5H6 2345

Týden	Ujeté kilometry [km]			Využití jízdy [-]
	plné	prázdné	celkem	
1.	2474	271	2745	0,90
2.	2446	327	2773	0,88
3.	2732	478	3210	0,85
4.	3598	934	4532	0,79
5.	2677	340	3017	0,88
6.	2687	582	3269	0,82
7.	2658	363	3021	0,87
8.	2764	285	3049	0,90
9.	3091	869	3960	0,78
10.	3313	574	3887	0,85
11.	3209	746	3955	0,81
12.	2351	529	2880	0,81
<b>CELKEM</b>			<b>40298</b>	
<b>PRŮMĚR</b>			<b>3358</b>	<b>0,84</b>

Obrázek č. 12: Návěsové vozidlo RZ – 4H8 5866

Týden	Ujeté kilometry [km]			Využití jízdy [-]
	plné	prázdné	celkem	
1.	2886	793	3679	0,78
2.	2327	345	2672	0,87
3.	2955	829	3784	0,78
4.	2856	714	3570	0,8
5.	2306	430	2736	0,84
6.	2615	667	3282	0,79
7.	2684	401	3085	0,87
8.	2654	622	3276	0,81
9.	2792	787	3579	0,78
10.	2289	372	2661	0,86
11.	2383	533	2916	0,81
12.	3188	853	4041	0,78
<b>CELKEM</b>			<b>39281</b>	
<b>PRŮMĚR</b>			<b>3275</b>	<b>0,81</b>

Obrázek č. 13: Návěsové vozidlo RZ – 1H8 2291

Týden	Ujeté kilometry [km]			Využití jízdy [-]
	plné	prázdné	celkem	
1.	2738	238	2976	0,92
2.	2680	549	3229	0,82
3.	2997	838	3835	0,78
4.	2527	481	3008	0,84
5.	3208	765	3973	0,80
6.	2865	803	3668	0,78
7.	3187	796	3983	0,80
8.	2993	487	3480	0,86
9.	2017	339	2356	0,85
10.	2800	673	3473	0,80
11.	3003	704	3707	0,81
12.	3292	922	4214	0,78
<b>CELKEM</b>			<b>41902</b>	
<b>PRŮMĚR</b>			<b>3492</b>	<b>0,82</b>

Obrázek č. 14: Návěsové vozidlo RZ – 7H1 3392

Týden	Ujeté kilometry [km]			Využití jízdy [-]
	plné	prázdné	celkem	
1.	3043	643	3686	0,82
2.	2522	386	2908	0,86
3.	2403	600	3003	0,80
4.	3147	844	3991	0,78
5.	2364	528	2892	0,81
6.	3027	752	3779	0,80
7.	3703	865	4568	0,81
8.	2514	283	2797	0,89
9.	3451	850	4301	0,80
10.	3638	749	4387	0,82
11.	2485	421	2906	0,85
12.	2638	576	3214	0,82
<b>CELKEM</b>			<b>42432</b>	
<b>PRŮMĚR</b>			<b>3536</b>	<b>0,82</b>

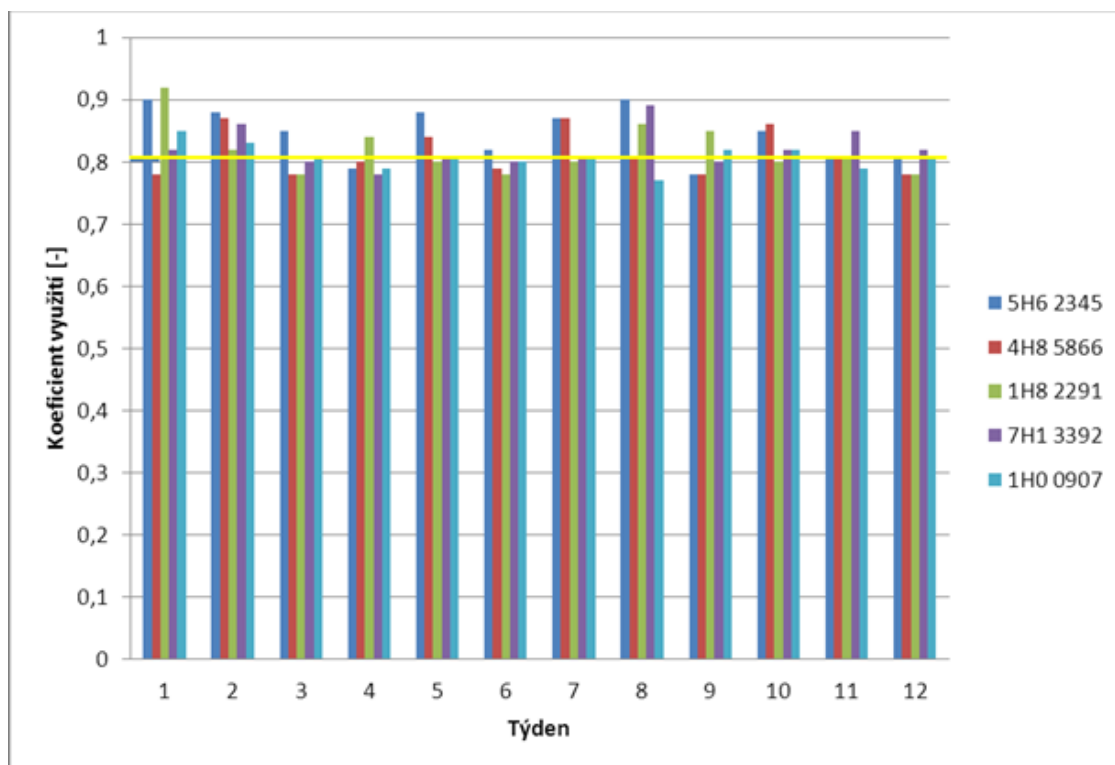
Obrázek č. 15: Návěšové vozidlo RZ – 1H0 0907

Týden	Ujeté kilometry [km]			Využití jízdy [-]
	plné	prázdné	celkem	
1.	2749	471	3220	0,85
2.	2327	476	2803	0,83
3.	2512	558	3070	0,81
4.	2623	694	3317	0,79
5.	2501	586	3087	0,81
6.	2330	582	2912	0,80
7.	2945	663	3608	0,81
8.	2807	835	3642	0,77
9.	2609	572	3181	0,82
10.	2296	494	2790	0,82
11.	2946	746	3692	0,79
12.	2832	664	3496	0,81
<b>CELKEM</b>			<b>38818</b>	
<b>PRŮMĚR</b>			<b>3235</b>	<b>0,81</b>

## 6.2. Optimalizace

Analýzou bylo zjištěno, že průměrný výkon vozidla je 3379 celkových kilometrů za týden. Dále, ani u jednoho vozidla nebyly celkové hodnoty koeficientu využití pod optimální hranicí 0,8. Dá se tedy konstatovat, že vozidla jsou plánována efektivně.

Na ilustraci č. 16 je grafické znázornění jízdních výkonů všech sledovaných vozidel.



Obrázek č. 16: Koeficient využití jízdy u vybraných vozidel

Při bližším pohledu lze však v některých týdnech pozorovat hodnoty, které jsou nižší než 0.8. Tyto hodnoty jsou zvýrazněny v tabulkách červenou barvou a navíc pro větší přehlednost jsou vloženy do jedné společné tabulky v ilustraci č. 17.

Obrázek č. 17: Koeficienty využití pod 0,8

SPZ	Ujeté kilometry [km]			Využití jízdy [-]
	plné	prázdné	celkem	
5H6 2345	3598	934	4532	0,79
5H6 2345	3091	869	3960	0,78
4H8 5866	2886	793	3679	0,78
4H8 5866	2955	829	3784	0,78
4H8 5866	2615	667	3282	0,79
4H8 5866	2792	787	3579	0,78
4H8 5866	3188	853	4041	0,78
1H8 2291	2997	838	3835	0,78
1H8 2291	2865	803	3668	0,78
1H8 2291	3292	922	4214	0,78
7H1 3392	3147	844	3991	0,78
1H0 0907	2623	694	3317	0,79
1H0 0907	2807	835	3642	0,77
1H0 0907	2946	746	3692	0,79

V další etapě, vedoucí k optimalizaci efektivity využití, byla energie zaměřena právě na týdny, kdy vozidla vykazovala nižší hodnotu koeficientu využití. Jednotlivé jízdní výkony byly podrobeny detailnímu rozboru na jednotlivé nakládky/ vykládky.

Nejnižší hodnota byla zjištěna u vozidla RZ 1H0 0907 v 8. týdnu, kde při celkovém nájezdu 3642 km bylo 835 km bez nákladu.

Při rozboru jízdního výkonu tohoto vozidla byly zjištěny kilometry po prázdnou v následujících úsecích:

- Turnov, CZ – Pardubice, CZ – 98 km

Jednalo se o vozidlo, které bylo zaparkováno na parkovišti u bydliště řidiče, který zde parkoval přes víkend. V neděli ve 22h vyjžděl z Turnova na nakládku do Pardubic.

- Vráble, SK – Bratislava, SK – 115 km

Vozidlo po vyložení ve Vráblích přejíždělo do Bratislavy, aby se zde naložil náklad do města Swindon, Velká Británie.

- Swindon, GB – Bruggy, BE – 374 km

Po vyložení v Anglii vozidlo přejíždí pro náklad do Belgie.

- Leipzig, DE – Dresden, DE – 115 km

Vozidlo vyložilo v Leipzig a jelo na nakládku do Dresden.

- Praha, CZ – Dvůr Králové – 133 km

Vozidlo, které nakládalo v Dresden, vyložilo v Praze a následně bylo vozidlo nasměrováno na další nakládku ve Dvoře Králové n. Labem.

### **6.3. Závěrečné zhodnocení**

Díky sledování efektivity využití nákladních vozidel byly identifikovány příčiny prázdných kilometrů, kterou jsou způsobeny zejména:

- Odstavením vozidla na parkovištích, která splňují vysoké bezpečnostní či hygienické normy.

Řidiči, kteří převáží hodnotný náklad, u kterého je zvýšené riziko odcizení jsou povinni dělat bezpečnostní přestávky na parkovištích, které jsou hlídané ostrahou a jsou vybavené sledovacím kamerovým systémem. Stejně tak toto nařízení platí pro stání vozidel v zemích, kde je zvýšené riziko vstupu neoprávněné osoby do nákladního prostoru. Dále, řidič, který je nucen konat týdenní dobu odpočinku (45 hodin dle AETR) mimo své bydliště, vyhledává parkoviště, která nabízí hygienické, kulturní, sociální a jiné zázemí.

Takto vybavená parkovací místa není vždy možné najít v bezprostřední blízkosti plánované trasy.

- Servisními prohlídkami

Např. vozidlo 7H1 3392 v 4. týdnu mělo plánovanou vykládku z Itálie v Jaroměři. Po vyložení bylo plánováno provedení servisní prohlídky v Liberci. Ve výsledku se jednalo o 100 km ujeté prázdné vzdálenosti.

Dále vozidlo SPZ 5H6 2345 v 9. týdnu po složení zboží v Praze přešlo na servisní prohlídku do Liberce také po prázdnou, což je 110 km.

- Přejezdy do areálu firmy

Tyto přejezdy jsou způsobené zejména u skutečností, kdy řidič vyloží zboží, přeje do logistického areálu, popřípadě do blízkosti svého bydliště, kde nechá odstavené vozidlo a dělá např. povinnou bezpečnostní přestávku. Poté najíždí na další plánovanou nakládku.

Např. vozidlo SPZ 1H0 0907 v 11. týdnu vyložilo v Mladé Boleslavi, jelo na nakládku

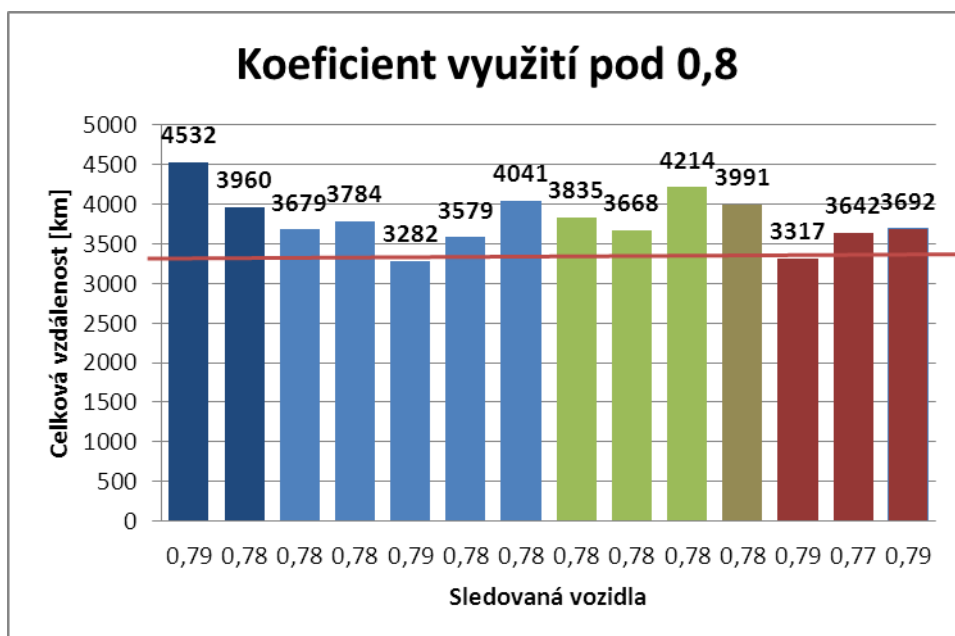
do Nového Bydžova. Předtím se však řidič rozhodl vykonat bezpečností přestávku v areálu firmy v Turnově. Výsledek je takový, že v případě přepravy MB – Nový Bydžov – Bratislava se jedná o 369 km, přeprava MB – Turnov – Nový Bydžov – Bratislava má vzdálenost 397 km, což je rozdíl 28 km, které lze považovat za prázdné.

- Nepředvídatelné příčiny

Jedná se o příčiny, které nemůže ani řidič, ani dispečer svým konáním předvídat a eliminovat. Jedná se zejména o problémech na nakládkách, kdy např. zboží není připravené, není vyrobené, došlo k chybě lidského faktoru v plánování od zákazníka atd.

Skutečnost, kdy vozidlo přijede na nakládku a bez naložení musí pokračovat na další nakládku, je však vždy kompenzována smluvním poplatkem často nazývaným marný nájezd. Zpravidla by tento poplatek měl pokrýt finanční náklady dopravce na prázdné kilometry, popř. také za promarněný čas.

Další skutečnost, která vyplývá z analýzy, je fakt, že koeficient využití pod 0,8 se objevuje zpravidla u přeprav, kde je nájezdová vzdálenost vyšší. Toto je přehledně graficky znázorněno v ilustraci č. 18. Svislá červená přímka značí průměrnou hodnotu nájezdové vzdálenosti (3379 km). Jednotlivá vozidla jsou od sebe odlišena jinou barvou.



Obrázek č. 18: Koeficient využití pod 0,8

## **7. Optimalizace rozvozových tras**

V této části se DP bude zabývat optimalizací rozvozových tras. Postupně budou představeny 3 problémy distribuční činnosti včetně podrobné analýzy stávajícího stavu řešení. Na každý distribuční problém bude aplikována vhodná optimalizační metoda. Výsledkem řešení po optimalizaci budou nová data, vyjádřená v nákladech na pohonné hmoty, hodnotě kilometrové vzdálenosti či časové náročnosti optimalizované trasy.

V diplomové práci je počítáno s cenou nafty 29 Kč/l. Tato cena odpovídá stavu z října 2015.

Pro zjištění časové náročnosti optimalizované trasy byl použit internetový nástroj google maps. Tento plánovací nástroj dokáže, po zadání jednotlivých průjezdných bodů, vyhodnotit čas potřebný k dopravě. Výsledná hodnota však nereflektuje aktuální provoz na silničních komunikacích (nehody, kolony atd.). Z tohoto důvodu je nutno brát časový údaj pouze jako odhad, v praxi budou hodnoty pravděpodobně vyšší.

### **7.1. Distribuční trasa A**

Distribuční trasa, označovaná pro účely diplomové práce písmenem A, svým charakterem odpovídá distribučnímu problému obchodního cestujícího.

#### **7.1.1. Analýza stávajícího stavu distribuční trasy A**

Distribuce zboží probíhá dopravou zvanou distribuční okruh, kde dochází k postupnému rozvezení palet se zbožím do předem určených měst. Tento pravidelný distribuční okruh se realizuje 2x týdně, vždy v pondělí a ve středu. Nakládka probíhá v průmyslovém podniku v Hradci Králové v brzkých ranních hodinách tak, aby vozidlo bylo na první vykládce v Chrudimi v 6h ráno. Poslední vykládka v Poličce probíhá obvykle v 17.30.

Distribuce zboží je realizována plachtovou dodávkou SPZ 3H6 9560. Zboží je baleno v plastových boxech, které jsou umístěné na paletě rozměru EURO 120x80x100 cm, a překryto plastových víkem, takže je možno palety stohovat na sebe. Na každém distribučním místě se vykládají 1-2 palety, v závislosti na objednávce odběratele.

Jak je patrné z ilustrace č. 19, celková kilometrová náročnost stávajícího okruhu je 651 km.

Obrázek č. 19: Pořadí vykládek u distribučního okruhu A

Pořadí	Odběratelská místa	Délka trasy [km]
0 (nakládka)	Hradec Králové	0
1.	Chrudim	34
2.	Česká Třebová	58
3.	Boskovice	60
4.	Blansko	23
5.	Brno	29
6.	Prostějov	61
7.	Luhačovice	97
8.	Nové Město na Moravě	188
9.	Polička	27
10. (odstavení vozidla)	Hradec Králové	74
<b>Celkem</b>		<b>651</b>

Při ceně nafty 29 Kč/l a průměrné spotřebě plachtové dodávky 11.5 l/ 100 km lze jednoduše spočítat finanční náklady na tento okruh.

$$\text{Spotřeba plachtové dodávky na 1 km: } \frac{11.5}{100} = 0,115l / km$$

$$\text{Spotřeba litrů paliva plachtové dodávky pro okruh A: } 0,115 \times 651 = 74,865l$$

$$\text{Celková finanční náročnost spotřeby pro okruh A: } 74,865 \times 29 = 2171Kč$$

### 7.1.2. Optimalizace

Charakter přepravy odpovídá distribučnímu problému typu obchodního cestujícího.

Pro řešení optimalizace byla vybrána Littlova metoda.

Základem Littlovy metody je vytvoření čtvercové matice jednotlivých vzdáleností, která je zobrazena v ilustraci č. 20. Vzdálenosti jsou vyjádřeny v km.



		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Blansko	1	x	23	29	71	125	115	143	63	49	66
Boskovice	2	23	x	40	60	114	104	154	52	40	56
Brno	3	29	40	x	89	142	129	115	78	62	84
Česká Třebová	4	71	60	89	x	68	58	170	65	104	39
Hradec Králové	5	125	114	142	68	x	34	225	95	159	74
Chrudim	6	115	104	129	58	34	x	214	62	148	58
Luhačovice	7	143	154	115	170	225	214	x	188	105	171
Nové Město na Moravě	8	63	52	78	65	95	62	188	x	93	27
Prostějov	9	49	40	62	104	159	148	105	93	x	105
Polička	10	66	56	84	39	74	58	171	27	105	x

Obrázek č. 20: Matice vzdáleností

Pro určení první etapy jízdy je potřeba v každém řádku matice odečíst od všech prvků minimální prvek řádku, a v každém sloupci odečíst od všech prvků minimální prvek sloupce. Matematicky vyjádřeno následovně:

$$v'_{i,j} = v_{i,j} - \min_i \{v_{i,j}\}$$

$$v''_{i,j} = v_{i,j} - \min_j \{v_{i,j}\}$$

Nově vzniklá matice po tomto kroku obsahuje v každém řádku a sloupci alespoň jednu nulovou hodnotu.

Poté je každá nulová hodnota v matici ohodnocena číslem  $q_{ij}$  tak, že je sečten minimální prvek v příslušném sloupci a řádku.

$$q_{ij} = \min_i \{v''_{i,j}\} + \min_j \{v''_{i,j}\} = 12 + 29 = 41$$

Toto pole je červeně zvýrazněné v ilustraci č. 21.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Blansko	1	x	0 (0)	0 (4)	36	102	92	55	40	26	43
Boskovice	2	0 (11)	x	11	25	91	81	66	29	17	33
Brno	3	0 (11)	11	x	48	113	100	21	49	33	55
Česká Třebová	4	32	21	44	x	29	19	66	26	65	0 (19)
Hradec Králové	5	91	80	102	22	x	0 (41)	126	61	125	40
Chrudim	6	81	70	89	12	0 (41)	x	115	28	114	24
Luhačovice	7	38	49	4	53	120	109	x	83	0 (21)	66
Nové Město na Moravě	8	36	25	45	26	68	35	96	x	66	0 (25)
Prostějov	9	9	0 (0)	16	52	119	108	0 (21)	53	x	65
Polička	10	39	29	51	0 (12)	47	31	79	0 (28)	78	x

Obrázek č.21: První etapa Littlovy metody

Z matice je vyloučen 6. řádek a 5. sloupec, přičemž dojde k redukci matice. Prvky redukované matice, které by umožnily předčasné ukončení okruhu, budou označeny symbolem  $\infty$ . Takové pole bude v 5. řádku a 6. sloupci. Aby matice měla opět nulové hodnoty v každém řádku a sloupci, byly odečteny minimální nenulové hodnoty.

Jelikož výsledkem není matice o rozměru  $1 \times 1$ , algoritmus pokračuje jako v předešlých krocích.

V druhé etapě je prvek s největší nulovou hodnotou v 10. řádku a 8. sloupci, s hodnotou 26. Tím je dána trasa  $10 \rightarrow 8$ . Toto je graficky znázorněno v ilustraci č. 22.

		1	2	3	4	6	7	8	9	10
Blansko	1	x	0 (0)	0 (4)	36	73	55	40	26	43
Boskovice	2	0 (11)	x	11	25	62	66	29	17	33
Brno	3	0 (11)	11	x	48	81	21	49	33	55
Česká Třebová	4	32	21	44	x	0 (12)	66	26	65	0 (0)
Hradec Králové	5	69	58	80	0 (18)	?	104	39	103	18
Luhačovice	7	38	49	4	53	90	x	83	0 (21)	66
Nové Město na Moravě	8	36	25	45	26	16	96	x	66	0 (16)
Prostějov	9	9	0 (0)	16	52	89	0 (21)	53	x	65
Polička	10	39	29	51	0 (0)	12	79	0 (26)	78	x

Obrázek č. 22: Druhá etapa Littlovy metody

DP zde neposkytuje prostor k vypsání celého postupu řešení algoritmu, proto bude na tomto místě prezentován pouze výsledný okruh dle Littlovy metody.

Jednotlivá obslužná místa, srovnaná po optimalizaci, jsou uvedena v ilustraci č. 23.

Obrázek č. 23: Konečné řešení dle Littlovy metody

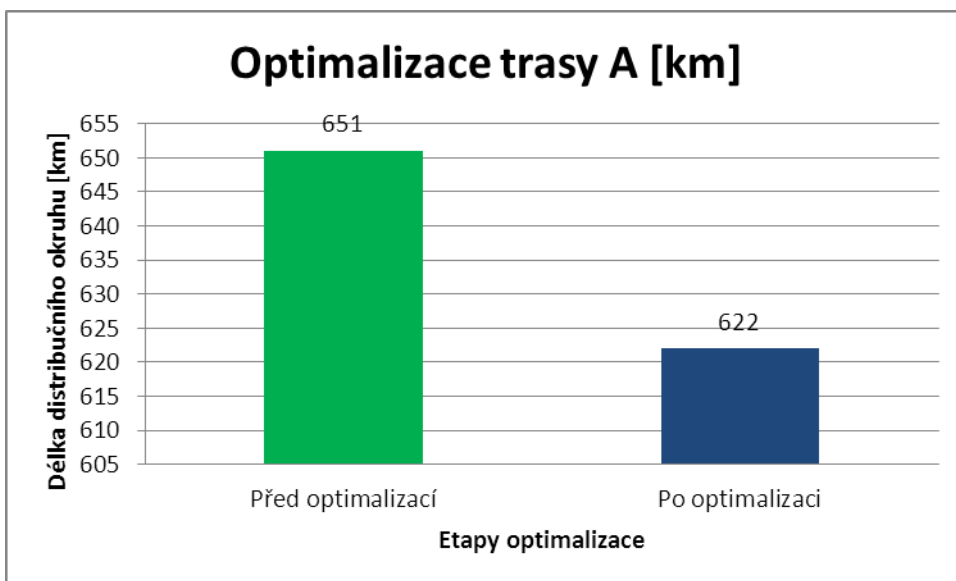
Pořadí	Etapa	Odběratelská místa	Délka trasy [km]
0 (nakládka)	5	Hradec Králové	0
1.	5 → 4	Česká Třebová	67
2.	4 → 10	Polička	39
3.	10 → 8	Nové Město na Moravě	26
4.	8 → 2	Boskovice	52
5.	2 → 9	Prostějov	40
6.	9 → 7	Luhačovice	105
7.	7 → 3	Brno	115
8.	3 → 1	Blansko	29
9.	1 → 5	Chrudim	115
10. (odstavení vozidla)	5	Hradec Králové	34
<b>Celkem</b>			<b>622</b>

### 7.1.3. Závěrečné zhodnocení

Jak je patrné z ilustrace č. 23, celkový kilometrový nájezd po optimalizaci trasy je 622 km. Jedná se tedy o úsporu 29 km na 1 distribuční okruh.

Optimalizací dochází také k úspoře času potřebného k projetí celého distribučního okruhu o 5 minut.

Grafické vyjádření je uvedené v ilustraci č. 24.



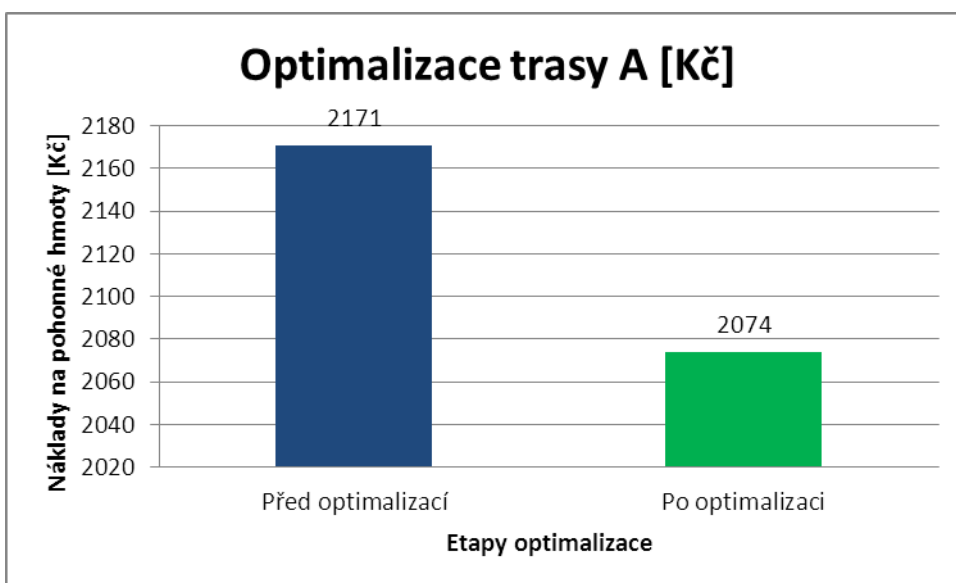
Obrázek č. 24: Optimalizace trasy A - vzdálenost

Náklady na pohonné hmoty pro optimalizovaný distribuční okruh, respektující spotřebu 11.5 km/ 100 km, se vypočítají dle vztahu:

$$0,115 \times 622 = 71.53\text{l}, \text{ tedy}$$

$$71,53 \times 29 = 2074\text{Kč}$$

V porovnání s výchozím stavem dochází k úspoře 97 Kč na jeden projetý distribuční okruh. Porovnání jednotlivých stavů je uvedeno v grafu v ilustraci č. 25.



Obrázek č. 25: Optimalizace trasy A – finance

Řešený okruh je obsluhován vozidlem dvakrát týdně, finanční úspora činí 194 Kč za týden.

Přeprava se provádí průměrně 45 týdnů v roce, tedy roční finanční úspora bude 8730 Kč.

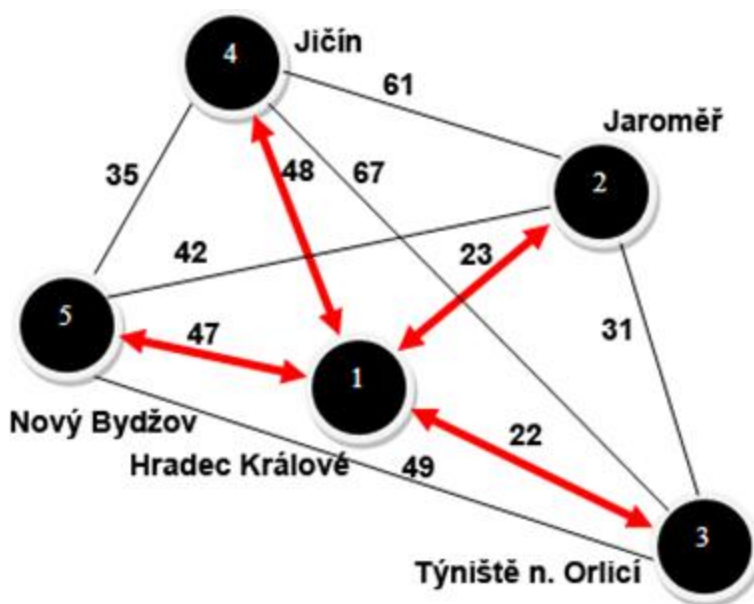
## 7.2. Distribuční trasa B

Trasa, v DP značená písmenem B, je charakteristická tím, že je rozváženo zboží, a zároveň se sváží použité vratné obaly.

### 7.2.1. Analýza stávajícího stavu distribuční trasy B

V současné době rozvoz zboží, z distribučního skladu v Hradci Králové, zajišťuje plachtová dodávka SPZ 3H9 0572. Zboží je baleno v malých plastových bedýnkách, které jsou umístěné vedle sebe na europaletě, a nastohovány na sebe, až do konečného rozměru 120x80x100 cm. Hmotnost jedné palety se zbožím je 150 kg. Charakteristickým rysem této přepravy je následný odvoz vratných obalů.

Charakter celého rozvozu je patrný z ilustrace č. 26.



Obrázek č. 26: Výchozí stav distribučního okruhu

Vozidlo obvykle nakládá v Hradci Králové, palety se zbožím vyloží v Jaroměři. Na stejném místě dojde také k nakládce prázdných obalů. Vozidlo jede zpět do Hradce Králové, kde vyloží vratné obaly a naloží zboží, které následně odveze do Týniště nad Orlicí. Zde se opět naloží vratné obaly. Tento proces je opakován až do poslední destinace – Nový Bydžov. Hodnoty mezi jednotlivými odběratelskými místy jsou

uvedené v km.

Současný okruh obsahuje trasy:

$$v_1 \rightarrow v_2, v_2 \rightarrow v_1, v_1 \rightarrow v_3, v_3 \rightarrow v_1, v_1 \rightarrow v_4, v_4 \rightarrow v_1, v_1 \rightarrow v_5, v_5 \rightarrow v_1$$

Celková hodnota okruhu je 280 km (23+23+22+22+48+48+47+47).

Náklady na neoptimalizovaný okruh realizovaný plachtovou dodávkou jsou při průměrné spotřebě 11.5 l/ 100 km 32.2 l. Při ceně 29 Kč/l se jedná o finanční náklady v hodnotě 934 Kč.

Jelikož objemová kapacita plachtové dodávky je pro rozvozové destinace takřka naplněna, není možné všechno zboží pro odběratele naložit na jednou a rozvést ho postupně, např. okružní jízdou.

### 7.2.2. Optimalizace

V rámci optimalizace distribuční trasy bude proveden experiment, jehož cílem je snížit finanční náklady na přepravu tím, že se odběratelská místa seřadí do tzv. distribučního okruhu. Součástí úlohy také bude vybrání vhodného vozidla, které bude splňovat kapacitní požadavky na objem zboží.

Charakteristice úlohy nejlépe odpovídá řešení pomocí Clarka-Wrighta, proto bude tato metoda použita pro optimalizaci tohoto problému.

V následujícím kroku jsou vypočítány výhodnostní koeficienty pro všechny dvojice destinací a hodnoty budou zaznamenány do přehledné tabulky, která je zobrazena v ilustraci č. 27.

Výpočet probíhá dle následujícího matematického vzoru:

$$z_{ij} = h(v_x; v_i) + h(v_j; v_x) - h(v_i; v_j)$$

Konkrétně tedy pro  $v_2; v_3$

$$z_{23} = h(v_1; v_2) + h(v_3; v_1) - h(v_2; v_3) = 23 + 22 - 31 = 14$$

Obrázek č. 27: Výhodnostní koeficienty destinací

Dvojice destinací	Výhodnostní koeficient $z_{ij}$
$v_2; v_3$	14
$v_3; v_2$	14
$v_2; v_4$	10
$v_4; v_2$	10
$v_2; v_5$	28
$v_5; v_2$	28
$v_3; v_4$	3
$v_4; v_3$	3
$v_3; v_5$	20
$v_5; v_3$	20
$v_4; v_5$	60
$v_5; v_4$	60

Z tabulky je vybrána ta dvojice, která má nejvyšší kladný výhodnostní koeficient.

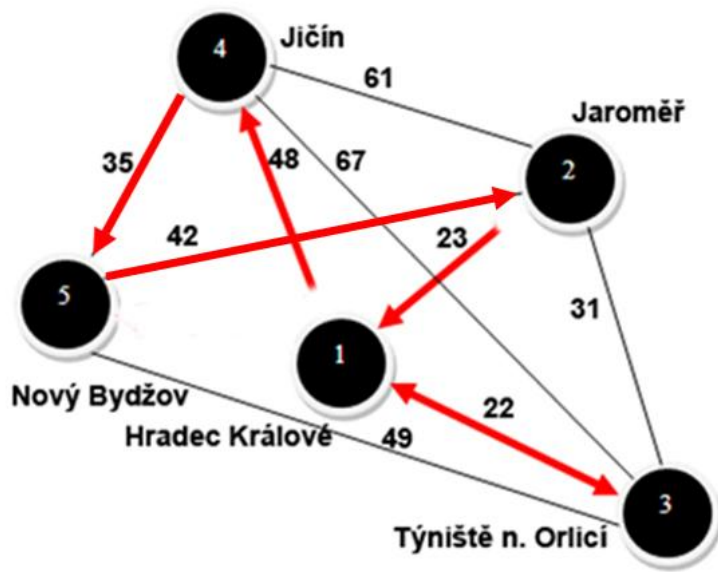
Nejvyšší hodnotu 60 má dvojice  $v_4; v_5$  a  $v_5; v_4$ . Náhodně byla vybrána  $v_4; v_5$  a z okruhu byly odebrány trasy  $v_4 \rightarrow v_1, v_1 \rightarrow v_5$  a naopak byla přidána trasa  $v_4 \rightarrow v_5$ .

Nyní okruh obsahuje následující trasy:

$$v_1 \rightarrow v_2, v_2 \rightarrow v_1, v_1 \rightarrow v_3, v_3 \rightarrow v_1, v_1 \rightarrow v_4, v_4 \rightarrow v_5, v_5 \rightarrow v_1$$

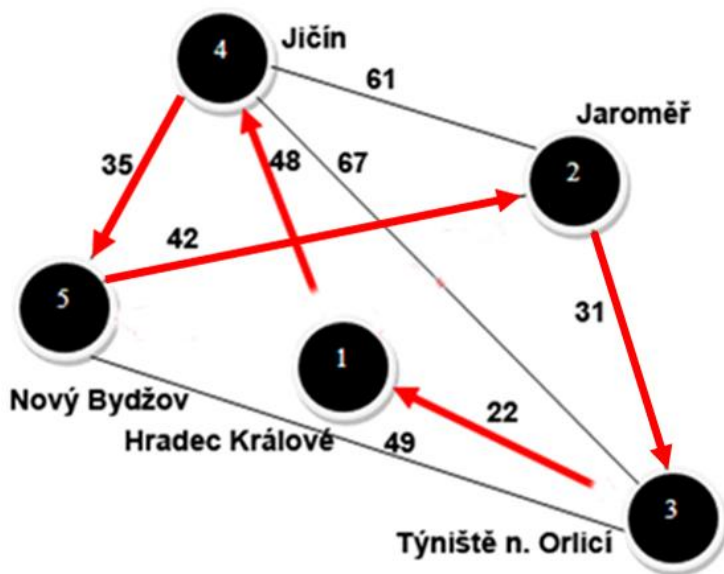
S celkovou hodnotou: 220 km (23+23+22+22+48+35+47).

Postup je nyní opakován, je opět vybrána aktuální nejvyšší hodnota výhodnostních koeficientů. Nejvyšší hodnoty 28 dosáhla dvojice destinací  $v_5; v_2$ . Z okruhu jsou odebrány trasy  $v_5 \rightarrow v_1$  a  $v_1 \rightarrow v_2$ , a je přidána trasa  $v_5 \rightarrow v_2$ . Celková hodnota okruhu je 192 km (48+35+42+23+22+22), a je zobrazena v ilustraci č. 28.



Obrázek č. 28: Řešení distribuce dle Clarka-Wrighta

Po opakování algoritmu až do té nejmenší hodnoty, vznikne nový, optimalizovaný, okruh, který je zobrazen v ilustraci č. 29.



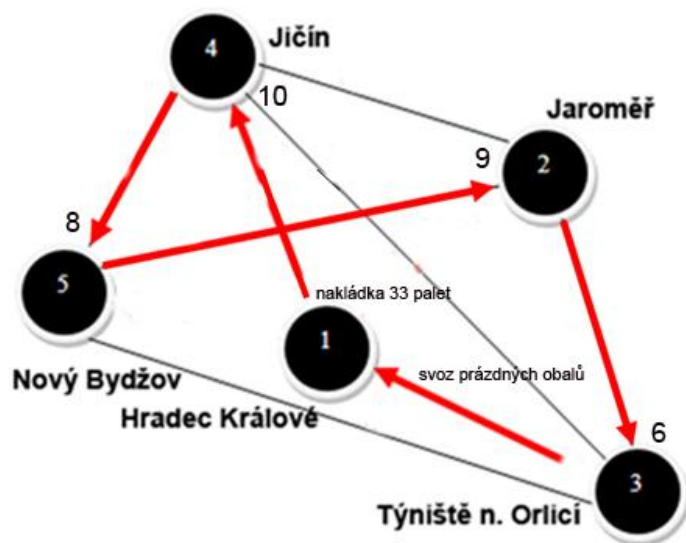
Obrázek č. 29: Konečný distribuční okruh dle Clarka-Wrighta

Jeho hodnota je 178 km ( $48+35+42+31+22$ ).

Jak již bylo uvedeno dříve, takto sestavenou trasu nelze realizovat pomocí plachtové dodávky z důvodu omezené kapacity.

Je tedy nutné se zaměřit na přesný počet palet. Toto je graficky znázorněno v ilustraci č. 30.





Obrázek 30: Celkový počet palet v okruhu dle Clarka-Wrighta

V Hradci Králové vozidlo naloží 33 palet, což představuje kompletní kolekci pro odběratelská místa v tomto projektu, s celkovou hmotností 4950 kg. V Jičíně se vyloží 10 palet, a zároveň se na uvolněné místo doloží prázdné obaly. Vozidlo pokračuje do Nového Bydžova, kde vyloží dalších 8 palet, a opět naloží prázdné obaly. Poslední palety se zbožím vozidlo vyloží v Týništi nad Orlicí. Poté se vozidlo, které je plně naloženo vratnými obaly, vrací zpět do Hradce Králové.

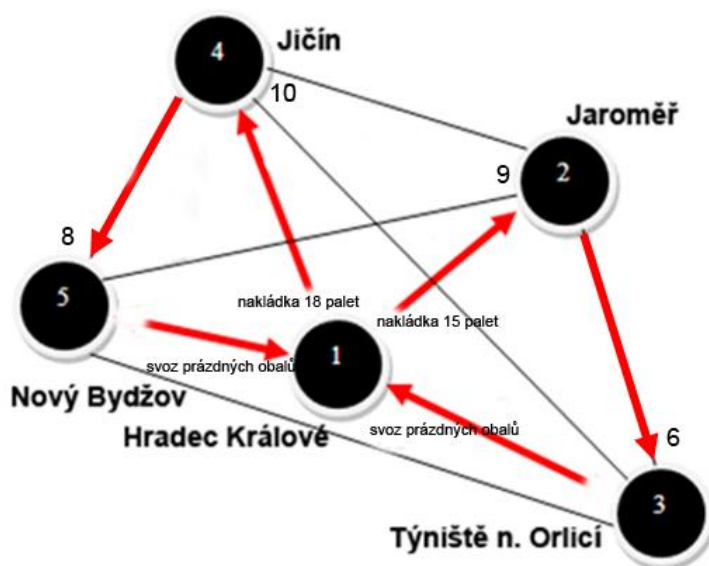
Po rozmístění, 33 palet na ložné ploše vozidla zaujímá prostor 6.8 ldm. Díky celkové hmotnosti 4950 kg je vhodné vybrat vozidlo typu sólo do 6 t nosnosti. Z vozového parku logistické firmy je možno vybrat vozidlo SPZ 3H8 8187, které splňuje požadovanou nosnost a také délku ložné plochy.

V DP byla také rozpracována varianta použití o řád menšího vozidla, v tomto případě tedy vozidla typu sólo do 3.5 t nosnosti s nižší spotřebou než sólo 6 t. Např. Iveco SPZ 6H5 3501.

Této variantě odpovídal první stupeň rozpracovanosti optimalizačního cyklu. Vozidlo by naložilo 18 palet v distribučním centru, a postupně je rozvezlo do odběratelských míst v Jičíně a v Novém Bydžově. Tato vzdálenost čítá 130 km. Poté by se opět vrátilo do distribučního centra, kde složí prázdné obaly.

Dle optimalizačního algoritmu by mělo vozidlo naložit další zboží do Jaroměře, vrátit se s obaly, složit a naložit zboží do Týniště nad Orlicí, odkud by se opět vrátilo do Hradce

Králové. Jelikož však kapacita vozidla umožňuje naložit zboží pro obě odběratelská místa najednou, tedy 15 palet/ 2250 kg, řidič vyloží v Jaroměři a v Týništi nad Orlicí postupně, a v Hradci Králové složí prázdné obaly. Celková vzdálenost této trasy je 206 km. Celé schéma dopravy je zobrazené na ilustraci č. 31.



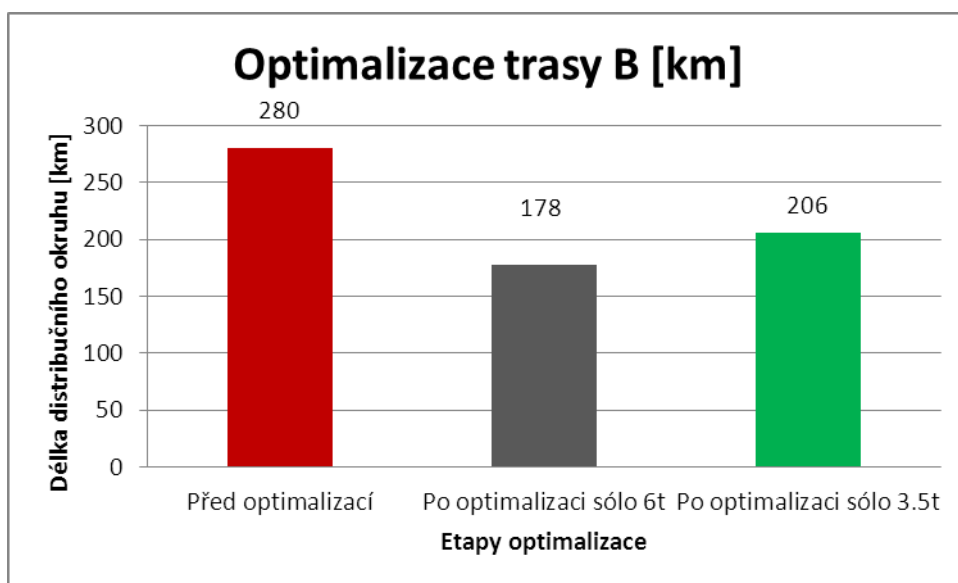
Obrázek č. 31: Optimalizace pro sólo 3.5 t.

### 7.2.3. Závěrečné zhodnocení

Optimalizace byla provedena pro dva typy vozidel. V případě transformace výchozího stavu na distribuční problém typu obchodního cestujícího je nutno použít vozidlo typu sólo 6 t. V tomto případě bylo uspořeno 102 km a 55 minut času.

Vozidlo typu sólo 3.5 t je schopno přepravu realizovat ve dvou na sobě navazujících okruzích Hradec Králové – Jičín – Nový Bydžov – Hradec Králové a Hradec Králové Jaroměř – Týniště nad Orlicí – Hradec Králové. V tomto případě dojde k úspoře 74 km a 41 minut.

Vzájemné porovnání výchozího stavu a stavu po optimalizaci je zobrazeno v ilustraci č. 32.



Obrázek č. 32: Optimalizace trasy B - vzdálenost

Výchozí stav obsahoval 280 km. Tato vzdálenost byla obsluhována plachtovou dodávkou, kde náklady na pohonné hmoty byly vyčísleny na 934 Kč.

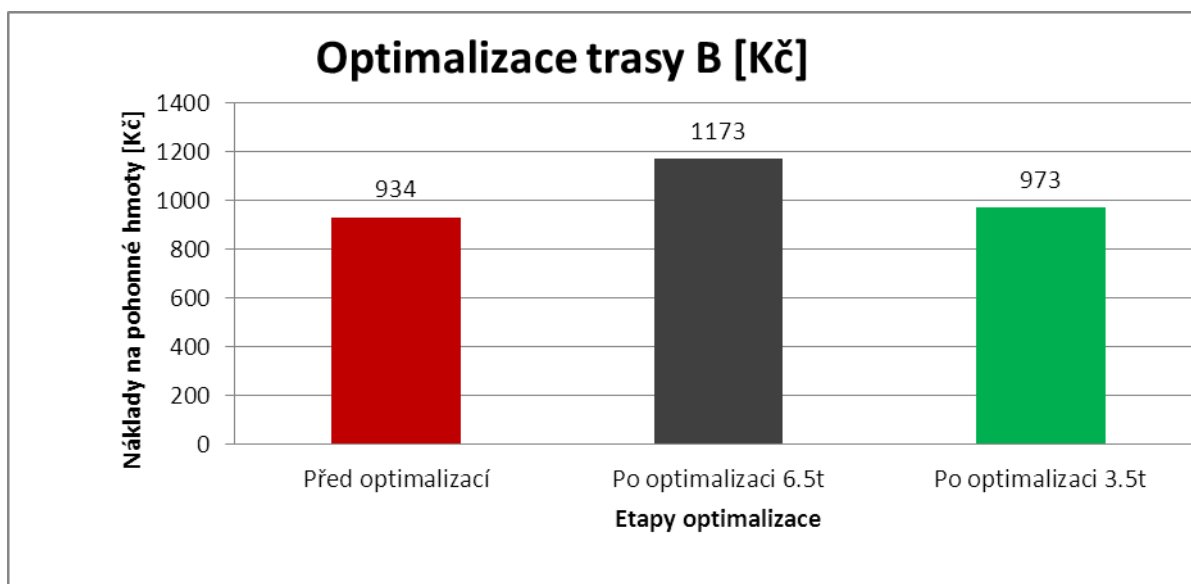
Optimalizovaný okruh obsahuje 178 km, ale bude muset být obsluhován vozidlem do 6 t nosnosti.

Vozidlo má průměrnou spotřebu 22 l/ 100 km. Při ceně nafty 29 Kč/ l se jedná o 1135 Kč.

Do celkové finanční náročnosti je třeba počítat také mýtné zatížení na trase Nový Bydžov – Jaroměř, cca. 38 Kč. Celkem tedy 1173 Kč.

Optimalizovaná trasa pro sólo 3.5 t obsahuje 206 km, při průměrné spotřebě vozidla 16 l/ 100 km a při totožné ceně nafty vychází náklady na pohonné hmoty na 956 Kč. K této ceně je nutno přičíst náklady na mýto na trase Hradec Králové – Jaroměř: 17 Kč, celkem tedy 973 Kč.

Vzájemné porovnání z hlediska finančních nákladů na naftu je uvedeno v ilustraci č. 33.



Obrázek č. 33: Optimalizace trasy B – finance

Jak je patrné z ilustrace č. 33, finanční náklady na optimalizovaný okruh pro sólo 6 t jsou o 239 Kč vyšší. Optimalizací došlo pouze k úspoře vzdálenosti a času. Charakter přepravy však nedovoloval použít stejné vozidlo také pro optimalizovaný okruh. Proto bylo zvoleno vozidlo s větší nosností, ale také s vyšší spotřebou pohonných hmot, což se ve výsledku podepsalo na vyšší finanční náročnosti optimalizovaného okruhu. To samé platí také pro optimalizovanou trasu pro vozidlo typu sólo 3.5 t, kde finanční náklady jsou o 39 Kč vyšší v porovnání s původní trasou.

Tato optimalizace tedy není z finančního hlediska výhodná, a proto lze doporučit realizování přepravy dle výchozího stavu.

### 7.3. Distribuční trasa C

Distribuční trasa s označením C je kombinovaný případ, který obsahuje zajištění importní celozásilkové přepravy, vykládku postupně na třech místech v ČR, a následnou distribuci výrobků.

#### 7.3.1. Analýza stávajícího stavu distribuční trasy C

Celý proces začíná v průmyslovém podniku v německém městě Heilsbron. Zde dochází k naložení vratných obalů. Obaly jsou uloženy vždy na 51 europaletách. Vzhledem k velikosti celé dodávky se jako přepravní vozidlo používá těžkotonážní návěs.

Následně se obaly postupně vyloží v pobočkách firmy v Plzni, Jihlavě a Turnově.

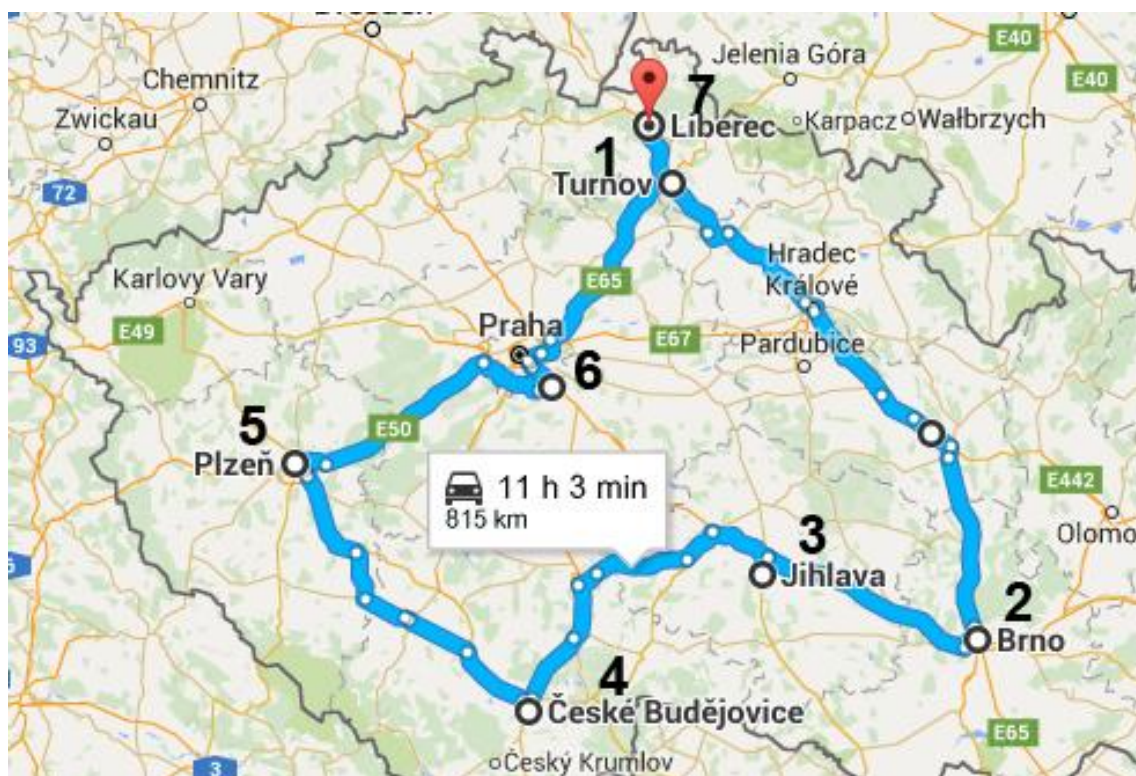
Z těchto měst se zboží distribuuje k odběratelům v Praze, Liberci, Brně, Českých Budějovicích.

V Plzni se vyloží 24 palet, v Jihlavě 9 palet a do Turnova se doveze 18 palet s obaly.

Distribuční činnost začíná v momentě, kdy zákazník obaly naplní svým zbožím a potřebuje ho rozvést k odběratelům.

Do Prahy je distribuováno 26 palet, do Liberce 7 palet, v Brně potřebují 12 palet a do Českých Budějovic 6 palet.

V současnosti distribuce probíhá okružní jízdou těžkotonážním návěsem. Naloží zboží v Turnově, a část vyloží v Brně. Poté vozidlo pokračuje do Jihlavy, kde naloží zboží, a dojde k částečnému vyložení v Českých Budějovicích. Vozidlo dále pokračuje do Plzně, kde je naložena poslední část zbývajících zboží. Následně je zboží rozvezeno do Prahy a Liberce. Celý proces distribuce je zobrazen na ilustraci č. 34.



Obrázek č. 34: Distribuce zboží

Celková kilometrová náročnost je 815 km.

Náklady na mýto pro vozidlo emisní třídy 5 jsou následující:

Jičín – Turnov – bez mýta

Turnov – Brno – (přes Hradec Králové) bez mýta

Brno – Jihlava – 339 Kč

Jihlava – České Budějovice – bez mýta

České Budějovice – Plzeň - bez mýta

Plzeň – Praha – 319 Kč

Praha – Liberec – 407 Kč

Spotřeba vozidla je 32.6 l/ 100 km, tedy 0,326 l/ km. Při ceně 29 Kč/l pohonné hmoty se jedná o finanční náklady v hodnotě 9.454 Kč/ km. Při celkovém nájezdu 815 km jsou náklady na pohonné hmoty 7704 Kč. Díky mýtnému zatížení je nutno k této částce přidat také mýto. Tedy 7704 Kč + 1065 Kč = 8769 Kč.

### 7.3.2. Optimalizace

Experiment optimalizace této trasy bude spočívat v rozdělení nákladu na více vozidel. Metoda, která řeší vzájemný vztah mezi kapacitou výrobních podniků a požadavky odběratelských míst se nazývá Vogelova aproximační metoda.

Výchozí konstrukce experimentu bude vycházet z tabulky, která je zobrazena na ilustraci č. 35. Uvedené hodnoty odpovídají vzdálenosti jednotlivých měst v km. Kapacita značí počet obalů, které jsou v pobočkách umístěny, a požadavkem je myšleno, kolik zboží odběratelé vyžadují. Hodnoty jsou uvedeny v počtu palet.

Obrázek č. 35: Vogelova aproximační metoda

	Praha	Liberec	Brno	České Budějovice	Kapacita
Plzeň	100	200	300	150	<b>24</b>
Jihlava	130	200	100	140	<b>9</b>
Turnov	100	30	220	230	<b>18</b>
Požadavky	<b>26</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>51</b>

Matematicky lze problém vyjádřit následovně:

Minimalizovat

$$z = 100x_{11} + 200x_{12} + 300x_{13} + 150x_{14} + 130x_{21} + 200x_{22} + 100x_{23} + 140x_{24} + 100x_{31} + 30x_{32} + 220x_{33} + 230x_{34}$$

Za podmínek:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 24$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = 9$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = 18$$

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} = 26$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} = 7$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} = 12$$

$$x_{14} + x_{24} + x_{34} = 6$$

Do tabulky se doplní tzv. difference, jak je patrné z ilustrace č. 36. Jedná se o rozdíl mezi nejmenšími hodnotami v daném řádku a sloupci.

Obrázek č. 36: Vogelova aproximační metoda - difference

	Praha	Liberec	Brno	České Budějovice	Kapacita	Diference
Plzeň	100	200	300	150	<b>24</b>	50
Jihlava	130	200	100	140	<b>9</b>	30
Turnov	100	30	220	230	<b>18</b>	70
Požadavky	<b>26</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>51</b>	
Diference	30	170	120	10		

V dalším kroku je vybrána maximální difference, a v příslušném řádku nebo sloupci pole s nejmenší hodnotou. V tomto případě se jedná o pole  $x_{32}$ , jak je patrné u ilustrace č.

37.

Obrázek č. 37: Vogelova aproximační metoda

	Praha	Liberec	Brno	České Budějovice	Kapacita	Diference
Plzeň	100	200	300	150	<b>24</b>	50
Jihlava	130	200	100	140	<b>9</b>	30
Turnov	100	<b>7</b>	220	230	<b>11</b>	70
Požadavky	<b>26</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>51</b>	
Diference	30	170	120	10		

Je patrné, že požadavky Liberce jsou uspokojeny, proto v dalším kroku se tyto požadavky změni na 0, a s daným sloupcem se přestane počítat. Celý cyklus pokračuje dalším přepočítáním jednotlivých diferencí, až do konečné podoby, která je zobrazena v ilustraci č. 38.

Obrázek č. 38: Výsledné řešení dle Vogelovy aproximační metody

	Praha	Liberec	Brno	České Budějovice	Kapacita	Diference
Plzeň	15	x	3	6	0	x
Jihlava	x	x	9	x	0	x
Turnov	11	7	x	x	0	x
Požadavky	0	0	0	0	51	
Diference	x	x	x	x		

### 7.3.3. Závěrečné zhodnocení

Výsledkem Vogelovy aproximační metody jsou 3 nově vzniklé distribuční cesty:

- Plzeň → Praha → Brno → České Budějovice → Plzeň: 635 km

Celkové množství palet je 24 ks, tomuto množství odpovídá typ vozu Iveco do 3.5 t užité hmotnosti. Např. vozidlo 3H3 3451. S průměrnou spotřebou 16 l / 100 km, vychází náklady na pohonné hmoty 2946 Kč. Mýtné zatížení je následující:

Plzeň – Praha – 130 Kč

Praha – Brno – 355 Kč

Brno – České Budějovice – 225 Kč

České Budějovice – Plzeň – bez mýta

Celkové náklady na tuto trasu jsou: 2946 Kč + 710 Kč = 3656 Kč.

- Jihlava → Brno → Jihlava: 184 km

Množství 9 palet odpovídá kapacitě plachtové dodávky. Se spotřebou 11.5 l / 100 km se jedná o finanční náklady v hodnotě 614 Kč na pohonné hmoty. Jelikož vozidlo není zatíženo povinností platit mýto, tato hodnota se dá považovat za konečnou.

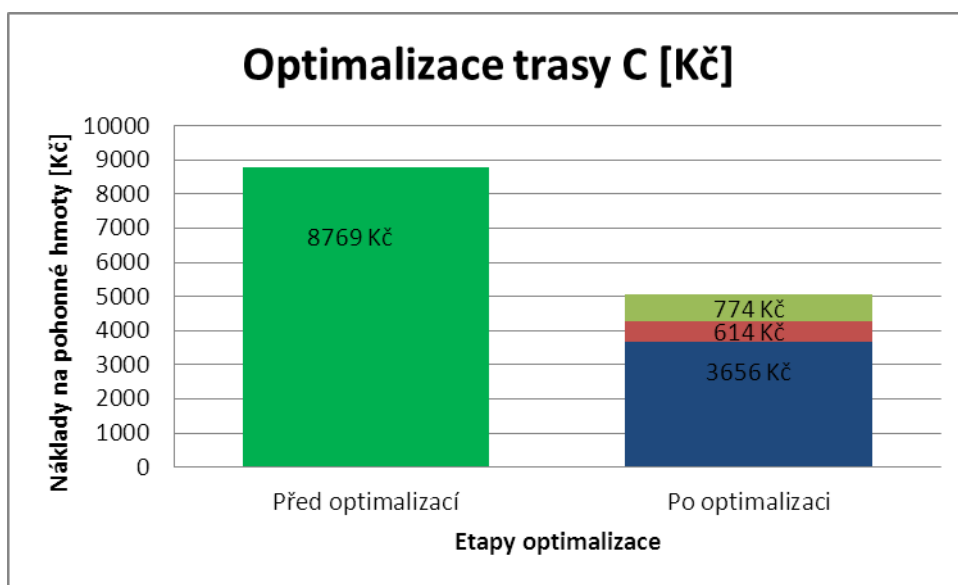


- Turnov → Praha → Liberec → Turnov: 232 km

Množství 18 palet také uveze plachtová dodávka. Bude uvažována stejná spotřeba jako v předešlém příkladu, tedy 11.5 l/ 100 km. Cena pohonných hmot při nájezdu 232 km bude 774 Kč.

Celkové náklady na distribuci tohoto typu po optimalizaci tedy jsou: 3656 Kč + 614 Kč + 774 Kč = 5044 Kč.

Porovnání obou stavů před optimalizací a po optimalizaci je znázorněn v ilustraci č. 39.



Obrázek č. 39: Optimalizace trasy C – náklady na naftu

Dochází k úspoře 3725 Kč na okruh, který se realizuje jednou za měsíc. Je třeba však také počítat s finančními náklady na mzdy řidičů. V DP dojde k porovnání nákladů na řidiče těžkotonážního návěsu v délce okruhu 815 km, a tří řidičů (2x plachtová dodávka 1x sólo 3.5t).

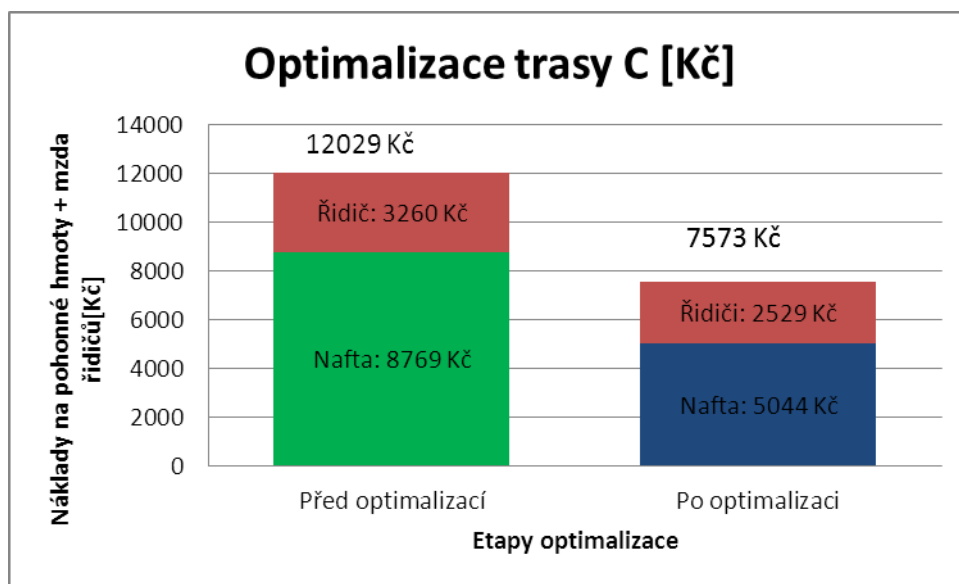
Finanční náklady na řidiče pro trasu před optimalizací se pohybují v hodnotě 4 Kč/ km. Jedná se o řidiče těžkotonážního návěsu. Celkem tedy 3260 Kč.

Mzda řidičů pro optimalizované trasy se vypočítá následovně:

- Pro řidiče sólo vozidlo 3.5 t: 3 Kč/ km, tedy 1905 Kč.
- Pro řidiče plachtové dodávky: 1.5 Kč/ km, tedy 276 Kč + 348 Kč.

Celkem tedy náklady na mzdu pro 3 řidiče = 1905 + 276 + 348 = 2529 Kč

Vzájemné porovnání nákladů je zobrazeno v ilustraci č. 40.



Obrázek č. 40: Optimalizace trasy C – náklady na naftu + řidiče

Z grafického znázornění je patrné, že optimalizací dojde také k úspoře finančních nákladů na plat řidiče. Celková úspora v porovnání s výchozím stavem se zvýšila na 4456 Kč.

Dále je třeba se zabývat otázkou, jak vozidla dostat na rozvoz zboží do Jihlavy a Plzně, když vozový park má centrální parkoviště v Turnově.

Na tomto místě budou rozpracovány jednotlivé varianty řešení.

#### 1.) Bez nákladu

Tato varianta počítá s tou nejhorší možnou variantou, a to vyslání vozidla bez nákladu z Turnova do Plzně a Jihlavy.

V případě trasy Turnov – Plzeň, tedy trasy, kterou musí vozidlo ujet, aby mohlo naložit zboží, se jedná o 212 km. Po složení zboží v Českých Budějovicích se vydá řidič po prázdnou do Turnova a ujede dalších 220 km. Celkem 432 km, při spotřebě 16 l/ 100 km výsledné vícenáklady na pohonné hmoty činí cca. 2000 Kč.

Druhá trasa se realizuje plachtovou dodávkou, nájezd z Turnova do Jihlavy je 172 km, zpět z Brna do Turnova 220 km, dohromady celkem 392 najetých prázdných kilometrů, při spotřebě 11.5 l/ km se jedná o 1307 Kč. Vše počítáno s cenou nafty 29 Kč/ l.

S výše popsaného je zřejmé, že varianta bez nákladu vyjde logistickou firmu na 3307 Kč.

Je zajímavé, že i v případě takto vysokého množství prázdných kilometrů (824 km), jsou vícenáklady stále menší než celková úspora po optimalizaci. To znamená, že i takto provedená přeprava má stále svůj smysl a je výhodnější než přeprava realizovaná před optimalizací.

## 2.) Vytížení

Varianta, která je založena na vytížení jiným nákladem na trasách na nakládku, a také vytížení zpět do areálu logistické firmy. K tomuto účelu by bylo třeba vhodný náklad vyhledat pomocí spediční databanky RaalTrans.

V rámci co nejvyšší přesnosti DP bylo provedeno namátkové vyhledání přeprav, které by mohly být vhodné k vytížení.

Pro vytížení vozidla sólo 3.5 t na trase Turnov – Plzeň bylo nalezeno následující:

- Spediční společnost A: Jičín – Příbram, 20 palet / 3 t: 2500 Kč
- Spediční společnost B: Mladá Boleslav – Klatovy, 6 palet / 2.2 t: 3100 Kč

Vytížení na trase České Budějovice – Turnov připadá v úvahu:

- Spediční společnost C: Linz, Rakousko – Jablonec nad Nisou, 24 palet / 3.3 t: 4500 Kč
- Spediční společnost D: Pelhřimov – Hořice, 20 palet / 2 t: 2300 Kč

Vytížení plachtové dodávky na trase Turnov – Jihlava:

- Spediční společnost E: Mnichovo Hradiště – Brno, 2 palety / 300 kg: 2000 Kč
- Spediční společnost F: Liberec – Třebíč, 10 palet / 1 t: 2800 Kč

Vytížení na zpáteční trase Brno – Turnov:

- Spediční společnost G: Luhačovice – Jablonec nad Nisou, 4 palety / 1.3 t: 3000 Kč
- Spediční společnost H: Zlín – Jičín, 5 palet / 1.3 t: 2300 Kč

Z výše zmíněného je zřejmé, že vytížení vozidla do blízkosti cíleného místa je možné, avšak je třeba počítat s větší celkovou časovou náročností přepravy (čas na přejetí

z nakládky, vykládky, čas potřebný pro naložení, vyložení) včetně možných komplikací jako např. dlouhé čekací doby, když se zboží nedaří vyrobit (porucha stroje) či situace běžně nazývaná jako pojízdný sklad (firma nemá aktuálně dostatek skladového místa). Tyto skutečnosti mohou způsobit zpožděné najetí vozidla na nakládku do cílového místa (Plzeň, Jihlava), a být příčinou dodání zboží odběratelům s větší prodlevou, což může vyústit v nejhorším případě i ztrátou zákazníka, který nebude spokojen s kvalitou dodávané služby.

### 3.) Parkování

Jednou z možností jak vozidlo mít v blízkosti cílových měst, je také jeho parkování v těchto místech. Vhodným řešením může být například uzavření zaměstnaneckého poměru s řidičem, který pochází z Plzně, vozidlo může parkovat v místě bydliště. Předpokladem úspěšného fungování této varianty je dostatek jiných nákladů v okolí bydliště řidiče, nejlépe přímo zákazník logistické firmy.

### 4.) Spedice

Spediční varianta počítá s prodejem přeprav jinému dopravci.

Dle zkušeností pracovníků na spedičním oddělení by se cena za přepravu Plzeň – Praha – Brno – České Budějovice pohybovala na dopravním trhu okolo 9400 Kč. Přepravu Jihlava – Brno by bylo možno prodat za 1400 Kč. Klíčovou otázkou tak zůstává pouze konečná cena pro zákazníka. Rozdíl mezi cenou pro zákazníka a cenou pro dopravce je zisk logistické společnosti, který musí reflektovat náklady spojené se zajištěním přepravy (telefon, papír, tisk, kancelářské potřeby), čas pracovníka odpovědného za realizaci dopravy, riziko spojené s přepravou atd.

## 8. Výsledky a diskuze

Praktická část diplomové práce byla rozdělena na dvě hlavní kapitoly, zabývající se optimalizací celovozových zásilek a optimalizací rozvozových tras. V obou kapitolách byly řešeny problémy, které reflektovaly konkrétní dopravní situace z praxe logistické firmy. Hlavním cílem optimalizace dopravních tras bylo snížit finanční náklady na pohonné hmoty. Cesta k cíli však byla pro obě zmíněné trasy odlišná. Zatímco u celovozových zásilek byla sledována hodnota vzdálenosti, které vozidlo ujelo bez nákladu, u distribučních tras byla pozornost zaměřena především na zkrácení kilometrové náročnosti při zachování obslužnosti všech požadovaných odběratelských míst.

V následující kapitole budou shrnuty dosažené výsledky, a také doporučení autora DP.

### **Celovozové trasy**

Pro účely diplomové práce bylo vybráno 5 těžkotonážních návěsových vozidel. U těchto vozidel byly porovnávány hodnoty ujetých kilometrů s nákladem a bez nákladu, a to po dobu 12. týdnů. Analýzou bylo zjištěno, že celkem 14 krát byl výsledný poměr pod kritickou hranicí 0,8.

Podrobným rozbohem jízdy vozidel, plánování zakázek a výkonu řidičů byly identifikovány hlavní příčiny kilometrů bez nákladu:

- Přejezdové vzdálenosti dle objednaných zakázek
- Přejezdy na servisní prohlídky (plánované i neplánované)
- Marné nájezdy pro zboží, které není vyrobené
- Přejezdy na lepší parkovací místa (bezpečnostní, hygienické důvody)
- Přejezdy do areálu firmy (řidiči zde dělají bezpečnostní přestávky)

Dopravní služby budou vždy vykazovat určité množství kilometrů, které vozidlo odjede bez nákladu. Snahou je však toto množství minimalizovat na co nejmenší nutnou hodnotu. Proto autor diplomové práce doporučuje tento efektivní ukazatel dále sledovat a analyzovat. Je běžnou praxí, že se sleduje finanční efektivita přepravy, a to zejména s ohledem na hodnotu Kč/ km. Dále je sledován například celkový počet kilometrů, které vozidlo ujede za týden. Porovnávání celkových kilometrů s kilometry bez nákladu je však obvykle ignorováno, a právě tato informace může být klíčová pro další úspěšný ekonomický růst logistické firmy.

Díky tomuto nástroji můžou být objeveny možnosti, jak přepravu ještě více zefektivnit. Doporučení míří zejména k nastavení jistých pravidel pro pracovníky na dispečerských pozicích. Tyto pravidla by měly dávat důraz nejen na hodnotu CZK za jeden ujetý kilometr, ale právě také na prázdné ujeté kilometry. Nyní je dispečer povinen dodržovat určitou fixní finanční částku na ujetý kilometr (jejíž výše má charakter strategické povahy, tudíž nebude v DP uvedena), počítáno z výchozího bodu, ze kterého vozidlo započalo svůj výkon (obvykle areál dopravní firmy), až do koncového bodu (opět zpravidla areál dopravní firmy, či další místo nakládky).

Dispečer se řídí jednoduchými pravidly u vyjednávání ceny za přepravu, kdy např. u exportů do Velké Británie je třeba počítat s velkými přejezdovými vzdálenostmi pro zpětné vyřízení, a tuto skutečnost zahrnout do exportní ceny. Dispečer je spokojen, že dodrží plánovanou částku na odjetý kilometr, a nesnaží se zvýšit ziskovost z přepravy např. přepravami na krátkou vzdálenost po vnitrozemí. Je běžná praxe, že do 100 km se vozidla stahují bez nákladu tak, aby byl naložen dalšího export. Zde je velký prostor pro zlepšení.

Po implementaci doporučení do přepravní praxe by nemělo být pravidlem, že vozidlo ujede u jedné přepravy 100 i více km bez nákladu, protože celková cena za přepravu tento luxus dovoluje. Nyní by měl dispečer takovéto vozidlo vyčíst nákladem, jestliže mu to charakter dalšího plánování vozidla umožňuje.

Dále je nutno eliminovat najíždění vozidel do areálu firmy, kde řidiči dělají povinné bezpečnostní přestávky. Řešení lze nalézt v odstavení vozidla u místa další nakládky, např. na hlídaném parkovišti, v areálu průmyslového podniku či u dopravních firem.

Další prostor pro zlepšení efektivity plánování leží v lepší spolupráci technického oddělení dopravní firmy s dispečinkem. Servisní práce jsou zpravidla plánované dostatečně dlouhou dobu na to, aby dispečink byl schopen reagovat vhodnou volbou zvolené přepravy, aby nedocházelo ke zbytečným zajištěním.

### **Rozvozové trasy**

V diplomové práci byly optimalizovány 3 typy rozvozových tras, a byly použity 3 rozdílné metody optimalizace. V DP jsou jednotlivé trasy označeny písmeny A, B, C.

Distribuční trasa A reprezentuje klasický případ distribučního okruhu, kde vozidlo postupně obsluhuje 9 odběratelských míst. Aplikováním Littlovy metody byl okruh

z původních 651 km zkrácen na 622 km. Výsledné zmenšení vzdálenosti bylo docíleno vhodnějším uspořádáním odběratelských míst. Pomocí Littlovy metody došlo k úspoře 29 km a času o 5 minut. Po aplikaci spotřeby pohonných hmot na nový, optimalizovaný okruh, došlo k úspoře 97 Kč.

Jak již bylo uvedeno, v DP bylo počítáno s cenou nafty 29 Kč/l, z října 2015. Od té doby však vývoj cen této komodity klesl až na hodnotu 25.5 Kč/ km (duben 2016). V tomto případě je úspora 85 Kč.

Nejpřesnější interpretace výsledků, které není závislá na vývoji cen PH ani na jiných faktorech, je pravděpodobně tvrzení, že došlo k úspoře rozvozové vzdálenosti v hodnotě 4.46%.

Před uvedením této optimalizované varianty do praxe je nejprve nutné seznámit zákazníka se zamýšlenou změnou rozvozového pořádku, zejména s ohledem na odběratelská místa v síti a jejich časové požadavky na dodávky zboží.

Distribuční trasa B slouží nejen k rozvozu zboží, ale také ke svozu použitých prázdných obalových prostředků. Celý distribuční systém obsahuje 4 odběratelská místa a jedno distribuční centrum, a je obsluhováno plachtovou dodávkou. Vozidlo neobsluhuje jednotlivá místa postupně v okružní jízdě, ale v režimu přímých jízd (dodá zboží do místa určení a hned se vrací do výchozího bodu vyložit prázdné obaly). Celková hodnota trasy je 280 km. Pomocí metody Clarka-Wrighta je učiněn experiment, který má za cíl jednotlivá odběratelská místa obsluhovat v režimu jedné okružní jízdy. Výsledek optimalizace je zkrácení vzdálenosti o 36%, tedy o 102 km. Došlo také k úspoře času, a to o 55 minut. Pro takto vedenou přepravu je třeba využít většího vozidla s nosností 6 t.

Dále je původní trasa optimalizována pro vozidlo s nosností do 3.5 t, kde došlo ke zkrácení kilometrové náročnosti o 26% a času o 41 minut.

Jelikož obě vozidla spotřebou PH překonávají plachtovou dodávku, navíc jsou zatížena povinností platit mýto na některých trasách, celkové náklady na rozvoz a svoz zboží byly vyšší než u výchozího stavu. Konkrétně při cenách PH z října 2015 se jednalo o navýšení ceny o 239 Kč (vozidlo do 6 t) resp. 39 Kč (vozidlo do 3.5 t).

Na této situaci bylo dokázáno, že optimalizace tras neznamena pouze zkrácení kilometrové vzdálenosti, ale je nutno brát do úvahy také širší kontext podmínek přepravy. Pouhou optimalizací při zachování stejného typu vozidla by přeprava byla v podstatě neuskutečnitelná.

Distribuční trasa C je okruh, který čítá 815 km a je obsluhován těžkotonážním návěsem. Náklady na PH a mýtné zatížení je 8769 Kč, počítáno s hodnotami z října 2015. Pomocí Vogelovy aproximační metody byla přeprava rozdělena na 3 separované přepravy, které počítají s rozdělením nákladu na tři menší vozidla.

Z jednoho velkého 815 km dlouhého distribučního okruhu vznikly tři menší trasy, které obsahují 635 km (vozidlo do 3.5 t), 184 km a 232 km (plachtové dodávky). Dochází zde k nárůstu kilometrové náročnosti o 236 km, dále je nutné počítat s nutností platit 3 řidiče. Při sečtení nákladů na naftu a platy řidiče, a vzájemné porovnání výchozí stavu se stavem po optimalizaci byla zjištěna úspora 4456 Kč ve prospěch optimalizovaného řešení přepravy.

Aby řešení tohoto případu bylo kompletní, je potřeba věnovat pozornost i způsobu, jak vozidla přiblížit na nakládku do Plzně, resp. Jihlavy, když vozový park parkuje v Turnově v areálu firmy. V diplomové práci byly uvedeny 4 varianty řešení (po prázdnou, vytížení, parkování a spediční řešení).



## 9. Závěr

Globální dopravní trh je velmi dynamicky se vyvíjející prostředí, na jehož fungování má vliv mnoho faktorů. Mnoho z nich nelze z pozice dopravní a logistické společnosti ovlivnit, mají původ v politické, společenské či jiné agendě. Navíc je toto odvětví zcela závislé na průmyslových podnicích, a jejich schopnosti vyrábět zboží, které je ceněné a chtěné na evropském trhu. Dopravní společnosti se musí přizpůsobovat a řídit různými normami, nařízenými, vyhláškami, směrnici, které se v průběhu let mění, aktualizují a navíc mohou být v každém státu odlišné. Spolu s konkurencí, která se generuje nejen z ČR, ale také z okolních států především východní Evropy, dělají dopravní trh velmi obtížný na prosazení se.

Z výše popsaných skutečností je zřejmé, že logistický podnik, chce-li na dopravním trhu obstat, musí být připraven a schopen ovlivňovat ty faktory, které ovlivnit dají.

Mezi tyto faktory nepochybně patří právě optimalizace dopravních tras, které lze chápat jako základní stavební kámen každé dopravní firmy. Optimalizace dopravních tras je hlavní náplň této diplomové práce.

Teoretická část diplomové práce úvodem nahlíží na silniční nákladní dopravu především z pohledu různých typů přeprav a přepravních služeb a s tím souvisejících různých typů vozidel. Dále představuje konkrétní logistickou společnost jako firmu nabízející tři základní hlavní služby. Dopravní činnost, spediční činnost a skladování. V teoretické části je nejprve v obecné rovině pojednáváno o možnostech minimalizace finančních nákladů na přepravu zboží, včetně využití moderních sledovacích a monitorovacích služeb GPS.

Praktická část již přistupuje k řešení konkrétních situací z dopravní praxe. Jsou zde uvedeny příklady přepravy celovozových zásilek a rozvozové trasy. Každá situace má zmapovaný stav před optimalizací, poté je přistoupeno k vlastnímu řešení pomocí optimalizačních metod, a následně je kapitola věnována vyhodnocení a porovnání stavů před a po optimalizaci. Výsledky jsou přehledně graficky znázorněny.

Závěrečná kapitola, nazvaná výsledky a diskuze, je věnována závěrečnému shrnutí získaných výsledků, včetně doporučujících informací autora DP.

Všechny řešené případy byly optimalizovány a úspory oproti výchozímu stavu byly vyčísleny. Výjimkou byla rozvozová trasa B, kde výsledné náklady na pohonné hmoty

po optimalizaci, vykazovaly horší hodnoty než u výchozího stavu.

Je třeba mít na paměti, že tento dokument řeší optimalizaci pouze z teoretické roviny. K úspěšnému implementování výsledného řešení do praktického provozu je třeba ještě změnu provádění přeprav konzultovat se zákazníkem, dispečery i řidiči nákladních vozidel. Ne vždy je rozbírání zažitých přepravních a pracovních zvyklostí, časových schémat a vůbec změna celého systému zásobování a metodiky práce, přijímáno s otevřenou náručí a pochopením.

Ušetřené finanční prostředky díky optimalizaci lze využít pro návrh nové, snížené ceny pro zákazníka a tím posílit obchodní vztahy či navrhnout konkurenceschopné ceny pro výběrová řízení na nové, poptávané, dopravní relace. Je možno také investovat do inovace vozového parku, nebo mezd řidičů a zaměstnanců pro posílení personálních vztahů, či modernizovat pracovní prostředí.

## Použitá literatura

- [1] *Složení vozové parku v ČR*. [online], ©2015 [vid. 2015-27-08], dostupné z: <http://www.autosap.cz/sfiles/a1-9.htm#1113>
- [2] DIVÍŠEK, M., *Mýto zdraží*. Deník.cz [online], ©2015 [vid. 2015-31-08], dostupné z: <http://www.denik.cz/ekonomika/myto-zdrazi-jizdenky-na-autobus-ne-20141216.html>
- [3] HOLANOVÁ, T., *Nejhorší práce v Česku? Volná místa, která nikdo nechce*. Aktuálně.cz [online], ©2015 [vid. 2015-31-08]. Dostupné z: <http://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/nejhorsi-prace-v-cesku-volna-mista-ktera-nikdo-nechce/r~cd36971e35f711e5a43f002590604f2e/>
- [4] *Radar vývoje cen vývoje pohonných hmot*. [online], ©2015 [vid. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://www.ccs.cz/pages/phm2.php>
- [5] SIXTA, J. a V. MAČÁT. *Logistika*. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0573-3.
- [6] *Logistics Optimization*. [online], [vid.2015-23-08]. Dostupné z: <http://www.transconsulting.com/logistics-optimization>
- [7] *Výkony jednotlivých druhů osobní a nákladní dopravy v aktuálním roce* [online] informační systém statistika a reportingu. [vid.2015-13-07]. Dostupné z: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=498>
- [8] VAN DER GIESSEN, A., VAN DER ZEE, F. *Doprava a logistika*. [online] Evropská unie, 2010 [vid. 2015-14-07]. Dostupné z: [http://www.nuv.cz/uploads/ECVET\\_a\\_EQF\\_4\\_6/New\\_skills\\_CJ/Doprava\\_a\\_logistika.pdf](http://www.nuv.cz/uploads/ECVET_a_EQF_4_6/New_skills_CJ/Doprava_a_logistika.pdf)
- [9] MOORE, T., *The Next Step in the Evolution of Freight Cost Reduction Programs*. [online], [vid.2015-18-07]. Dostupné z: [http://www.werc.org/assets/1/workflow\\_staging/Publications/562.PDF](http://www.werc.org/assets/1/workflow_staging/Publications/562.PDF)
- [10] CHLAŇ, A. a P. STEJSKAL. *Tarifní a ceny v dopravě: pro kombinovanou a prezenční formu studia*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2008. ISBN 978-80-7395-104-7.
- [11] BOUDOVÁ, V. *Efektivní využití přepravní trasy u společnosti Pavel Pospíšil*. Pardubice, 2014. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera.
- [12] LYNN, D. *Nejezděte pod 1 EURO na km*. [online], ©2011 [vid.2015-15-07]. Dostupné z: <http://kamionaci.com/?clanek=nejezdete-pod-1-euro-na-km>
- [13] DVORSKÝ, V. *Logistika kamionové dopravy*. Brno, 2012. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta.

- [14] *Formulace ekonomického a matematického modelu* [online], Ostravská univerzita [vid-2015-15-07]. Dostupné z: <http://www1.osu.cz/studium/mopv2/doprav/>
- [15] GROS, I. *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*. Praha: Grada Publishing a.s., 2003. ISBN 80-247-0421-8.
- [16] KREJČÍK, P. *Optimalizace dopravních tras vybraného podniku*. Brno, 2010. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Provozně ekonomická fakulta
- [17] JABLONSKÝ, J. *Kvantitativní metody pro ekonomické rozhodování*. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-44-3.
- [18] DEMLOVÁ, M. *Diskrétní matematika a logika pro KM*. [online], ©2010 [vid. 2015-18-07]. Dostupné z: <http://math.feld.cvut.cz/demlova/teaching/dmc/pred100.pdf>
- [19] KOT, M. *Problém obchodního cestujícího*. [online], ©2012 [vid. 2015-19-07]. Dostupné z: [http://www.cs.vsb.cz/kot/soubory\\_animaci/a-tsp\\_approx.pdf](http://www.cs.vsb.cz/kot/soubory_animaci/a-tsp_approx.pdf)
- [20] DROBNÝ, M. *Metody řešení vybraných dopravních problémů a jejich implementace*. Praha, 2013. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta.
- [21] PAVLÍČKOVÁ, M. *Optimalizace dopravních tras vybrané firmy*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Provozně ekonomická fakulta.
- [22] CHODÚR, J. *Logistický modul pro optimalizaci rozvozových tras*. Brno, 2013. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta informatiky.
- [23] ZAJÍČKOVÁ, E. *Problematika distribuce zboží v oblasti pivovarnictví*. Brno, 2015. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. Provozně ekonomická fakulta.
- [24] KUČERA, P. *Metodologie řešení okružního dopravního problému*. Praha, 2009. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Provozně ekonomická fakulta.
- [25] PRIBAN, D. *Přeprava vždy zrcadlí hospodářskou situaci*. [online], ©2015 [vid. 2015-01-08]. Dostupné z: <http://www.logisticsatoz.com/preprava-vzdy-zrcadli-hospodarskou-situaci>
- [26] ŠOLC, J. *GPS řešení pro logistiku*. [online], ©2010 [vid. 2015-08-08]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/gps-reseni-pro-logistiku.htm>
- [27] BUTTS, J. *Roadmap to Transportation Savings*. [online], [vid. 2015-28-08]. Dostupné z: <http://www.logisticsquarterly.com/issues/13-1/article5.html>
- [28] MARKOVIČ, J. *GPS monitoring vozů se vyplatí i malé firmě, když ví jak na něj*. [online], ©2015 [vid. 2015-05-08]. Dostupné z: <http://probyznysinfo.ihned.cz/c1-63801570-gps-monitoring-vozu-se-vyplatí-i-male-firme-kdyz-vi-jak-na-nej>

- [29] KINGSBURY, N. *Fuel Consumption optimisation through traffic monitoring and modelling and vehicle routing*. [online], ©2013 [vid. 2015-05-08]. Dostupné z: <http://www.csrf.ac.uk/research/data-man/project-2c-traffic-monitoring-and-prediction-of-congestion.html>
- [30] *Navigace pro kamiony*. [online], [vid. 2015-15-08], dostupné z: <http://www.navigace-pro-kamiony.cz/>
- [31] *Inteligentní trasy pro vaše nákladní automobily*. [online], ©2014 [vid. 2015-14-08], dostupné z: <http://www.tomtomfleet.cz/pro-prepravni-firmy/inteligentni-trasy-pro-vase-nakladni-automobily.html>
- [32] *Optimalizace procesů spojených s logistikou, podrobné statistiky a další výhody*. [online], ©2015 [vid. 2015-18.08], dostupné z: <http://www.levelna.com/monitoring-vozidel-profi.htm>
- [33] *Proč vlastně sledovat kamion?* [online], [vid. 2015-20-08]. Dostupné z: <http://www.megasat.cz/lokalizace.html>