

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Trasování vozidel v DHL Express (Czech Republic) s.r.o.

Bc. Daniel Komárek

Diplomová práce  
2017

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Daniel Komárek**  
Osobní číslo: **D15392**  
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní management, marketing a logistika**  
Název tématu: **Trasování vozidel v DHL Express (Czech Republic) s.r.o.**  
Zadávající katedra: **Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky**

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

Úvod

1. Charakteristika distribuční logistiky a metod pro trasování vozidel
2. Analýza stávajícího způsobu trasování vozidel
3. Návrh na zlepšení trasování vozidel
4. Ekonomické zhodnocení návrhu

Závěr


Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucí/ho**  
Rozsah pracovní zprávy: **50 - 60 stran**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:  
**dle pokynů vedoucí/ho práce**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Chocholáč, Ph.D.**  
Katedra dopravního managementu, marketingu  
a logistiky

Datum zadání diplomové práce: **30. listopadu 2016**  
Termín odevzdání diplomové práce: **26. května 2017**

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

L.S.

  
doc. Ing. Jaroslava Hyršlová, Ph.D.  
pověřená vedením katedry

V Pardubicích dne 12. dubna 2017

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 24. 5. 2017

Bc. Daniel Komárek

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Janu Chocholáčovi, Ph.D. za vstřícný přístup a cenné rady při zpracovávání diplomové práce.

## **ANOTACE**

Práce je zaměřena na zlepšení tras rozvozových vozidel ve společnosti DHL Express (Czech Republic) s.r.o., konkrétně pro pobočku v Hradci Králové. V první části jsou popsána teoretická východiska pro daný problém. V druhé části práce je na základě teoretických poznatků definován konkrétní problém, poté je vybrána a implementována metoda k jeho řešení. Na závěr jsou porovnány a vyhodnoceny získané výsledky.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

distribuce, trasování, optimalizační metody, okružní a rozvozní úlohy

## **TITLE**

Tracing vehicles in DHL Express (Czech Republic) Ltd.

## **ANNOTATION**

The thesis is focused on route optimization of the delivery vehicles in the DHL Express (Czech Republic) Ltd., specifically for a branch office in Hradec Králové. The first part describes the theoretical starting points for the problem. In the second part, based on the theoretical knowledge, a specific problem is defined and then a method for its solution is selected and implemented. Finally, the results obtained are compared and evaluated.

## **KEYWORDS**

distribution, tracing, optimization methods, vehicle routing problems

# OBSAH

ÚVOD .....	9
1 CHARAKTERISTIKA DISTRIBUČNÍ LOGISTIKY A METOD PRO TRASOVÁNÍ VOZIDEL .....	11
1.1 Vymezení základních pojmů distribuční logistiky .....	11
1.1.1 Logistický řetězec .....	11
1.1.2 Logistický článek .....	12
1.1.3 Distribuční logistika .....	12
1.1.4 Distribuční centrum .....	13
1.1.5 Kusové zásilky .....	14
1.1.6 Paletové zásilky .....	15
1.2 Metody pro trasování vozidel .....	15
1.2.1 Definování základních pojmů teorie dopravních systémů .....	17
1.2.2 Jednookruhové jízdy .....	19
1.2.3 Víceokruhové jízdy .....	21
1.3 Přepavní náklady .....	25
1.3.1 Charakteristika nákladů .....	25
1.3.2 Členění nákladů .....	25
1.4 Shrnutí charakteristiky distribuční logistiky a metod pro trasování vozidel .....	29
2 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO ZPŮSOBU TRASOVÁNÍ VOZIDEL .....	30
2.1 Představení společnosti .....	30
2.1.1 Historie společnosti .....	30
2.1.2 Struktura společnosti .....	31
2.2 DHL Express (Czech Republic) s.r.o. v České republice .....	31
2.2.1 Produktové portfolio DHL Express (Czech Republic) s.r.o. ....	32
2.2.2 Pobočka DHL Express (Czech Republic) s.r.o. v Hradci Králové .....	33
2.2.3 Trasy obsluhované pobočkou v Hradci Králové .....	34
2.3 Stávající způsob trasování DHL Express (Czech Republic) s.r.o. ....	39
2.3.1 Denní proces na pobočce DHL Express (Czech Republic) s.r.o. Hradec Králové .....	39
2.3.2 Vymezení problému trasování na pobočce DHL Express Hradec Králové .....	41
3 NÁVRH NA ZLEPŠENÍ TRASOVÁNÍ VOZIDEL .....	43
3.1 Změna trasování vozidel .....	43
3.1.1 Popis výpočetního programu .....	43

3.2	Návrh změny trasování vozidel ve vybraný den .....	46
3.2.1	Dosavadní způsob rozložení tras .....	47
3.2.2	Vstupní data pro zvolený den .....	50
3.2.3	Nové navrhované rozložení tras .....	53
3.3	Shrnutí návrhu na zlepšení trasování vozidel .....	56
4	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NÁVRHU .....	57
4.1	Úspory ze změny trasování vozidel ve vybraný den .....	57
4.2	Úspory ze změny trasování vozidel za prosinec 2016 .....	58
4.3	Ekonomické zhodnocení přidání nového vozidla .....	62
4.4	Shrnutí ekonomického zhodnocení návrhu .....	65
	ZÁVĚR .....	66
	POUŽITÁ LITERATURA .....	67
	SEZNAM TABULEK .....	69
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	70
	SEZNAM ZKRATEK .....	71
	SEZNAM PŘÍLOH .....	72



# ÚVOD

Outsourcing služeb v logistice, tedy přenechání činností spojených s přepravou zásilek jiným specializovaným společností, se stává stále více populární. Díky rostoucímu objemu zásilek je pro celou řadu podniků ekonomicky výhodnější vyčlenit a svěřit svoje vedlejší činnosti, spojené s distribucí, poskytovateli logistických služeb.

V posledních letech tak došlo k obrovskému nárůstu společností specializujících se na outsourcing logistických služeb, což má za následek vysokou konkurenci na trhu. Tito poskytovatelé jsou proto nuceni k postupnému snižování nákladů zejména neustálou optimalizací logistického řetězce.

V důsledku toho byl v poslední době zaznamenán obrovský nárůst optimalizačních informačních systémů. Optimalizace přepravy představuje důležitý proces, který může společnosti ušetřit velkou část nákladů. Celkové procento úspor závisí na celé řadě omezujících podmínek: časových oken, množství zákazníků, kapacity přepravních vozidel, apod. Pro plánování tras má podnik k dispozici určitý počet vozidel, s kterými musí požadavky zákazníků realizovat. Při správné optimalizaci tras se podnik může vyhnout dlouhým čekacím prostojeům, nedostatečné vytiženosti vozidel nebo potřebě použití dalších vozidel. Pomocí výpočetního programu je navržena sada přijatelných tras, které zajistí minimální náklady při současném dodržení všech pravidel a podmínek nezbytných pro distribuci.

Cílem diplomové práce je zlepšit trasování vozidel ve společnosti DHL Express (Czech Republic) s.r.o. Touto problematikou by se měl zabývat každý správný manažer pro zefektivnění řízení podniku, jakožto hlavně pro snížení nákladů a plynulejší time management. Trasování vozidel je možno řešit na základě úlohy okružních jízd s časovými okny, čemuž se bude věnovat především praktická část této práce.

V teoretické části práce je vymezen odborný základ z oblasti logistiky, tedy definice logistiky, základní pojmy, metody pro trasování či charakteristika přepravních nákladů. Vyjma tohoto je zde představen matematický model úlohy okružních jízd, který je klíčový pro praktickou část práce.

V praktické části je nejprve představena společnost DHL, pro kterou je trasování vozidel navrženo. Dále je představena divize DHL Express v České republice a její pobočka v Hradci Králové. Je zde také popsán stávající způsob trasování ve společnosti a definován problém tohoto způsobu trasování. Definovaný problém je následně převeden na konkrétní úlohu, která je řešena pomocí zvoleného výpočetního programu VRP Spreadsheet Solver. Ten

je v této části práce také podrobněji popsán. Cílem výpočtů je snížit počet ujetých kilometrů tím, že dojde ke změně sestavování denních tras. To má za důsledek také snížení nákladů na přepravu a zefektivnění služeb pro zákazníky v rámci snížení časového horizontu přepravy.

V závěru práce dojde k porovnání skutečných dat s výsledky získanými z výpočetního programu VRP Spreadsheet Solver. Porovnává se zde také varianta, u které by bylo vozidlo externího dopravce nahrazeno dalším vozidlem společnosti DHL Express (Czech Republic) s.r.o.

# 1 CHARAKTERISTIKA DISTRIBUČNÍ LOGISTIKY A METOD PRO TRASOVÁNÍ VOZIDEL

Cílem této kapitoly je představit základní pojmy logistiky pro trasování vozidel a shrnout nejdůležitější metody.

Mezi základní pojmy bezpochyby spadá pojem logistika jako taková, která by se dala pojmut jako základní kámen, od kterého se odvíjejí další systémy a podsystémy s tímto spojené. Dále pak pojmy vztahené k technologii přepravy, distribuci přes distribuční centra až k samotné paletové a kusové zásilce. Všechny zmíněné pojmy je v této práci zapotřebí vysvětlit, aby vznikl ucelený obraz o dané tématice.

## 1.1 Vymezení základních pojmů distribuční logistiky

Distribuční logistika je součástí logistiky. K tomuto pojmu se vztahuje velké množství definic a odborných formulací. Jediná platná definice tedy neexistuje, navíc je nutné si uvědomit fakt, že tento obor je nejvíce dynamickým a rozvíjejícím se oborem v současné době, proto je možné tvrdit, že i definice se spolu s vývojem oboru mění.

Logistiku nejvíce vystihuje tato definice: „*Logistika je souhrn činností systematicky zaměřených na získání materiálů z primárních zdrojů a všechny mezivstupy pro zhotovení konečného výrobku až po ukončení jeho životnosti včetně jeho likvidace nebo recyklace, s výjimkou výrobních procesů a procesů změny.*“ (Gros, 1996, s. 15)

### 1.1.1 Logistický řetězec

Logistický řetězec představuje cestu výrobku od původní suroviny přes jednotlivé díly až po finální výrobek určený koncovému zákazníkovi. Je chápán jako řetězec hmotných vztahů, protože zahrnuje jednotlivé hmotné toky, včetně toků informačních. Základem je přemísťování hmotných toků a předmětů souvisejících. Tím se rozumí suroviny, materiál, obaly, nedokončené výrobky, různá zařízení, ale i přemísťování osob. (Tomek, 2004)

Logistický řetězec je možné označit za souhrn všech činností, které jsou potřeba k dodání určitého zboží od výrobce až ke konečnému zákazníkovi.

Štůstek (2007) dělí logistický řetězec do tří základních typů. V **tradičním řetězci s přetržitými toky** jsou konstruovány předpovědi prodeje a následně jsou uzavírány smlouvy s dodavateli na základě vyhodnocení současných prodejů. Důležitým prvkem je **centrální sklad**, který hraje významnou roli pro flexibilitu uspokojování potřeb zákazníků. Materiálové toky jsou uskutečňovány pomocí „**push**“ principu, kdy dodavatel odesílá dodávku v určitém množství a čase, které vyhovuje jeho potřebám. Činnosti logistického článku nejsou navzájem

sladěny a tok informací je přerušován před předáním následnému článku. Proto vznikají nadměrné zásoby a dochází ke zbytečným ztrátám času, kdy se zejména čeká na informace.

Dále Štůsek (2007) uvádí **řetězec s kontinuálními toky**, umožňuje větší flexibilitu výroby a distribuce. V tomto řetězci je uplatňován princip „pull“, kdy je materiál dodáván až na základě potřeb příjemce. Je zde možné zavedení Just – in – time (JIT) dodávek a mezi dodavatelem a výrobcem je vyloučen sklad surovin. Mezi články jsou předávány plynule menší dávky dodávek. Hlavním článkem z hlediska pružnosti dodávek se stává výroba. Reakce na možné změny poptávky jsou flexibilnější, protože objednávky směřují přímo do výroby.

**Řetězec se synchronním tokem** se skládá pouze z výroby, kompletací a konsolidací, zákazníků a dodavatelů. Tok materiálu je vyvážený a plynulý. Mezi články řetězce se pohybuje jen takové množství surovin a zboží, které je zrovna k danému okamžiku vyžadováno. Řídící článek celého řetězce musí mít informace ze všech ostatních článků řetězce v reálném čase. Důležitou roli hraje hlavně predikce všech možných situací a vliv jednotlivých rozhodnutí na efektivnost celého logistického řetězce. (Štůstek, 2007)

### 1.1.2 Logistický článek

Logistický řetězec je složen z několika na sebe navazujících článků, které lze členit dle Pernici (1998) následujícím způsobem na články:

- ve výrobě – sem se řadí dílny, výrobní linky, sklady surovin, materiálu, dílů, balicí linky, sklady s hotovými výrobky apod.,
- v dopravě a zasilatelství – železnice, říční a námořní přístavy, letiště, terminály, celní sklady apod.,
- v obchodě – kde jsou příkladem sklady velkoobchodníků a maloobchodníků a jejich prodejny.

### 1.1.3 Distribuční logistika

*„Pod distribuční logistikou se rozumí souhrn úkolů a opatření pro přípravu a vykonávání distribuce – odbytu“* (Stehlík, 2002, s. 28).

Distribuční logistika se zabývá především činnostmi, které souvisí s materiálovým tokem, se skladováním hotových výrobků až po expedici. S tím se pojí i zkoumání a informační tok těchto činností (Sixta a Mačát, 2005).

Jak ve své publikaci uvádějí Čujan a Málek (2008), využívají distribuční logistiku organizace, které prostřednictvím výrobního procesu produkují výrobky či služby, určené pro prodej, ale i ostatní přepravní a obchodní společnosti, které s ní přicházejí v průběhu procesu

do styku. Zabývá se i problematikou plánování přepravních tras. Představuje spojovací článek mezi výrobou a konečným zákazníkem.

Distribuční logistika dle uvedených autorů zahrnuje čtyři hlavní procesy:

- skladování,
- dopravu,
- informační činnost,
- kontrolní činnost.

Cílem je uspokojovat poptávku tím, že zboží dodá na správné místo, ve správnou dobu, v požadovaném množství, ve smluvené kvalitě a za co nejnižší náklady (Čujan a Málek, 2008).

#### **1.1.4 Distribuční centrum**

V literatuře se často tento pojem nahrazuje pojmem logistické centrum. Jedná se o totožné vyjádření dvou pojmů. Lze tedy považovat tyto pojmy za synonyma. Cempírek (2007) chápe logistické centrum takto: „*Logistické centrum integruje do jednoho místa dopravní a zasilatelské podniky, poskytovatele logistických služeb, celní, veterinární, fytotechnickou a hygienickou správu, průmyslové a obchodní podniky s jejich intenzivními požadavky, leasingové, pojišťovací a bankovní společnosti. Pro realizaci přepravních požadavků využívá nejméně dvou druhů dopravy (zejména silniční/železniční), řídí a prohlubuje kooperativní vztahy mezi jednotlivými subjekty*“.

Logistické centrum efektivním řízením logistických činností snižuje zatížení dopravní infrastruktury a přemísťuje přepravu na dopravní prostředky příznivější k životnímu prostředí, zároveň přizpůsobuje infrastrukturu požadavkům logistického trhu (Cempírek, 2007).

K hlavním funkcím logistických center dle Kampfa (2007) patří:

- nákladní doprava (železniční, silniční, vodní, letecká),
- přeprava zboží v přepravních jednotkách kombinované dopravy (kontejnery, výměnné nástavby, silniční návěsy apod.),
- překládka kusového zboží,
- skladování zboží,
- shromažďování a distribuce zboží,
- balení, uložení, fixace, paletizace.

K vedlejším činnostem logistických center patří:

- údržba a opravy dopravních prostředků a mechanizačních zařízení,
- pronájem dopravních prostředků a mechanizačních zařízení,

- bezpečnostní, informační a komunikační služby,
- všeobecné služby – celní, servisní, pojišťovací apod.,
- distribuční služby pro městskou logistiku. (Kampf, 2007)

V oblasti přeprav zásilek se pak tato centra dají dělit na **svozová**, **centrální** a **rozvozová**. V mnoha případech mohou svozová centra plnit funkci rozvozových center a naopak. Je to dáno faktem, že z dané atrakční oblasti je potřeba zásilky nejen svézt, ale také rozvézt na místo dodání. Někdy může plnit funkci svozového i rozvozového centra také centrální překladiště. Toto centrum má také svěřenou oblast, odkud zásilky sváží či dodává napřímo. Tato centra se nachází většinou u velkých logistických areálů s dobrým napojením na síť pozemních komunikací. (Kampf, 2007)

### 1.1.5 Kusové zásilky

Rozměrová, váhová a objemová maxima, která zásilka musí splňovat, jsou vždy stanovena konkrétní přepravní společností a mohou se v jednotlivých případech lišit. Neexistuje jednotné pravidlo pro omezení velikosti kusové zásilky. Podle Drdly (2010, s. 58) je kusová zásilka definována jako: „*Zásilka, přepravovaná systémem přepravy zásilek od odesilatele k příjemci a splňující parametry: maximální rozměry jednoho kusu, maximální hmotnost jednoho kusu, maximální objem u neskladných zásilek, maximální hmotnost jedné zásilky.*“

Velikostní omezení kusové zásilky vychází z předpokladu, že je s touto zásilkou často manipulováno, a také aby bylo možné zásilku naložit na menší nákladní vozidlo, jakým je například dodávka, která má omezené maximální možné zatížení nákladem (Bruzlová, 2016).

Bruzlová (2016) ve své práci uvádí následující omezení pro kusovou zásilku:

- maximální hmotnost zásilky do 2 500 kg (některé společnosti mají tuto hranici až na 3 500 kg),
- maximální hmotnost jednoho kusu do 1 500 kg,
- maximálně 10 nákladových kusů v jedné zásilce,
- maximální rozměry jednoho kusu okolo: výška: 220 cm, šířka: 200 cm a délka do 400 cm,
- maximální objem zásilky se pohybuje v rozmezí přibližně 10 – 13 m<sup>2</sup>.

Někdy také bývají z přepravy vyloučeny určité skupiny zboží a to především z bezpečnostních důvodů. Jedná se zejména o zbraně a střelivo, některé skupiny nebezpečných látek dle ADR (Evropská dohoda o mezinárodní silniční dopravě

nebezpečných věcí), zlato, šperky a jiné cennosti, umělecká díla vysoké hodnoty, použité věci osobní potřeby (nábytek), živá zvířata, zkazitelné a nebalené potraviny aj. (Bruzlová, 2016)

### **1.1.6 Paletové zásilky**

Podle Jirsáka et al. (2012) palety slouží hlavně k manipulačním operacím, ke skladování, ale také k přepravě na všechny vzdálenosti. Palety řadíme do II. řádu manipulačních jednotek, což znamená, že taková jednotka už není manipulovatelná ručně, pokud není prázdná. K manipulaci se využívá nízko či vysokozdvížných vozíků, regálových zakladačů a jiných, k tomu uzpůsobených manipulačních prostředků. Rozlišujeme dva druhy palet dle rozměrů: ISO paleta, která má rozměry 1 000 x 1 200 mm a odpovídá tak ISO kontejnerům. Druhým zástupcem je tzv. europaleta o rozměrech 800 x 1 200 mm, která, jak název napovídá, je využívána především v Evropě.

Existují i další dělení druhů palet a tím nejvíce používaným druhem je paleta prostá. Nosnost se pohybuje v rozmezí 1 000 – 1 500 kg a za účelem zvýšení použití je možné se setkat i s několika druhy nástaveb. Prosté palety jsou vyráběny především ze dřeva či plastu. Dalším druhem je paleta principiálně trojrozměrná. Takový druh palety se používá například, když je zboží křehké nebo je rozměrově nevýhodné. Lze se setkat i s paletami jednoúčelovými, které jsou přizpůsobené konkrétnímu materiálu, či se specifickými druhy palet, jako jsou palety námořní a letecké. (Jirsák et al., 2012)

## **1.2 Metody pro trasování vozidel**

Mezi nejčastěji řešené optimalizační úlohy v distribuci patří hledání optimálních tras. Tyto úlohy lze rozdělit na dopravní obsluhu hran a vrcholů sítě.

U dopravní obsluhy hran sítě se požaduje určit takovou trasu, která začíná a končí v určeném vrcholu, všemi hranami prochází právě jednou a její délka je minimální. Tato úloha, nazývaná také jako úloha čínského pošťáka, byla poprvé formulována čínským matematikem Kwanem v roce 1965 právě pro poštovní doručovatele. Dalšími úlohami, v nichž se požaduje obsloužit jednotlivé hrany dopravní sítě, je např. odvoz odpadků nebo údržba silnic. (Pastor, Tuzar, 2007)

Mnohem problematičtější a v literatuře probíranější jsou úlohy, kdy je potřeba obsloužit jednotlivé vrcholy sítě. Dle Fialy et al. (2010) jsou tyto úlohy někdy nazývány jako dopravní obsluha vrcholů sítě. Obsluha uzlů (vrcholů) sítě je v praxi častější než obsluha úseků sítě. Jedná se např. o rozvoz výrobků, vybírání poštovních schránek, kurýrní rozvážku. V ohodnocené souvislé síti je požadováno určit pro dopravní komplet realizující obsluhu vrcholů takovou trasu, která bude začínat a končit v jednom vrcholu a současně bude

procházet všemi ostatními vrcholy dané sítě. A to právě jednou nebo alespoň jednou. Je zřejmé, že takové trasy nemusí procházet všemi úseky dané sítě. Zpravidla se jedná o úlohy minimalizační. Požaduje se, aby navrhovaná trasa byla minimální, což může vést ke zkrácení doby obsluhy, nižší spotřebě pohonných hmot apod. (Fiala et al., 2010)

Obtížnost určení optimální trasy dopravního prostředku při realizaci přeprav závisí na vzájemném poměru kapacity dopravního prostředku  $K$  a střední velikosti požadavku zákazníka  $q$ . Tento vztah slouží k základnímu rozlišení přepravních úloh, viz vztahy (1 – 3). (Skýva, Janáček, Cenek, 1987)

$$q > K \text{ trasování hromadných přeprav} \quad (1)$$

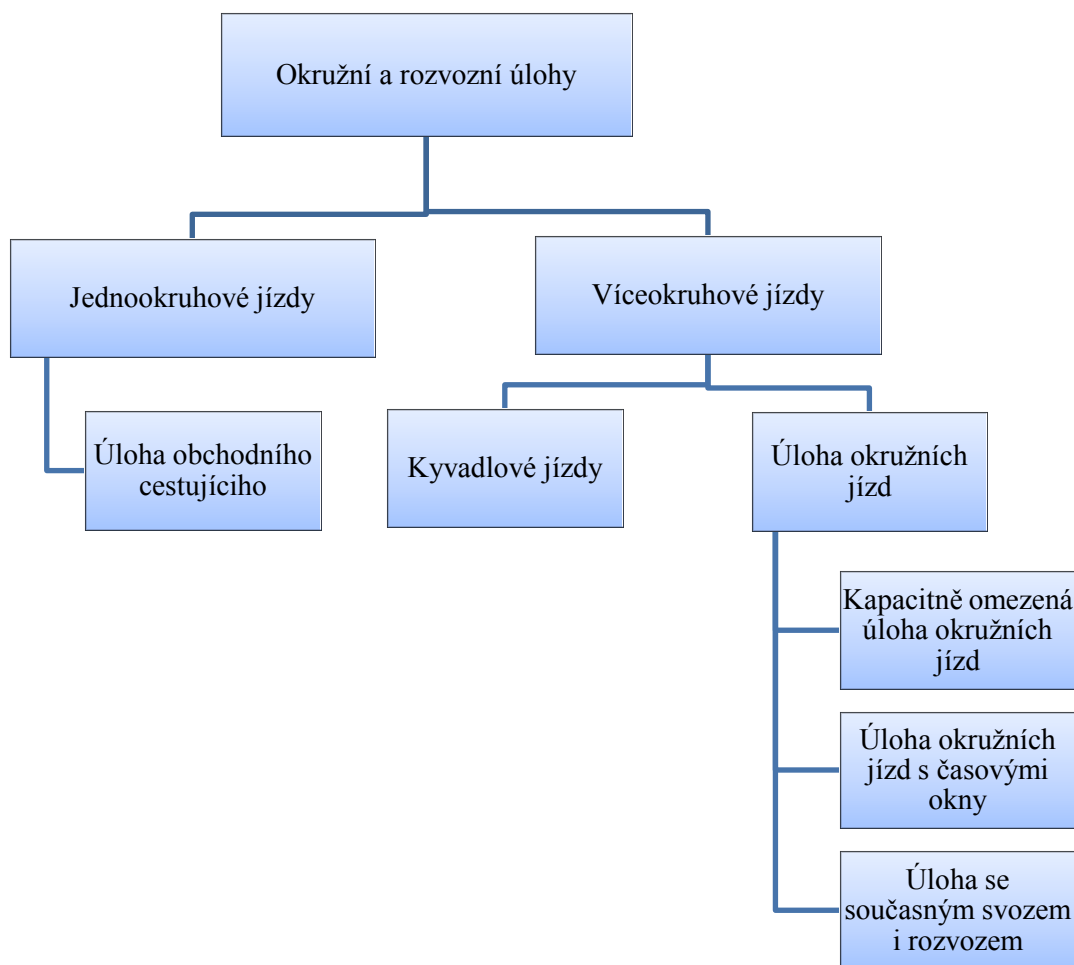
$$q \sim K \text{ trasování kombinovaných přeprav} \quad (2)$$

$$q < K \text{ trasování přeprav kusových zásilek} \quad (3)$$

V této diplomové práci bude předmětem zkoumání nejsložitější problematika trasování, případy **trasování přeprav kusových zásilek**.

Jak ve své publikaci uvádí Fiala et al. (2010), pokud se na kapacitu vozidla nebere zřetel, považuje se taková úloha za **okružní úlohu**. Uvažuje-li se pro plánování okruhů omezená kapacita vozidla, potom se hovoří o **rozvozní úloze**. Pod pojmem rozvozní úloha je však nutno si představit úlohy zabývající se rozvozem i svozem zásilek. Tento pojem je však mezi odborníky natolik známý, že nemá žádný význam tuto vžitou terminologii měnit. Na obrázku č. 1. lze vidět rozdělení okružních a rozvozních úloh.





**Obrázek 1** Dělení okružních a rozvozních úloh (autor podle Pastora a Tuzara, 2007)

### 1.2.1 Definování základních pojmů teorie dopravních systémů

„*Teorie dopravních systémů je samostatný vědní obor (disciplína), který se zabývá vytvářením, zpracováním a aplikací matematických modelů dopravních systémů a jejich částí.*“ (Pastor a Tuzar, 2007, s. 19)

Základem teorie dopravních systémů je existence **dopravní sítě** (Pastor a Tuzar, 2007). „**Dopravní síť** představuje infrastrukturu, po které se mohou pohybovat zásilky (vozidla anebo zprávy). Je tvořena uzly a úseky sítě, kde pod uzly můžeme rozumět obce, města, železniční stanice, počítačové servery anebo telefonní ústředny a úseky tvoří komunikace mezi těmito uzly (železniční trati, silnice, vodní toky, telefonní anebo datové kabely apod.).“ (Cenek, 2013, s. 98)

Svoboda (2006) definuje dopravní síť jako konečnou množinu dopravních uzlů a cest propojujících tyto uzly. Tyto vrcholy a hrany tvoří pevnou kostru dopravní soustavy označovanou jako dopravní infrastruktura.

**Uzel (vrchol)** je definován jako místo ležící na dopravních úsecích, na nichž se uskutečňuje vykládání nebo nakládání (elementy vstupují do systému a vystupují z něj). **Úsekem (hranou)** se rozumí každé fyzické spojení dvou uzlů dopravní sítě, po nichž se přepravují soupravy (např. část pozemní komunikace mezi dvěma zastávkami). Úseky se rozdělují pouze ve vrcholech. (Svoboda, 2006)

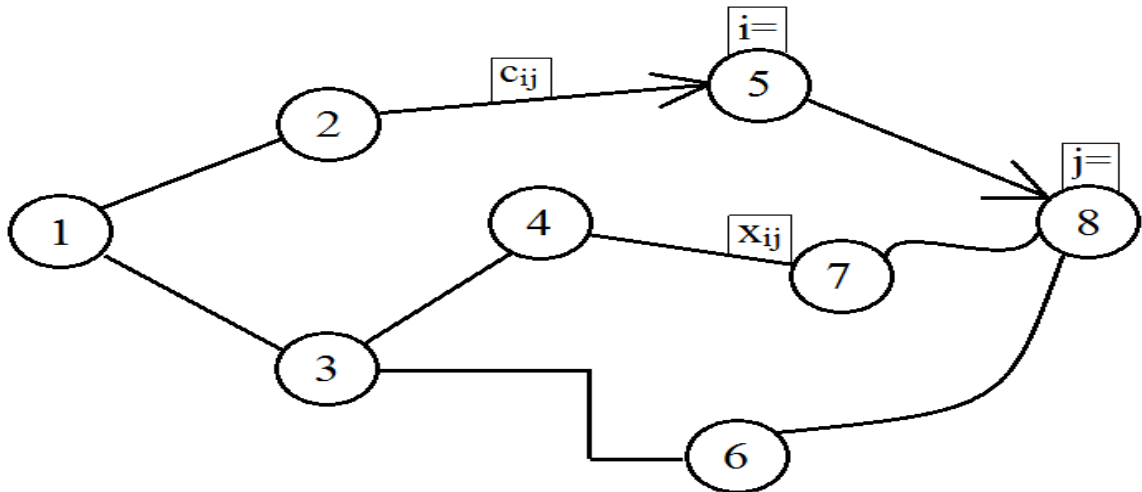
**Dopravním elementem** (někdy pouze elementem) se rozumí objekt přemístění, který se během dopravního procesu dále nerozpadá na menší části, např. zásilka, cestující (Pastor a Tuzar, 2007).

Pomocné objekty (náležitosti, souprava) spolu s dopravním elementem tvoří **dopravní komplet**. Jedná se o objekt schopný samostatného pohybu po dopravní síti. Přírozenější název pro dopravní komplet je dopravní prostředek. (Pastor a Tuzar, 2007)

**Trasa** je střídavá posloupnost uzlů a úseků spojujících tyto uzly. Mezi dvěma uzly stojí v posloupnosti úsek, po kterém je možné se přemístit z jednoho uzlu do druhého. Pomocí trasy je popsán pohyb dopravního prostředku v dopravní síti. Příslušnou metodou je vytvořena nebo určena trasa. Tento proces se nazývá **trasováním**. (Plesík, 1983)

**Okružní jízda** je trasa obsluhující konkrétní uzly, kde se žádný uzel ani úsek neopakuje. Dopravní prostředek začne v jednom uzlu a v něm také skončí (Plesík, 1983).

Obrázek č. 2 představuje model obecné dopravní sítě. Na modelu lze vidět uzly označené kruhy s čísly a také úseky spojující jednotlivé vrcholy. Úseky mohou mít jakýkoliv tvar nebo mohou být zobrazeny pouze úsečkou. Mohou být **orientované** (udávající směr, šipka zobrazující úsek z jednoho vrcholu do druhého) nebo **neorientované**. Jak je vidět na obrázku č. 2, počáteční a koncový bod může být obecně značen indexy  $i$  a  $j$ , přepravované množství jako  $x_{ij}$  a ohodnocení úseku  $c_{ij}$  (vzdálenost, spotřeba pohonných hmot, doba jízdy atd.). Obrázek č. 2 je grafickým znázorněním Modelu dopravní sítě. (Cenek, 2013)



**Obrázek 2** Model dopravní sítě (Cenek, 2013)

**Délka úseku** může být vyjádřena ve vzdálenostních jednotkách (km) nebo také např. průměrnou dobou potřebnou k překonání daného úseku. (Svoboda, 2006)

**Propustnost sítě** je definována počtem dopravních kompletů, které mohou dopravní síť projít za jednotku času. (Svoboda, 2006)

Jak uvádí Cenek (2013) dopravní síť připomíná grafy užívané v teorii grafů. Pojem dopravní síť se používá proto, aby se odlišila dopravní infrastruktura od matematické struktury známé z teorie grafů. Dopravní síť mohou mít omezení, jako jsou např. kapacita nebo rychlost. Probíhá zde řada procesů – přeprava zásilek, jejich třídění a shromažďování.

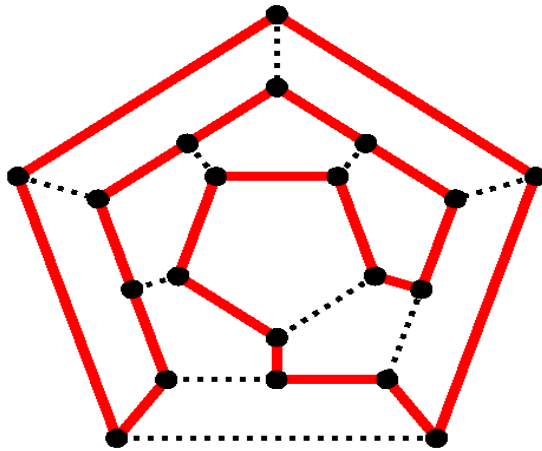
### 1.2.2 Jednookruhové jízdy

Úloha zabývající se obsluhou trasy jedním vozidlem se označuje jako úloha obchodního cestujícího. **Úlohu obchodního cestujícího** lze v literatuře nalézt pod názvem okružní dopravní problém.

Dle Pastora a Tuzara (2007) byla tato úloha původně navržena pro obchodního cestujícího, který se vydá na cestu z jednoho města, navštíví všechna ostatní města a vrátí se zpátky do výchozího. Jablonský (2007) vidí podstatu této úlohy jako nalezení nejkratšího sledu v grafu, tzn. nejkratší trasu, která obsahuje všechny vrcholy grafu (všechna místa odběru). V terminologii teorie grafů jde o získání minimální Hamiltonovské kružnice neboli uzavřené Hamiltonovské cesty. V reálných aplikacích se jedná o pravidelný rozvoz (pekárny, mlékárny) a svoz (domovní odpad) jakýchkoliv produktů. Hamiltonovská kružnice je znázorněna na obrázku č. 3.

*„Tyto pojmy nesou jméno po irském matematikovi a fyzikovi W. R. Hamiltonovi, který okolo roku 1859 vymyslel a kladně vyřešil hádanku o tom, zda lze po hranách do roviny*

rozvinutého pravidelného dvanáctistěnu projít všemi jeho dvanácti vrcholy a vrátit se zpět do výchozího bodu, aniž bychom některým vrcholem prošli vícekrát.“ (Pastor a Tuzar, 2007, s. 135)



**Obrázek 3** Znárodnění Hamiltonovské kružnice v grafu (Dannhoferová a Foltýnek, 2016)

Matematický model viz vztahy (4-8).

$$\text{Minimalizovat } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (4)$$

Za podmínek:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$u_i - u_j + n \cdot x_{ij} \leq n - 1 \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n; i \neq j \quad (7)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

V grafu  $G = (V, H)$  je každá z hran ohodnocena číslem  $c_{ij}$ , které představuje počet kilometrů, které je nutno ujet, aby se vozidlo přemístilo z vrcholu  $i$  do vrcholu  $j$ . Celkový počet vrcholů je  $n$ . Proměnná  $x_{ij}$  vyjadřuje, zda mezi vrcholy  $i$  a  $j$  existuje cesta v rámci okruhu. V případě, že  $x_{ij} = 1$ , cesta mezi vrcholy existuje. Pokud však  $x_{ij} = 0$ , cesta mezi místy

(vrcholy) nebude. Proměnná, která nabývá pouze hodnot 0 nebo 1, se nazývá bivalentní proměnná. (Pelikán, 2001)

Pelikán (2001) dále vysvětluje účelovou funkci (4), která minimalizuje celkovou ujetou vzdálenost jednotlivých hran, pro něž je  $x_{ij} = 1$ . Podmínky obsažené v (5) a (6) zajišťují, aby vždy jedna hrana do vrcholu vcházela a jedna z něj vycházela. Každý z vrcholů je tak navštíven právě jednou. Podmínky (7) zaručují, že dojde k nalezení jednoho okruhu a nikoliv několika dílčích, vzájemně nezávislých okruhů, které neobsahují výchozí vrchol. Pelikán (2001) ve své publikaci používá pojem smyčkové podmínky. Proměnné  $u_i$  a  $u_j$  v podmínkách (7) vyjadřují pořadí uzlů v nalezeném okruhu.

### 1.2.3 Víceokruhové jízdy

V reálných situacích není možné obsloužit požadavky všech zákazníků pouze jedním vozidlem, neboť je potřeba zohlednit řadu dalších podmínek, které se vztahují zejména ke kapacitě vozidla nebo k časovým omezením. Důsledkem působení těchto omezení je vznik více okruhů. (Brožová a Houška, 2008)

Rozdělení na kyvadlové jízdy a okružní úlohy vychází ze vztahu mezi požadavky zákazníků a kapacitou vozidla. Kyvadlové jízdy se uskutečňují jednorázově nebo opakovaně mezi místem nakládky a místem vykládky, protože požadavky jednoho zákazníka jsou shodné nebo převyšují kapacitu vozu. (Fiala et al., 2010)

Úlohy, v nichž se řeší rozvoz zboží z distribučního centra k jednotlivým zákazníkům a požadavky jednotlivého zákazníka přitom nenaplní celou kapacitu vozidla, tj. jednou jízdou je možné obsloužit více zákazníků, označují se jako úlohy okružních jízd. V zahraniční literatuře lze úlohy okružních jízd nalézt pod názvem Vehicle Routing Problem. (Široký a Slivoně, 2010)

Přesnější dělení **úloh okružních jízd** lze provést podle následujících charakteristických znaků a omezení, které uvádí Janáček (2003):

#### **Čas uspokojování požadavků:**

- čas je pevně určen (úloha rozvrhování),
- čas je dán časovým intervalem (kombinovaná úloha přepravní a rozvrhová),
- čas není určen (prostá přepravní úloha). (Janáček, 2003)

#### **Počet středisek:**

- jedno středisko,
- více než jedno středisko. (Janáček, 2003)

**Velikost vozového parku:**

- jediné vozidlo,
- více vozidel,
- neomezený počet vozidel. (Janáček, 2003)

**Typ vozového parku:**

- homogenní,
- heterogenní. (Janáček, 2003)

**Povaha požadavků:**

- deterministické (rozvoz zboží),
- stochastické (svoz domovního odpadu). (Janáček, 2003)

**Maximální doba pro projetí jedné trasy:**

- stejná pro všechna vozidla (homogenní park),
- každé vozidlo má obecně jinou dobu,
- není zadána. (Janáček, 2003)

**Operace prováděné u zákazníků:**

- pouze nakládka (svozní úlohy),
- pouze vykládka (rozvozní úlohy),
- obě operace. (Janáček, 2003)

Podle kritérií, která je třeba dodržovat, lze rozlišit několik základních modelů rozvozních úloh. V této diplomové práci budou představeny následující modely: kapacitně omezená úloha okružních jízd, úloha okružních jízd s časovými okny a úloha se současným svozem i rozvozem.

**Kapacitně omezenou úlohu okružních jízd** uvádějí Široký a Slivoně (2010) jako úlohu, která respektuje kapacitní omezení jednotlivých dopravních vozidel. Obecná formulace úlohy je následující: každý zákazník bude obslužen právě jednou. Každé vozidlo, které do vrcholu  $V$  vjede, z něho také vyjede. Požadavky zákazníků přiřazených k danému vozidlu nepřesáhnou jeho kapacitu. Trasa vozidla tvoří uzavřený sled objektů, přičemž žádný z nich se neopakuje a trasa prochází umístěním střediska (depa). Cílem je nepřekročit kapacitu vozidla a obsloužit všechny zákazníky s minimálními náklady. Náklady jsou odvozené od ujeté vzdálenosti.

Pro účely sestavení matematického modelu je podle Širokého a Slivoně (2010) třeba zavést proměnné  $x_{ijr} \in \{0, 1\}$  pro každé vozidlo  $r \in R$  a každou dvojici objektů  $(i, j)$ .

Matematický model udává rozhodnutí, zda vozidlo  $r$  pojedje od objektu  $i$  k objektu  $j$  (v tom případě  $x_{ijr} = 1$ ), nebo nikoli ( $x_{ijr} = 0$ ).

Matematický model viz vztahy (9-14).

$$\text{Minimalizovat} \quad \sum_{r \in R} \sum_{i \in J} \sum_{j \in J} d_{ij} x_{ijr} \quad i \neq 1 \quad (9)$$

Za podmínek:

$$\sum_{r \in R} \sum_{i \in J} x_{ijr} = 1 \quad i \neq j \quad \text{pro } j \in J \quad (10)$$

$$\sum_{i \in J} x_{ijr} = \sum_{i \in J} x_{jir} \quad i \neq j \quad i \neq j \quad \text{pro } j \in J \cup s, r \in R \quad (11)$$

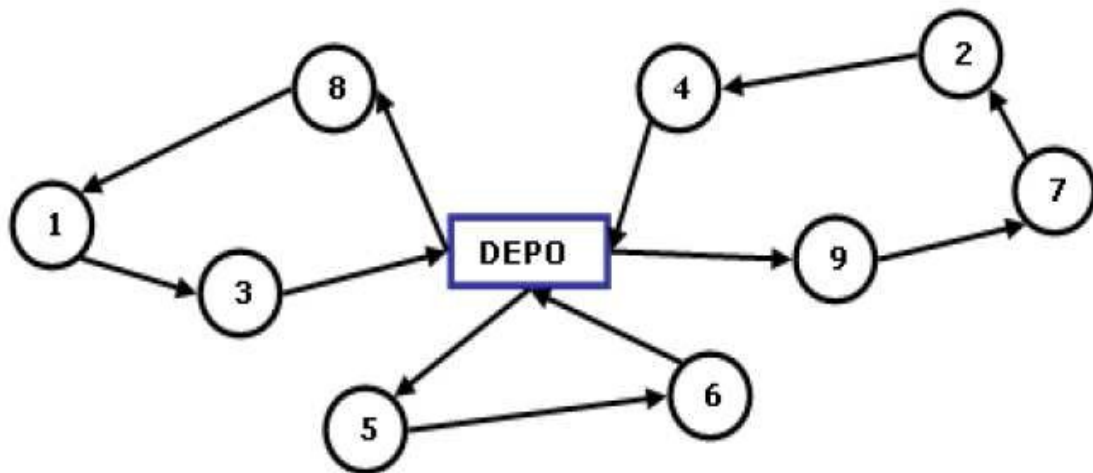
$$\sum_{j \in J} b_j \sum_{i \in J} x_{ijr} \leq K_r \quad i \neq j \quad \text{pro } r \in R \quad (12)$$

$$\sum_{j \in S} \sum_{i \in S} x_{ijr} \leq |S| - 1 \quad i \neq j \quad \text{pro } r \in R, S \subseteq J, |S| \geq 2 \quad (13)$$

$$x_{ijr} \in \{0, 1\} \quad \text{pro } r \in R, i \in J \cup s, j \in J \cup s, i \neq j \quad (14)$$

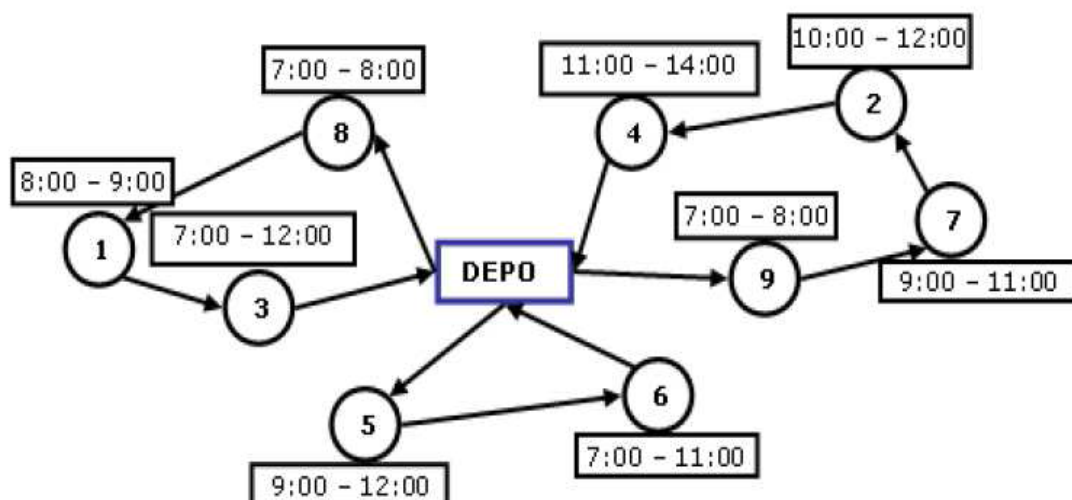
Účelová funkce (9) vyjadřuje celkovou najetou vzdálenost. Podmínky (10) zajišťují, že každý zákazník bude obslužen právě jednou. Podmínky (11) zabezpečují to, že každé vozidlo, které do uzlu  $j$  vjede, z něho také vyjede. Podmínky (12) zajišťují, že požadavky zákazníků přiřazených vozidlu  $r$  nepřesáhnou jeho kapacitu. Tzv. anticyklické podmínky (13) zabezpečují, aby trasa vozidla tvořila uzavřený sled objektů, přičemž žádný z nich se neopakuje a trasa prochází umístěním skladu  $s$ . Podmínek tohoto typu bude velké množství. Podmínka musí být napsána pro každou vlastní podmnožinu množiny zákazníků kromě

jednoprvkových podmnožin. Grafické znázornění kapacitně omezené úlohy okružních jízd si lze prohlédnout na obrázku č. 4. (Široký a Slivoně, 2010)



**Obrázek 4** Grafické znázornění kapacitně omezené úlohy okružních jízd (Široký a Slivoně, 2010, s. 264)

**Úloha okružních jízd s časovými okny** je základní úloha rozšířená o časová okna. Tato okna si lze představit jako specifikovaný časový interval, ve kterém je nutné každého zákazníka obsloužit. V praxi to znamená, že je zapotřebí podnik navštívit v jeho pracovní době nebo v časovém rozmezí, kdy je odběratel k zastižení na požadované adrese. Existuje také varianta této úlohy s tzv. měkkými časovými okny – v takové úloze je dovolené časová okna porušovat, každé takové porušení je penalizováno. Úlohu okružních jízd s časovými okny znázorňuje obrázek č. 5. (Široký a Slivoně, 2010)



**Obrázek 5** Grafické znázornění úlohy okružních jízd s časovými okny (Široký a Slivoně, 2010, s. 265)



Široký a Slivoně (2010) uvádí **úlohu se současným svozem i rozvozem** jako základní variantu úlohy, pro kterou je specifické, že každé vozidlo může provádět svoz i rozvoz současně. V závislosti na konkrétním požadavku zákazníka se tedy u některých zákazníků pouze nakládá, u některých pouze vykládá a u některých se provádí obě činnosti. Přirozeně je opět nutné přihlížet ke kapacitním omezením dané trasy (kapacita vozidla, maximální trvání trasy).

### 1.3 Přepravní náklady

Dle Sixty a Mačáta (2005) se v předchozích obdobích veškerá činnost výrobních i obchodních společností odvíjela od základní rovnice 15.

$$\text{cena} = \text{náklady} + \text{zisk} \quad (15)$$

V současnosti již tento vztah neplatí. Cenu si totiž neurčuje vlastník (prodejce) zboží, ale hlavně konkurence. Chce-li být podnik „životaschopný“, musí produkovat i určitý zisk, který má možnost dále zpětně investovat. Vzhledem k uvedeným skutečnostem se dá odvodit nový vzorec, viz 16. (Sixta a Mačát, 2005)

$$\text{náklady} = \text{cena} + \text{zisk} \quad (16)$$

Vzorec číslo 16 říká, že „náklady jsou veličinou závislou“. Z toho vyplývá, že chce-li podnik přežít, musí své náklady snížit tak, aby dosáhly maximálně hodnoty ceny zboží (Sixta a Mačát, 2005).

#### 1.3.1 Charakteristika nákladů

Velmi významnou logistickou činností je přesun materiálu a zboží z místa výroby do místa spotřeby výrobku, popřípadě až do místa zlikvidování. Pro zajištění přepravy je důležitý výběr způsobu přepravy. Výše nákladů se bude lišit od použití způsobu dopravy (letecká, vodní, silniční nákladní nebo potrubní), hmotnosti, objemu zásilky a dle vzdálenosti přepravy. Dále je důležitý výběr vhodné přepravní trasy, zajištění, aby vše odpovídalo právním předpisům a výběr dopravce. V přímém porovnávání s ostatními logistickými činnostmi je zjištěno, že přeprava ve většině případů představuje největší nákladovou položku. Přepravní náklady vznikají i v rámci výrobního podniku i výrobních hal. (Sixta a Mačát, 2005)

#### 1.3.2 Členění nákladů

Náklady je možné klasifikovat z různých hledisek. Záleží na potřebách řízení, typu rozhodovací úlohy a účelu, při kterém náklady vznikají. Logistické náklady se podle Sixty a Mačáta (2005) člení na šest základních nákladových oblastí mezi sebou vzájemně propojených. Jde o následující oblasti logistického systému.

Spokojenost zákazníků obstarává správně fungující **úroveň zákaznického servisu**, který spojuje a řídí všechny složky orientované na zákazníka v rámci stanoveného poměru nákladů a poskytovaných služeb. Zákaznický servis se také velice často definuje jako „filosofie orientace na zákazníka“. Zákaznický servis je výstupem logistického systému. Kvalitní služby podporují spokojenost zákazníků, která je zase výstupem celkového marketingového procesu. Zlepšování zákaznického servisu je klíčovým a kritickým aspektem veškerých činností v rámci dodavatelského řetězce. (Sixta a Mačát, 2005)

**Přepavní náklady** lze charakterizovat jako vlastní přesun materiálu a zboží z místa vzniku do místa spotřeby, případně až do místa jejich likvidace. Stejný význam má také výběr způsobu přepravy, výběr přepravní trasy, zajištění toho, aby vše odpovídalo právním předpisům daného státu, a konečně výběr dopravce a přeprave. V dnešní době je na výběr přeprava letecká, železniční, vodní, silniční a potrubní. V porovnání s ostatními logistickými aktivitami představuje přeprava často největší samostatnou nákladovou položku. Přepavní náklady mohou vznikat i v rámci výrobního závodu, dokonce i mezi výrobními halami a sklady. (Sixta a Mačát, 2005)

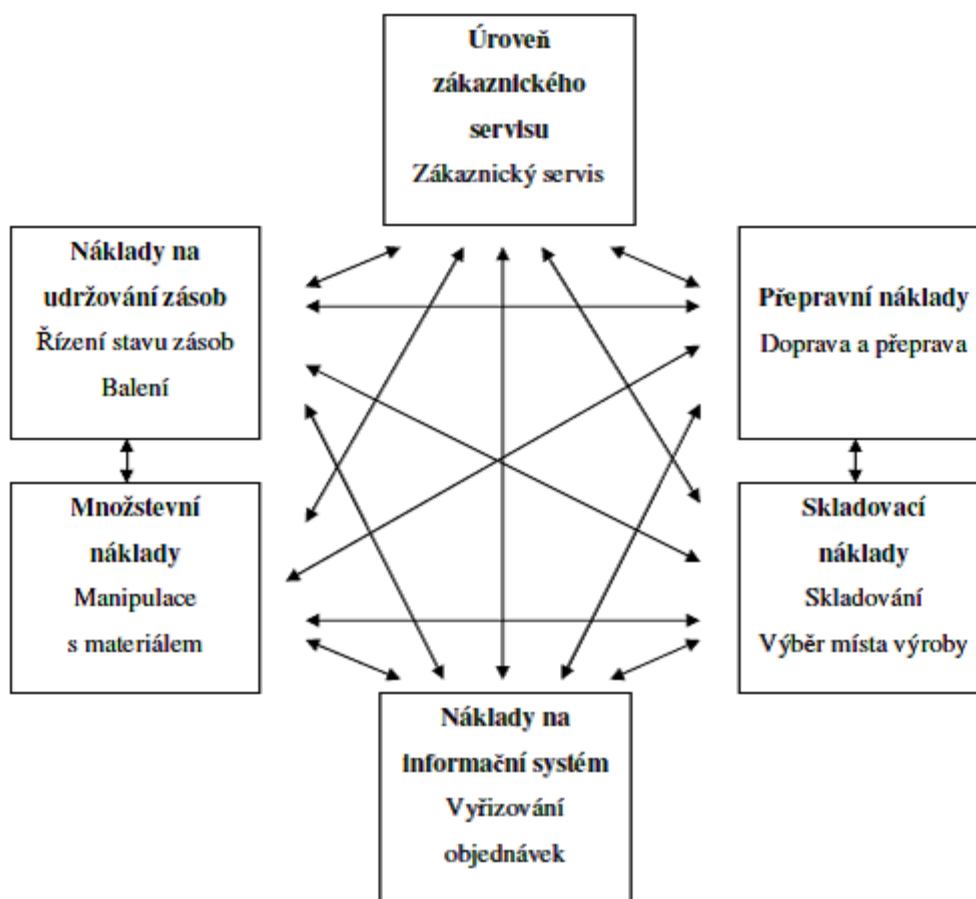
**Náklady na udržování zásob.** Každý podnik má za cíl minimalizovat náklady, ovšem ne na úkor snížení zákaznického servisu. Aby byly zajištěny minimální náklady a zároveň spokojenost zákazníků, je potřeba udržovat určitou úroveň stavu zásob. Je tedy důležité zabývat se i řízením zásob, byla udržována jejich optimální výše. Do celkových nákladů na udržování zásob se započítávají náklady na kapitál vázaný v zásobách, skladovací náklady, náklady na pořízení zásob a také náklady na likvidaci zastaralého zboží. Tyto náklady se pohybují v rozmezí od 14 % až do více než 50 % hodnoty zásob v ročním vyjádření. (Sixta a Mačát, 2005)

**Náklady na skladování** popisují Sixta a Mačát (2005, s. 95) následovně: „*Skladování se významně podílí na tvorbě užitné hodnoty prostřednictvím času a místa. Skladování umožňuje, aby bylo zboží vyrobeno a uchováno pro pozdější spotřebu. Je vhodné zboží skladovat poblíž místa následné spotřeby, nebo místa další přepravy. Skladovací náklady vznikají v procesu skladování a uskladnění zboží a ve své podstatě jsou ovlivněny výběrem místa výrobních kapacit skladů podniku. Zahrnují všechny náklady, které vznikají v návaznosti na změnu počtu nebo změnu umístění nákladů.*“

Celkové náklady na provoz skladu vzniknou součtem fixních a variabilních nákladů za určité období (nejčastěji jednoho roku). Fixní náklady se vyskytují neustále, nezávisle na jakékoli činnosti, zatímco variabilní náklady jsou vždy spjatý s určitým procesem v podniku. (Sixta a Mačát, 2005)

**Množstevní náklady** jsou spojené se změnami v nakupovaných množstvích a se změnami ve výrobě nebo prodeji. Nelze na ně nahlížet izolovaně, protože mohou ovlivňovat řadu dalších nákladů. Může to být například takový podnik, který vyrábí zboží ve velkých výrobních sériích a dosahuje tím příznivých cen u svých dodavatelů. Takový producent sice realizuje výrobu efektivně, ale potřebuje velké skladové prostory, protože manipuluje s velkými sériemi zboží, čímž zvyšuje skladovací náklady. Výrobce tedy není schopen uspokojit každého zákazníka individuálně a kvalita zákaznického servisu tak není uspokojivá. I přepravní náklady se mohou zvyšovat, protože jsou zákazníkům odesílány částečné a rozdělené dodávky. Náklady na udržování zásob se pravděpodobně zvýší, protože vzhledem k velkým výrobním dávkám je pak na skladě velký objem výrobků a trvá dlouho, než se vyčerpá. (Sixta a Mačát, 2005)

**Informační náklady** charakterizují Sixta a Mačát (2005), jako postup vyřizování objednávek, který podnik používá k přijímání objednávek od zákazníků, ke kontrole stavu objednávek a návazné komunikaci se zákazníky, a konečně k samotnému vyřízení objednávek a jejich dostupnosti pro zákazníky. „*Hlavním současným trendem v logistické komunikaci je rapidní nárůst její komplexnosti automatizace a rychlosti.*“ Nákladové vazby v logistickém systému zobrazuje obrázek č. 6. (Sixta a Mačát, 2005, s. 96)



**Obrázek 6** Nákladové vazby v logistickém systému (Sixta a Mačát, 2005)

Cempírek, Kampf a Široký (2009) rozeznávají tři hlediska klasifikace nákladů:

**Kategorie nákladů:**

- fixní náklady (výrobní stroje a zařízení, dopravní prostředky, pracovníci aj.),
- variabilní náklady (materiál, pohonné hmoty, energie).

**Druhovému členění nákladů:**

- spotřebované nákupy (materiál, energie, voda apod.),
- externí služby (opravy a udržování strojů, úklid, přepravné a další),
- osobní náklady (mzdy, sociální a zdravotní pojištění),
- daně a poplatky (silniční daň, daň z nemovitosti),
- jiné provozní náklady (smluvní pokuty, pojištění majetku aj.),
- odpisy a rezervy (účetní odpisy, tvorba rezerv, opravné položky),
- finanční náklady (úroky, ostatní finanční náklady),
- mimořádné náklady (manka, škody apod.). (Cempírek, Kampf a Široký, 2009)

**Účelové nebo kalkulační členění nákladů:**

- osobní náklady,

- materiálové náklady,
- náklady na energie a pohonné hmoty
- odpisy,
- náklady na opravu a udržování,
- dopravní náklady,
- náklady vázané k zásobám,
- provozní režie (výrobní, zásobovací, správní a odbytová). (Cempírek, Kampf a Široký, 2009)

#### **1.4 Shrnutí charakteristiky distribuční logistiky a metod pro trasování vozidel**

V oblasti přeprav kusových zásilek je v dnešní době velký potenciál, jak tyto služby ještě více přizpůsobit zákazníkovi. Za nejdůležitější bod je možné považovat segment přepravy zásilek. Efektivní přeprava tkví především v pečlivém naplánování jednotlivých přeprav. Je zde snaha o co nejlepší využití přepravních kapacit ve smyslu jejich vytížení (ne přetížení) a také z pohledu co možná největší optimalizace jízd. Proto je důležité věnovat velkou pozornost okružním jízdám jednotlivých vozidel. Podnik by se měl snažit o zlepšení servisu v oblastech, kde např. není možné realizovat dodávku zásilky přesně v časovém rozmezí dle přání zákazníka.

Mezi hlavní možnosti pro optimalizaci v oblasti plánování samotného doručování či svážení zásilek je možné zařadit především zmodernizování a zefektivnění plánování svozových a rozvozových jízd vozidel. V této oblasti existuje software, který umí jízdy optimálně plánovat a zajistit nepřekročení omezujících podmínek, které se vážou k velikosti zásilek, kapacitě vozidla a dalším faktorům vstupujícím do procesu plánování a realizace přeprav zásilek. Mezi efekty dosažené optimalizací patří:

- snížení počtu ujetých kilometrů,
- snížení počtu použitých vozidel pro přepravy,
- zvýšení využití kapacity vozidel,
- lepší plánování jízd řidičů (eliminace přesčasů),
- zkrácení doby potřebné na přípravu a plánování tras.

## **2 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO ZPŮSOBU TRASOVÁNÍ VOZIDEL**

Tato kapitola diplomové práce je zaměřena na analýzu stávajícího způsobu trasování vozidel ve společnosti DHL Express (Czech Republic) s.r.o. Je zde představena samotná společnost DHL, její historie, struktura, produktové portfolio a také působení v České republice. Kapitola také pojednává o pobočce v Hradci Králové, jelikož je to jediná pobočka DHL Express (Czech Republic) s.r.o. v Královéhradeckém a Pardubickém kraji, a o trasách obsluhovaných touto pobočkou. Závěr kapitoly je věnován stávajícímu způsobu trasování vozidel, dennímu procesu a vymezení problému na jmenované pobočce.

### **2.1 Představení společnosti**

Společnost DHL je považována za jednu ze světově nejúspěšnějších přepravních logistických podniků. Toho dosahuje především díky svým službám v expresní letecké, námořní, železniční i silniční přepravě, které jí zaručují celosvětové pokrytí. DHL působí ve všech zemích a oblastech světa, výjimkou je pouze Turkmenistán, proto je nejglobálnější společností na světě. K dosažení nejvyšší možné kvality poskytovaných služeb podnik zaměstnává kolem 315 000 zaměstnanců na celém světě. (DHL, 2010a)

#### **2.1.1 Historie společnosti**

Od roku 1948 bylo pod záštitou GATT (General Agreement on Tariffs and Trade, neboli všeobecná dohoda o clech a obchodu) vyvíjeno úsilí o snížení cel a omezení ve světovém obchodu. V kombinaci s poválečnou populační explozí a sociální a kulturní revolucí v šedesátých letech 20. století nastal obrovský nárůst mezinárodního obchodu. Byla to ideální doba pro vybudování společnosti pro expresní doručování, a přesně to učinila trojice partnerů v roce 1969. (DHL, 2010a)

Společnost založila trojice Adrian Dalsey, Larry Hillblom a Robert Lynn, podle nichž je společnost i pojmenována. Podnik DHL zahájil svou první kurýrní službu mezi západním pobřežím Severní Ameriky a Havajskými ostrovy. Během dalších čtyř let rozšířila svou přepravní síť např. v Pacifické oblasti, Japonsku a Austrálii. V roce 1974 byla otevřena první evropská pobočka v Londýně. V roce 1979 DHL působila na Středním Východě, v Africe, Latinské Americe a Německu. V letech 1983 až 1993 otevírá společnost nová distribuční centra v USA, Bruselu či Bahrajnu. Začíná mimo jiné obchodovat s Čínskou lidovou republikou a Kuvajtem. V roce 1998 se stává akcionářem společnosti Deutsche Post. Do roku

2002 získává Deutsche Post 100% podíl akcií podniku. V roce 2008 byl otevřen evropský letecký centrální terminál v Lipsku, který opět rozšířil přepravní síť. (DHL, 2010a)

### 2.1.2 Struktura společnosti

Jediným akcionářem společnosti DHL je Deutsche Post. Společně tvoří dvě silné značky pod jedním jménem. Dále společnost DHL primárně rozděluje svoji nabídku do čtyř divizí (Global Mail, Freight a Global Forwarding, Express, Supply Chain). Detailní strukturu společnosti si lze prohlédnout na obrázku č. 7. (DHL, 2010a)



Obrázek 7 Struktura společnosti (DHL, 2010a)

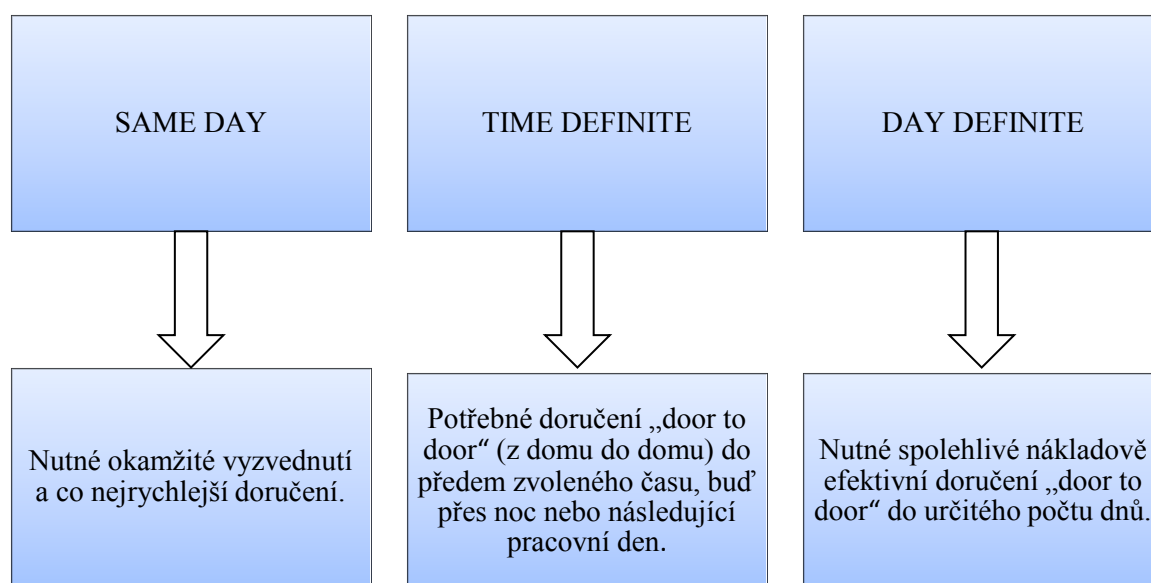
## 2.2 DHL Express (Czech Republic) s.r.o. v České republice

DHL působí na českém trhu od roku 1986. V této době začala jako první poskytovat expresní přepravu. V roce 1993 mění svou právní subjektivitu na DHL International (Czech Republic), s.r.o. a otevírá řídicí centrum a překladiště v areálu pražského Ruzyňského letiště

(dnes Letiště Václava Havla Praha). V březnu 2006 se členem skupiny Deutsche Post DHL stala společnost PPL s.r.o., kterou DHL využívá pro tuzemskou přepravu. V současné době je DHL Czech Republic s.r.o. zastoupena společnostmi DHL Global Forwarding s.r.o., DHL Solution s.r.o., a DHL Express (Czech Republic) s.r.o. (DHL, 2010a)

### 2.2.1 Produktové portfolio DHL Express (Czech Republic) s.r.o.

Společnost DHL Express (Czech Republic) s.r.o. nabízí širokou škálu služeb rozdělených podle časových požadavků. Toto rozdělení znázorňuje obrázek č. 8.



**Obrázek 8** Produktové portfolio DHL Express (Czech Republic) s.r.o. (autor podle DHL, 2010a)

Společnost DHL Express (Czech Republic) s.r.o. se zaměřuje na produkt Time Definite, který tvoří 80 % všech jejich tržeb. Produkty typu Time Definite jsou:

- **DHL Express 09:00** – vyzvednutí zásilek s vývozním, dovozním nebo vnitrostátním doručením před 09:00 hodin následující pracovní den,
- **DHL Express 10:30** – vyzvednutí zásilek s vývozním, dovozním nebo vnitrostátním doručením do 10:30 hodin následující pracovní den (pouze do USA),
- **DHL Express 12:00** – vyzvednutí zásilek s vývozním, dovozním nebo vnitrostátním doručením do 12:00 hodin následující pracovní den,
- **DHL Express Worldwide** – vyzvednutí zásilek s vývozním, dovozním nebo vnitrostátním doručením do konce pracovní doby v dané zemi následující pracovní den,



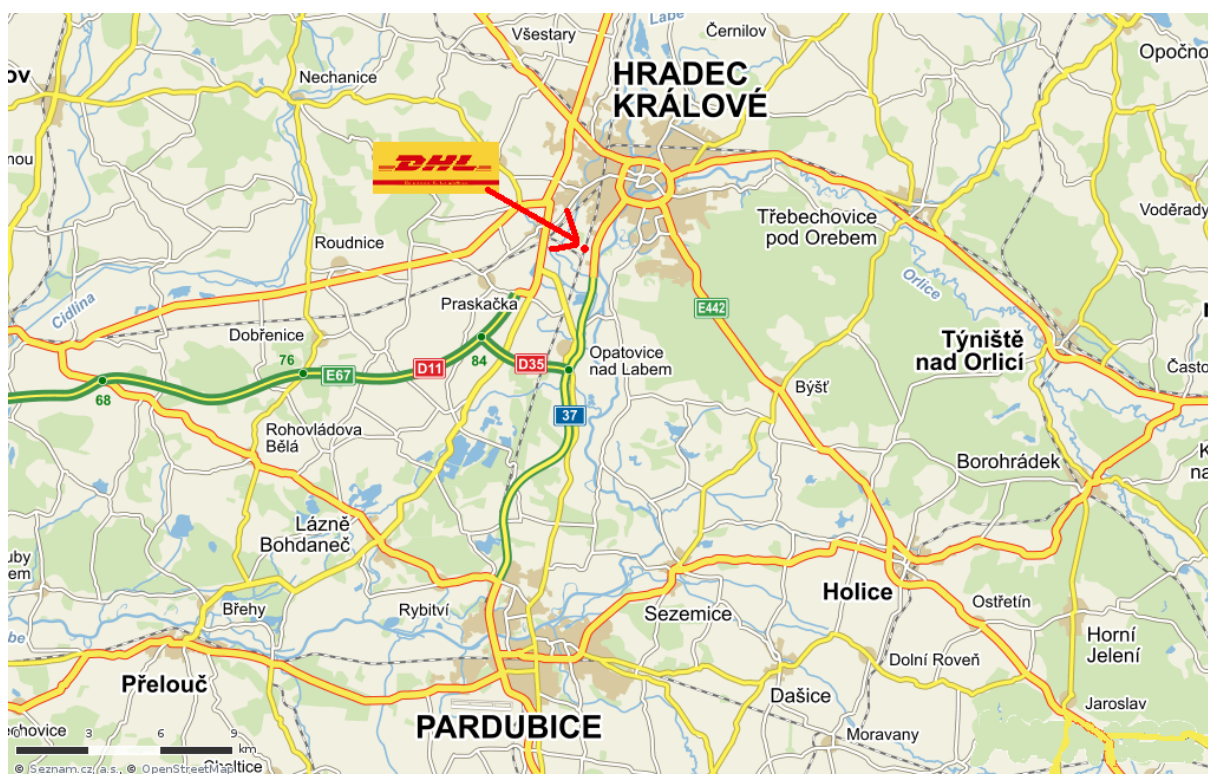
- **DHL Import Express Worldwide** – mezinárodní vyzvednutí a místní doručení zásilek do konce následujícího pracovního dne s tím, že výdaje za přepravu a související poplatky budou fakturovány příjemci nebo třetí straně. (DHL, 2010a)

## 2.2.2 Pobočka DHL Express (Czech Republic) s.r.o. v Hradci Králové

Zásilky z celého světa mířící do Evropy jsou roztříděny v Lipsku, odkud jsou následně odeslány do středisek jednotlivých zemí, kde jsou systematicky roztříděny podle místa doručení. Poté jsou zásilky přepraveny do krajských poboček, kde jsou rozčleněny podle jednotlivých tras.

V roce 2010 se Hradec Králové stal dalším městem nové terminálové sítě společností DHL Express (Czech Republic) s.r.o. a PPL s.r.o. Jedná se již o pátý společný terminál těchto logistických společností na území České republiky. Nový terminál je reakcí na stále rostoucí objem přepravy zásilek při optimálním navyšování kvality služeb zákazníkům. (DHL, 2010b)

Královéhradecký terminál je přímo uzpůsobený provozním procesům DHL Express (Czech Republic) s.r.o. i PPL s.r.o., díky čemuž se zkracuje délka distribučního procesu. Zákazník jednak obdrží zásilku dříve, ale také ji může později odevzdat do systému. Terminál se navíc nachází v průniku dopravního napojení na Pardubice a nového přivaděče na dálnici D11 u Opatovic nad Labem. Polohu terminálu znázorňuje obrázek č. 9. (DHL, 2010b)



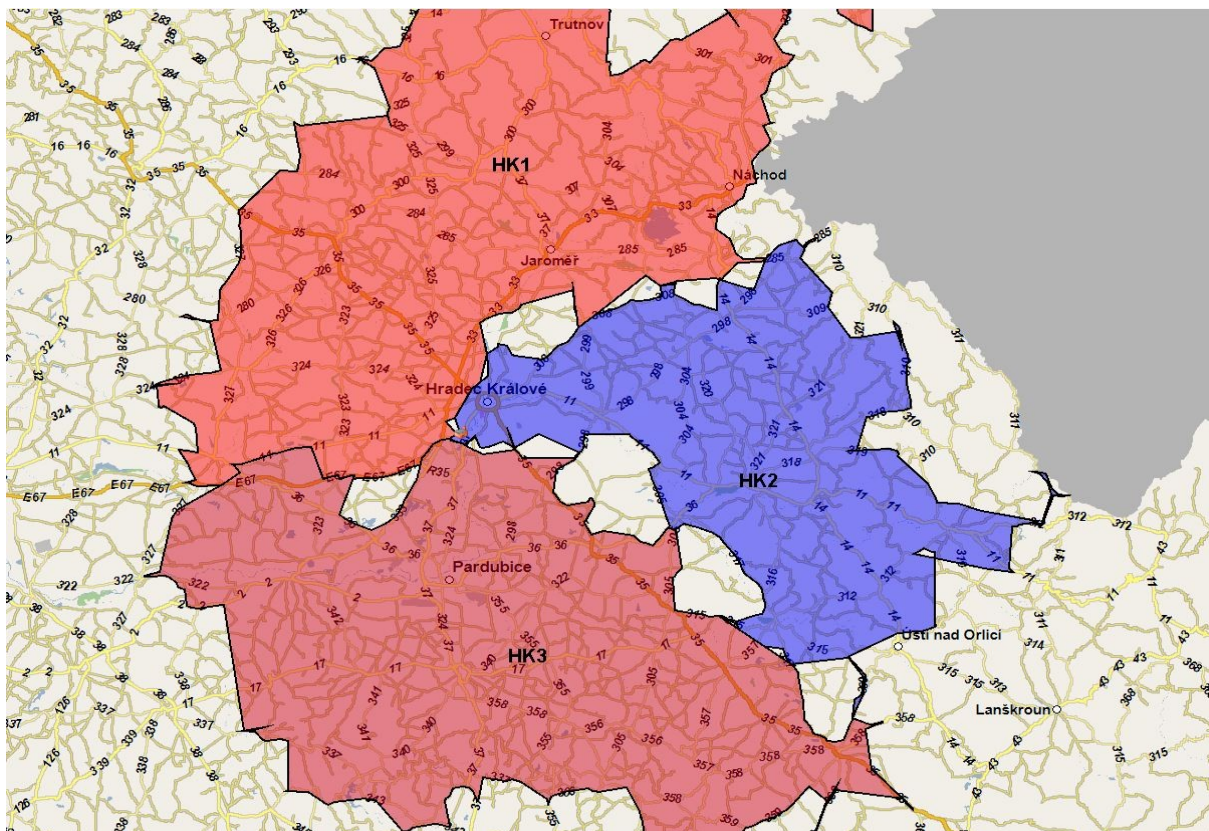
**Obrázek 9** Poloha terminálu Hradec Králové (autor podle Mapy.cz, 2017)

V rámci podnikové strategie Gogreen s cílem snižovat emise CO<sub>2</sub> byl v novém terminálu nainstalován moderní systém řízení osvětlení, který na základě vyhodnocení sensorů zavěšených v hale řídí příkon do jednotlivých svítidel tak, aby bylo zajištěno osvětlení dle stanovených standardů. (DHL, 2010)

Výběr vhodné lokality pro nový terminál probíhá na základě důkladné studie, kde je zohledněna strategie rozvoje společnosti, poptávka a potenciál regionů, dopravní infrastruktura, návaznost na existující síť terminálů a také profitabilita. Terminál v Hradci Králové se rozkládá na ploše 30 000 m<sup>2</sup> a disponuje kapacitou 6 200 balíků za hodinu. Terminálem ročně proteče téměř 2,9 milionu balíků PPL s.r.o. a bezmála 208 tisíc kusů zásilek dalších přepravních systémů DHL Express (Czech Republic) s.r.o. Ve dvou směnách je přímo na královéhradeckém terminálu zaměstnáno přes 110 lidí. Celkové investice do budovy v roce 2010 byly kolem 198 milionů korun. (DHL, 2010)

### 2.2.3 Trasy obsluhované pobočkou v Hradci Králové

Oblast obsluhovaná pobočkou DHL Express (Czech Republic) s.r.o. Hradec Králové je rozdělena do třech atrakčních obvodů. V Hradci Králové jsou to atrakční obvody **HK1**, **HK2** a **HK3**. Rozdělení jednotlivých obvodů znázorňuje obrázek č. 10.

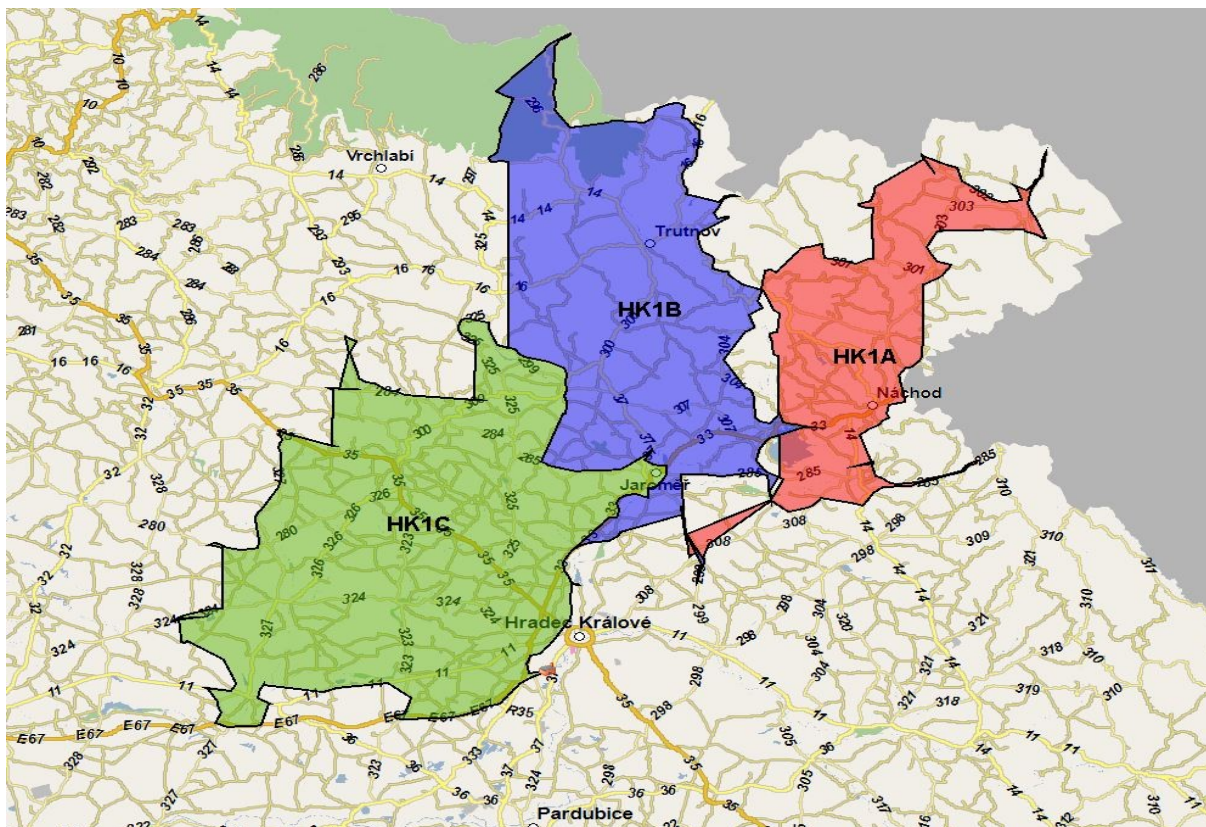


**Obrázek 10** Rozdělení atrakčních obvodů na pobočce Hradec Králové (DHL, 2016)



Jednotlivé atrakční obvody jsou dále rozčleněny na trasy. V teorii dopravních systémů lze trasu chápat jako oblast, kterou dopravní komplet obsluhuje. Trasy by spolu měly, v případě potřeby, spolupracovat tzv. flexovat. Tato spolupráce nastává, když je potřeba doručit nebo naopak vyzvednout zásilku v časovém okně, které není možné obsloužit kurýrem, který obsluhuje danou trasu. Jedná se především o produkt typu – Time Definite DHL Express 12:00, kdy je potřeba doručit zásilku klientovi do 12 hodin.

Atrakční obvod **HK1** je rozdělen do třech tras, jak je vidět na obrázku č. 11.



**Obrázek 11** Atrakční obvod HK1 (DHL, 2016)

Mezi největší zákazníky trasy **HK1A** patří SPOZA, spol. s r.o. Černilov, Ammann Czech Republic, a.s. Nové Město nad Metují, SICO Rubena a.s. Náchod a Continental Automotive Czech Republic, s.r.o. Horní Adršpach.

Trasa **HK1B** nejvíce obsluhuje Tyco Electronics EC Trutnov, s.r.o., TAKATA Parts s.r.o. Rtyň v Podkrkonoší, ABB, s.r.o. Trutnov, Continental Automotive Czech Republic, s.r.o. Trutnov a Stako s.r.o. Červený Kostelec.

Na trase HK1C jsou největšími zákazníky: Autolamp CZ, s.r.o. Kratonohy, Ardagh Metal Packaging Czech Republic, s.r.o. Skřivany, Multi-Wing CZ, s.r.o. Nový Bydžov, Texla, a.s. Ostroměč, JUTA, a.s. Dvůr Králové nad Labem a Kimberly-Clark, s.r.o. Jaroměř.

**Tabulka 1** Shrnutí výsledků atrakčního obvodu HK1 za 4. čtvrtletí 2016

Atrakční obvod HK1	Zastavení		Průměrný čas odjezdu	Průměrný čas příjezdu	Průměrná ujetá vzdálenost
	Doručení	Vyzvednutí			
<b>HK1A</b>	1 425	719	10:47	17:16	215
<b>HK1B</b>	1 382	745	10:53	17:40	183
<b>HK1C</b>	1 642	531	10:51	17:10	213

Zdroj: autor podle DHL (2016)

Shrnutí výsledků za 4. čtvrtletí 2016 atrakčního obvodu **HK1** znázorňuje tabulka č. 1. Jsou zde uvedeny všechny tři trasy tohoto obvodu. Jedná se o výsledky za 4. čtvrtletí roku 2016, tedy za měsíce říjen, listopad a prosinec, kdy bývá vytižení tras v kalendářním roce největší. V tabulce jsou uvedeny celkové počty zastavení, a to jak pro doručení, tak pro vyzvednutí zásilek v daném období. Dále jsou uvedeny průměrné odjezdy a příjezdy na pobočku. Posledním ukazatelem v tabulce je průměrná ujetá vzdálenost jednotlivých tras, která je udávána v kilometrech.

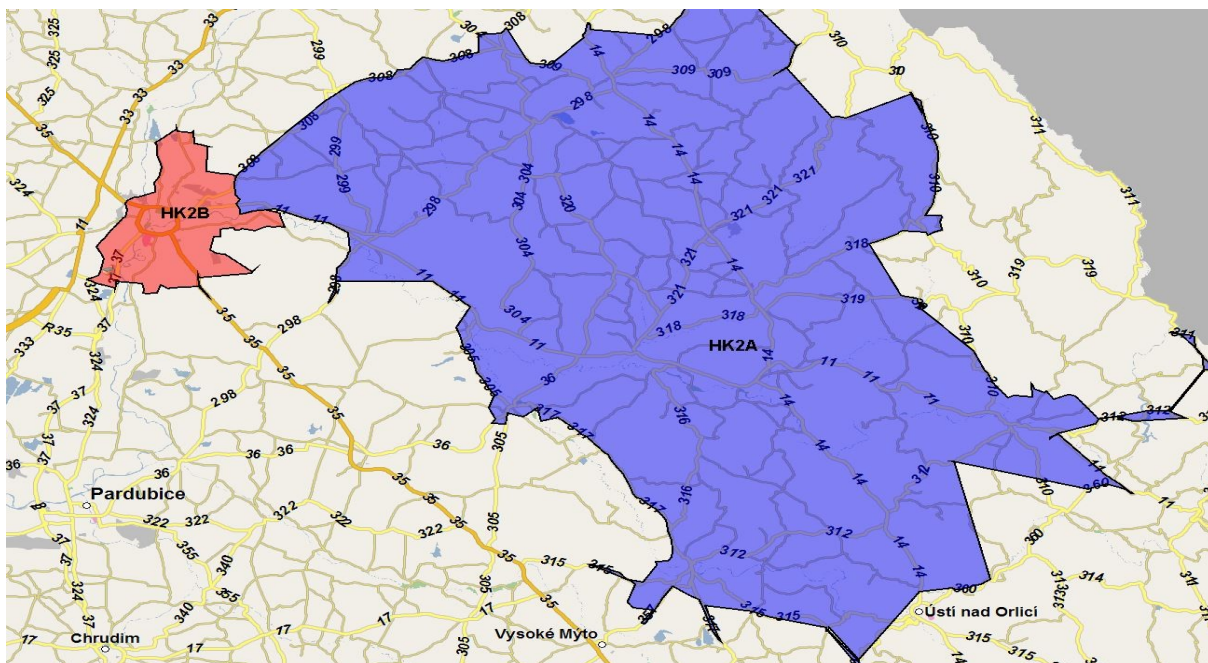
Trasy v atrakčním obvodu **HK1** jsou z hlediska počtu zastavení a příjezdů víceméně vyrovnané. Jediný větší výkyv je u trasy **HK1B**, a to u položek příjezdů a ujeté kilometry. To je dáno větší dojezdovou vzdáleností mezi prvním respektive posledním zastavením a pobočkou. Tato trasa je také specifická bicentrickým uspořádáním. Dvě hlavní centra jsou Trutnov a Červený Kostelec, proto je ujetá vzdálenost menší než u zbývajících tras, kde je uspořádání zákazníků rovnoměrně rozloženo po celé síti.

Trasa **HK2A** začíná rozvoz na území Hradce Králové, kde obsluhuje společnosti, které sídlí na ulici Bratří Štefanů. Jedná se především o společnosti Technistone, a.s. Hradec Králové, Autocentrum BARTH, a.s. Hradec Králové a HAKEL, spol. s r.o. Mezi další velké zákazníky na trase patří FAB ASSA ABLOY Czech & Slovakia s. r. o., ELBAS, s.r.o. Choceň, Bühler CZ s.r.o. Žamberk, KBA – Grafitec, s.r.o. Dobruška. Na trase **HK2A** sídlí i společnost ŠKODA AUTO, a.s. Kvasiny, která je nyní, z důvodu enormního množství zásilek, obsluhována speciálním vozidlem jedoucím přímo z terminálu DHL v Praze – Zdiby.

**HK2B** je městskou trasou. Pro trasy tohoto typu je typické velké množství zákazníků na malém prostoru. Pro velká města je také typickým znakem doručování a vyzvedávání biologického materiálu v místních nemocnicích a poliklinikách. V Hradci Králové se jedná především o Fakultní nemocnici, HRADECKOU POLIKLINIKU III, s.r.o., První privátní

chirurgické centrum, s.r.o. Dalšími velkými zákazníky jsou FOMA BOHEMIA spol. s r.o., Rubena a.s., ELLA-CS, s.r.o., ELCERAM, a.s. a EspoMed, spol. s r.o.

Na obrázku č. 12 je znázorněno rozdělení atrakčního obvodu **HK2** na jednotlivé trasy.



**Obrázek 12** Atrakční obvod HK2 (DHL, 2016)

Tabulka č. 2 vyobrazuje rozdíl mezi městskou a takzvanou „country“ trasou. Ve městě je mnoho zastavení na malém prostoru, proto bylo na trase **HK2** najeto průměrně pouze 76 kilometrů a uskutečněno celkem 3 686 zastavení. Rozdíl je i v průměrné době odjezdů a příjezdů. Pozdější odjezdy jsou způsobeny velkým množstvím zásilek. Kurýr musí postupně jednotlivé balíčky načíst do systému a narovnat do dodávky, a to při jejich větším množství trvá déle. Dřívější příjezd je způsoben dojezdovou vzdáleností z posledního zastavení.

**Tabulka 2** Shrnutí výsledků atrakčního obvodu HK2 za 4. čtvrtletí 2016

Atrakční obvod HK2	Zastavení		Průměrný čas odjezdu	Průměrný čas příjezdu	Průměrná ujetá vzdálenost
	Doručení	Vyzvednutí			
<b>HK2A</b>	1 629	587	10:50	17:40	225
<b>HK2B</b>	2 638	1 048	11:00	17:12	76

Zdroj: auto podle DHL (2016)

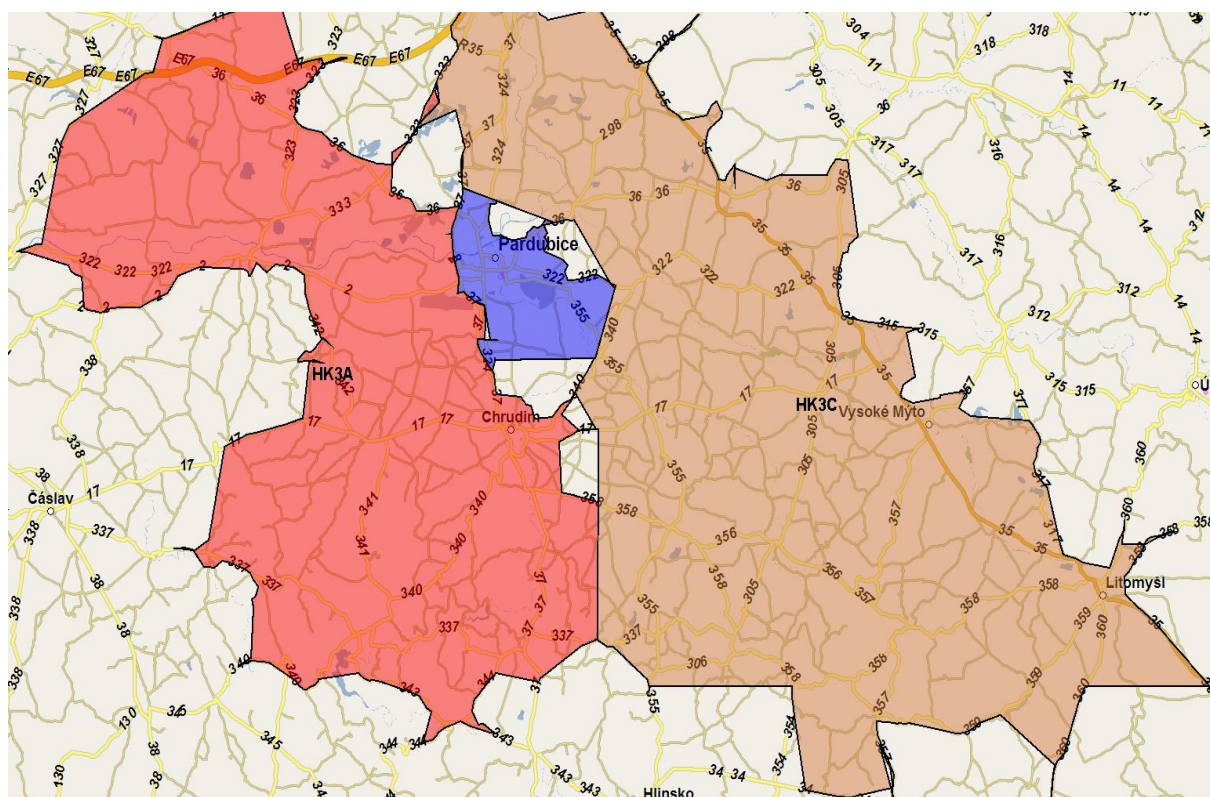


Pro trasu **HK3A** jsou stěžejní zákazníci, kteří sídlí v průmyslovém parku Staré Čivice, jako jsou Panasonic Automotive Systems Czech, s.r.o., APAG Elektronik, s.r.o., KYB Manufacturing Czech s.r.o. nebo RONAL CR, s.r.o. Dalšími velkými odběrateli jsou T M T spol. s r.o. Chrudim, CKP, a.s. Chrudim, DAKO-CZ, a.s. Třemošnice, IGNITECH, s.r.o. Přelouč a KIEKERT-CS, s.r.o. Přelouč.

**HK3B** je trasou, která obsluhuje město Pardubice, proto jsou dominantními zákazníky zdravotnická zařízení. Mezi největší patří Nemocnice Pardubického kraje, a.s., Poliklinika Vektor, CCBR KLINICKÁ CENTRA CZECH, a.s. Dalšími velkými zákazníky jsou CommScope CZ, spol. s r.o., FOXCONN CZ, s.r.o., ERA, a.s., AWOS s.r.o., SCHENKER spol. s r.o. a Synthesia, a.s.

Na trase **HK3C** jsou největšími zákazníky: MERSEN CZ, s.r.o. Sezemice, BOTAS a.s. Skuteč, ORLIMEX CZ, s.r.o. Osík, CIMBRIA HMD, s.r.o. Litomyšl, SAINT-GOBAIN ADFORS CZ, s.r.o. Litomyšl, Iveco Czech Republic, a. s. Vysoké Mýto, HUCK CZ, s.r.o. Horní Jelení, BV elektronik, s.r.o. Holice a MSSSL ADVANCED POLYMERS, s.r.o. Dolní Ředice.

Obrázek č. 13 znázorňuje rozdělení atrakčního obvodu **HK3** na jednotlivé trasy.



**Obrázek 13** Atrakční obvod HK3 (DHL, 2016)

Výsledky atrakčního obvodu **HK3** znázorňuje tabulka č. 3. U atrakčního obvodu **HK3** je opět rozdíl mezi městskou a „country“ trasou. Zatímco u tras **HK3A** a **HK3C** jsou minimální rozdíly v jednotlivých parametrech, pouze u najetých kilometrů je rozdíl větší (21 km). U trasy **HK3B** je typický charakter městské trasy, tzn. velké množství zastavení a menší počet najetých kilometrů. U průměrných odjezdů a příjezdů jsou parametry přibližně stejné.

**Tabulka 3** Shrnutí výsledků atrakčního obvodu HK3 za 4. čtvrtletí 2016

Atrakční obvod HK3	Zastavení		Průměrný čas odjezdu	Průměrný čas příjezdu	Průměrná ujetá vzdálenost
	Doručení	Vyzvednutí			
<b>HK3A</b>	1 697	502	10:50	16:44	199
<b>HK3B</b>	2 534	850	10:52	16:51	103
<b>HK3C</b>	1 658	433	10:48	16:49	220

Zdroj: autor podle DHL (2016)

### 2.3 Stávající způsob trasování DHL Express (Czech Republic) s.r.o.

Trasování v DHL Express (Czech Republic) s.r.o. probíhá dvakrát ročně na každé pobočce nebo je možné provést dodatečné trasování na základě požadavků od supervizorů jednotlivých poboček.

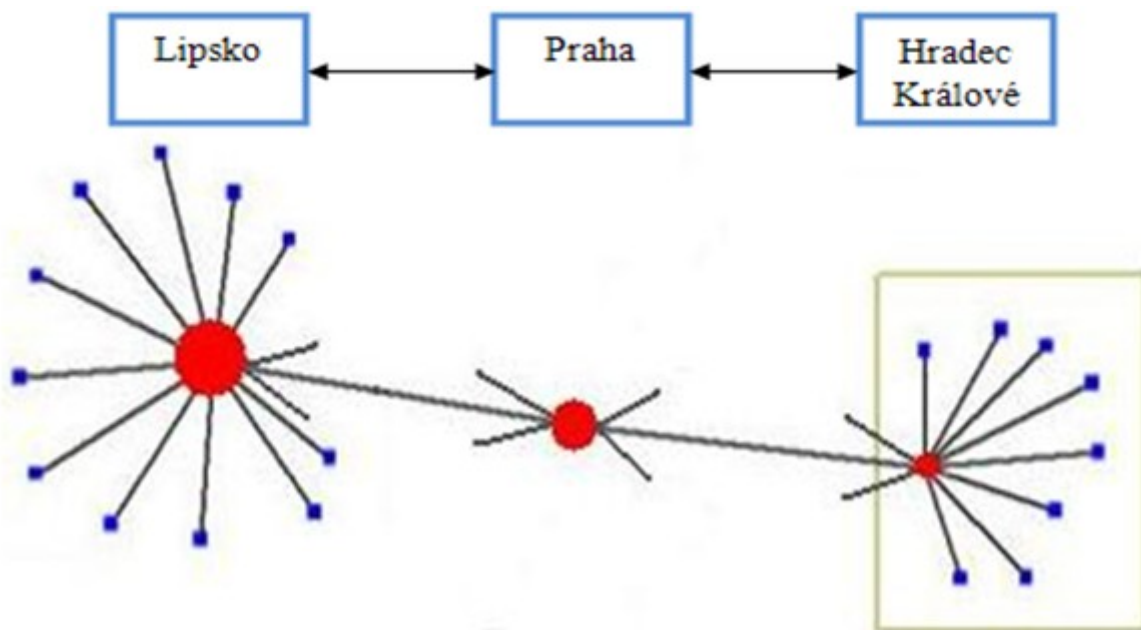
Samotné trasování probíhá v následujících krocích:

- vygenerování zastavení ze skenerů,
- uložení geografických souřadnic do systému,
- výběr modelového dne z minulého čtvrtletí (nadprůměrný počet zastavení),
- úprava a očištění geografických souřadnic z modelového dne,
- přenesení dat do softwaru Descartes Area Planner,
- rekonstrukce tras podle výsledných hodnot.

#### 2.3.1 Denní proces na pobočce DHL Express (Czech Republic) s.r.o. Hradec Králové

Pobočka v Hradci Králové je zastoupena osmi vozidly společnosti a jedním vozidlem dopravce (externí zaměstnanec DHL Express (Czech Republic) s.r.o.), který je využíván podle potřeby supervizora. Každodenní proces začíná v 9:00 příchodem kurýrů na pobočku, kdy probíhá ranní meeting. Na meetingu se určí rozložení kurýrů na jednotlivé trasy. Toto setkání je velice důležité, jelikož nebývá každý den stejné seskupení kurýrů z důvodu

onemocnění, dovolených nebo školení zaměstnanců. Po přidělení tras nastává vykládka 1. vozu, ten obsahuje největší počet kusových zásilek. Po vykládce 1. vozu nastává vykládka 2. vozu, který je určen pro paletové zásilky. 3. automobil je doplněn zbývajících kusovými zásilkami, které se z důvodu kapacity nevešly do 1. vozidla a také obálovými zásilkami, které se nakládají jako poslední. Všechna tři vozidla vyjíždí z terminálu Praha – Zdiby, na kterém se shromažďují zásilky z centrálního terminálu v Lipsku. Tento proces je znázorněn na obrázku č. 14.



**Obrázek 14** Denní proces distribuce zásilek DHL Express (Czech Republic) s.r.o. (autor)

Po vyložení všech vozidel jedoucích z Prahy nastává nakládka a skenování zásilek na jednotlivých trasách. Zásilky, které by nebylo možné z kapacitních nebo časových důvodů (především zásilky, které je nutné doručit do 12:00) rozvést, nechávají kurýři na pobočce. Tyto zásilky jsou pak přiděleny dopravci, který je doručí. Po těchto krocích nastává samotný rozvoz na všech trasách. Příjezd vozidel je v závislosti na objemu zásilek v konkrétní den a také na charakteru jednotlivých tras. Po příjezdu si každý kurýr vyloží svůj automobil a zpracuje dokumenty z vyzvednutých zásilek. Během zpracovávání dokumentů nakládají svá vozidla řidiči vozů, kteří jedou zpět do Prahy. Po příjezdu a odbavení všech kurýřů nastává zapečetění schránky s dokumenty, zaplombování a odjezd vozů do Prahy. Tímto končí denní proces na pobočce DHL Express (Czech Republic) s.r.o. v Hradci Králové. Obrázek č. 15 vykresluje tento proces.





**Obrázek 15** Denní proces na pobočce Hradec Králové (autor)

### 2.3.2 Vymezení problému trasování na pobočce DHL Express (Czech Republic) s.r.o. Hradec Králové

V teorii dopravních sítí se jedná o modifikaci **úlohy okružních jízd s časovými okny**. Úloha respektuje následující kritéria:

- čas obsluhy uzlů je zadán časovým intervalem – u většiny zásilek se jedná o pracovní dobu vozidla, která je v tomto případě od 11:00 do 17:00 hodin. U zásilek typu TIME DEFINITE se jedná o čas doručení do 12:00 hodin. Vyzvedávané zásilky jsou většinou dány časovým oknem – buď pracovní dobou podniku, nebo specifickým požadavkem zákazníka,
- síť má pouze jedno středisko v Hradci Králové,
- dopravní park je tvořen 8 dopravními vozidly a 1 externím dopravcem,
- dopravní park je homogenní,
- kapacita dopravního prostředku je omezena,
- zásilky jsou během trasy vykládány i nakládány,
- u vozidel DHL Express (Czech Republic) s.r.o. jsou náklady závislé na kilometrech, které ujedou. DHL Express (Czech Republic) s.r.o. Hradec Králové za rok 2016 stanovuje na základě vnitropodnikových údajů sazbu 24 Kč/km. U dopravce jsou náklady závislé na času, který rozvozem a svozem zásilek stráví. Sazba dopravce činí 2 500 Kč při vyjetí vozidla na trasu,
- jedná se o statickou úlohu, kde jsou všechny požadavky známy ještě před začátkem jízdy.

V rámci uvedených údajů se problém na pobočce DHL Express (Czech Republic) s.r.o. Hradec Králové člení na dvě základní úlohy:

- v důsledku každodenního využívání dopravce a při současném časovém vytížení jednotlivých vozidel DHL Express (Czech Republic) s.r.o. je otázkou, zda by pro podnik nebylo ekonomicky výhodnější nahradit dopravce dalším vozidlem společnosti DHL Express (Czech Republic) s.r.o.,
- na pobočce DHL Express (Czech Republic) s.r.o. v Hradci Králové se dodržují každodenně statické trasy a rozvržení obsluhovaného území každého vozidla. Při současném počtu ujetých kilometrů a požadavků zákazníků se musí zvažovat, zda by došlo k nějaké úspoře nákladů při využívání jiného optimalizačního systému.

V další části diplomové práce dojde k denní optimalizaci současného rozložení tras pomocí vhodné optimalizační metody. Mělo by tak teoreticky dojít k úspoře nákladů u vozidel DHL Express (Czech Republic) s.r.o. a jejich lepšímu časovému vytížení. Ve druhém kroku se práce zaměří na analýzu nákladovosti dopravce a vyhodnocení přínosu dalšího vozidla DHL Express (Czech Republic) s.r.o.

Pro vyřešení definovaného rozvozního problému se bude vycházet z dat získaných z informačního systému podniku. Pro účely této práce bylo zvoleno období od 1. 12. 2016 do 31. 12. 2016, neboť vytíženost vozidel v tomto měsíci dosahuje nejvyšších hodnot. U vozidel DHL Express (Czech Republic) s.r.o. bude pozornost věnována množství ujetých kilometrů, zatímco u dopravce počtu odpracovaných dnů.

## 3 NÁVRH NA ZLEPŠENÍ TRASOVÁNÍ VOZIDEL

V této části práce dojde k výběru vhodné metody pro zlepšení trasování vozidel. Vybraná metoda bude implementována do výpočetního programu. Poté dojde k popisu programu a identifikaci vstupních údajů, které je potřeba do programu zadat. Dojde k výběru jednoho modelového dne, s větším počtem zásilek, jehož data budou zanesena do programu. Nejprve budou prezentovány uskutečněné trasy. Poté dojde k výpočtu a prezentaci navrhovaného řešení.

### 3.1 Změna trasování vozidel

V této části dojde k formulaci konkrétní úlohy, která bude dále řešena za účelem nalezení lepšího řešení, pokud takové řešení existuje, než je řešení používané současným systémem. Výsledné řešení by mělo zajistit snížení celkového počtu ujetých kilometrů, což přinese redukci nákladů na dopravu. Zároveň by měly být jednotlivé jízdy navrženy tak, aby docházelo k rovnoměrnějšímu využití pracovní doby jednotlivých řidičů.

Rozvoz a svoz se provádí z jednoho depa, k uspokojení požadavků zákazníků se využívá homogenní vozový park. V úloze nesmí dojít k překročení kapacity vozidla a k přesčasům. Cílem je vytvořit sadu rozvozních tras tak, aby jimi byly uspokojeny požadavky všech zákazníků.

Reálná situace může být v praxi dosti složitá. V tomto případě proto bude pro jednoduchost uvažován ideální případ. Ideálním případem se rozumí situace, kdy řidič objíždí adresy postupně tak, jak si je sám seřadil a všechny zákazníky zastihne na dané adrese. Dále bude předpokládáno, že všechny svozové adresy zná dopředu a do 11 hodin mu nepřijde žádný nový požadavek na svoz. Tento problém, vede na úlohu **okružních jízd s časovými okny**, která bude řešena pomocí systému na podporu modelování.

#### 3.1.1 Popis výpočetního programu

Zvolený výpočetní program byl vyvinut v programu Microsoft Excel v programovacím jazyce VBA (Visual Basic for Applications). Program s názvem **VRP Spreadsheet Solver** vyvinul Dr. Güneş Erdoğan v roce 2013 v Southamptonu. VRP Spreadsheet Solver je volně stažitelný na těchto webových stránkách: <http://verolog.deis.unibo.it/vrp-spreadsheet-solver>.

Zvolený program řeší základní okružní a rozvozní úlohy s časovými okny. Algoritmus programu VRP Spreadsheet Solver funguje následovně:

- pomocí zadaných parametrů (podmínek) se vytvoří počáteční řešení, které vezme v úvahu pouze tvrdá omezení,
- program spustí cyklus, který je zastaven po nalezení přijatelného řešení,
- v cyklu se vyberou méně kvalitní části řešení, které budou upravovány, zbylá část řešení je zmrazena,
- vybrané části řešení jsou upravovány a optimalizovány,
- pokud je nově nalezené řešení lepší než původní, aktualizuje se.

Metoda prohledávání velkého okolí nejdříve přeformuluje původní řešení úlohy a poté jednotlivé části řešení optimalizuje. Pokud již nelze úlohu vylepšit (nebo vypršel poskytnutý čas pro výpočet) bez porušení omezujících podmínek, program ukončuje výpočet a zobrazuje výsledné řešení.

Původní řešení úlohy, tj. způsob rozvozu a svozu realizovaný společností v současnosti, bude zapisováno jako „skutečný stav“, naproti tomu řešení získané programem bude označováno jako „navrhovaný stav“.

V následujícím textu bude přiblížen program VRP Spreadsheet Solver.

Podobu úvodního **formuláře pro zadávání dat** lze vidět na obrázku č. 16. Všechny parametry lze vybrat nebo zadat z nabízených možností.

Sequence	Parameter	Value
<b>0.Optional - GIS License</b>	Bing Maps Key	
<b>1.Locations</b>	Number of depots	1
	Number of customers	24
<b>2.Distances</b>	Distance / duration computation	Bing Maps driving distances (km)
	Bing Maps route type	Fastest
	Average vehicle speed	60
<b>3.Vehicles</b>	Number of vehicle types	1
<b>4.Solution</b>	Vehicles must return to the depot	Yes
	Time window type	Soft
	Backhauls?	No
<b>5.Optional - Visualizator</b>	Visualization background	Bing Maps
	Location labels	Location IDs
<b>6.Solver</b>	Warm start?	No
	Show progress on the status bar?	No
	CPU time limit (seconds)	80

**Obrázek 16** Formulář pro zadávání dat (autor podle VRP Spreadsheet Solver, 2017)

## 0. Optional – GIS License

- **Bing Maps Key** – Zde je potřeba zadat klíč, který uživatel obdrží při registraci na Bing Maps (webová mapová služba poskytovaná jako součást Microsoft Bing). Tento klíč umožní spárovat jednotlivé adresy s jejich GPS polohou pomocí Bing Maps. Uživatel tak nemusí ručně vyhledávat jednotlivé adresy (uzly) a stačí mu jen zkopírovat adresy do programu.

## 1. Locations

- **Number of depots** – Zde se zvolí počet dep, která obsluhují danou oblast. VRP Spreadsheet Solver umožňuje zvolit mezi 1–20 depy,
- **Number of customers** – U tohoto parametru lze zvolit počet zákazníků. VRP Spreadsheet Solver je schopen zvládnout spočítat počet zákazníků v rozsahu 5 až 200.

## 2. Distances

- **Distance/duration computation** – Parametr určuje, jaká vzdálenost bude použita pro matici vzdáleností. Pro klasickou silniční vzdálenost mezi dvěma místy se používá možnost Bing Maps,
- **Bing Maps route type** – Určuje, zda program bude hledat trasu nejkratší nebo nejrychlejší,
- **Average vehicle speed** – Udává průměrnou rychlost vozidla.

## 3. Vehicles

- **Number of vehicle types** – Udává počet druhů vozidel, která budou použita k řešení problému. Pro homogenní vozový park = 1. Pro heterogenní vozový park > 1.

## 4. Solution

- **Vehicles must return to the depot** – Určuje, jestli vozidla končí svoji okružní jízdu na depu,
- **Time window type** – Dodržování časových oken, lze zvolit mezi možnostmi soft (daný čas lze porušit, ale s penalizací) nebo hard (daný čas nelze překročit),
- **Backhauls** – Umožňuje vybrat mezi možnostmi, zda je nutné nejdříve navštívit zákazníka s rozvozovou zásilkou nebo zákazníka, který žádá o svoz.

## 5. Optional – Visualization

- **Visualization background** – Určuje, v jakém formátu bude řešení prezentováno,
- **Location labels** – Označení uzlů.

## 6. Solver

- **Warm start** – Pokud je zvolena možnost „yes“, program vezme původní řešení jako startovací bod a bude jej následně upravovat,
- **Show progress on the status bar** – Tento parametr umožňuje zobrazení vývoje cesty na speciálním řádku,
- **CPU time limit (seconds)** – Omezuje čas (v sekundách), který program dostane k vyřešení úlohy. Doporučený limit je stanoven na 80 sekund.

Na obrázku č. 17 je zobrazen následující krok výpočetního programu a to **formulář pro zadávání lokací**.

Location ID	Name	Address	Latitude (y)	Longitude (x)	Time window start	Time window end	Must be visited?	Service time
0	Depot				00:00	23:59	Starting location	0:00
1	Customer 1				00:00	23:59	Must be visited	0:00
2	Customer 2				00:00	23:59	Must be visited	0:00
3	Customer 3				00:00	23:59	Must be visited	0:00
4	Customer 4				00:00	23:59	Must be visited	0:00
5	Customer 5				00:00	23:59	Must be visited	0:00
6	Customer 6				00:00	23:59	Must be visited	0:00
7	Customer 7				00:00	23:59	Must be visited	0:00
8	Customer 8				00:00	23:59	Must be visited	0:00
9	Customer 9				00:00	23:59	Must be visited	0:00
10	Customer 10				00:00	23:59	Must be visited	0:00

**Obrázek 17** Formulář pro zadávání lokací (autor podle VRP Spreadsheet Solver, 2017)

Do formuláře jsou zadány adresy zákazníků. Program následně automaticky zjistí (díky Bing Maps key) zeměpisnou délku a šířku jednotlivých zákazníků. Poté se zvolí časové intervaly pro jednotlivé zákazníky. Další parametr určuje, zda každý zákazník musí nebo nemusí být obslužen. Posledním ukazatelem je požadovaná doba obsluhy jednotlivých uzlů.

V následujících krocích je spočítána matice časů a vzdáleností (jednotkou vzdálenosti je kilometr) mezi jednotlivými uzly pomocí služby Bing Maps. Poté se určí počet dopravních vozidel obsluhujících zákazníky. Následně je vypočítáno přípustné řešení, které je textově i vizuálně prezentováno.

### 3.2 Návrh změny trasování vozidel ve vybraný den

V této podkapitole bude prezentováno použití programu VRP Spreadsheet Solver za jeden den. Lze si tak vytvořit ucelenou představu, jak vznikaly souhrnné výsledky za sledované období. Byl zvolen den 12. 12. 2016, jedná se o jeden z nejnákladnějších a časově nejvytíženějších dnů ve sledovaném období. Nejprve bude představen dosavadní způsob rozložení tras pro zvolený den. Poté bude demonstrováno použití vstupních dat a výsledné

řešení za použití prezentovaného programu. Nakonec dojde ke komparaci dosavadního a navrhovaného řešení.

### 3.2.1 Dosavadní způsob rozložení tras

Tabulky č. 4 a 5 informují o jízdách, které se reálně uskutečnily 12. 12. 2016. Tabulky jsou seřazeny podle pořadí, v jakém byla jednotlivá města obsluhována daným vozidlem. V každém městě se nacházel alespoň jeden požadavek zákazníka (rozvoz nebo svoz). Nebudou zde uvažovány městské trasy, jelikož by změny u těchto tras byly minimální nebo by nebyly dostatečně efektivní. V tabulkách nebude uvedena trasa externího dopravce, jelikož je tato trasa velice specifická.

**Tabulka 4** Dosavadní rozložení tras podle měst z 12. 12. 2017 – 1. část

HK1A	HK1B	HK1C
Hradec Králové	Hradec Králové	Hradec Králové
Nové Město nad Metují	Jaroměř	Lhota pod Libčany
Náchod	Česká Skalice	Kratonohy
Žďár nad Metují	Červený Kostelec	Chlumeck nad Cidlinou
Dolní Radechová	Rtyně v Podkrkonoší	Nový Bydžov
Náchod	Batňovice	Ostroměř
Velké Poříčí	Úpice	Hořice
Police nad Metují	Trutnov	Lázně Bělohrad
Broumov	Mladé Buky	Bílé Třemešná
Machov	Hradec Králové	Dvůr Králové nad Labem
Horní Adršpach		Jaroměř
Vysokov		Smiřice
Hradec Králové		Nechanice
		Mokrovousy
		Hradec Králové

Zdroj: autor podle VRP Spreadsheet Solver (2017)

Tabulka č. 4 poskytuje informace o obsluhovaných městech a obcích v atrakčním obvodu **HK1**. Tento obvod je charakteristický velkými podniky, které v obsluhované oblasti sídlí. Tyto společnosti bývají obsluhovány každý den. Na trase **HK1A** jsou hlavní střediska Nové Město nad Metují, Náchod, Broumov a Horní Adršpach. Pro trasu **HK1B** jsou stěžejní města – Jaroměř, Červený Kostelec a Trutnov. Trasa **HK1C** obsluhuje především Nový Bydžov, Hořice, Dvůr Králové nad Labem a Smiřice. Ostatní města a obce nebývají obsluhovány každý den. Z velké části se jedná pouze o jednoho zákazníka, kterého je potřeba obsloužit. Tento atrakční obvod je specifický menším počtem obsluhovaných středisek, ale větším objemem zásilek určených pro rozvoz i svoz.

**Tabulka 5** Dosavadní rozložení tras podle měst z 12. 12. 2017 – 2. část

HK2A	HK3A	HK3C
Hradec Králové Třebechovice pod Orebem Týniště nad Orlicí Kostelec nad Orlicí Čermná nad Orlicí Dolní Běstovice Choceň Libchavy Žamberk Vamberk Doudleby nad Orlicí Rychnov nad Kněžnou Solnice Dobruška Týniště nad Orlicí Hradec Králové	Hradec Králové Staré Čivice Chrudim Slatiňany Heřmanův Městec Třemošnice Choltice Lipoltice Chvaletice Přelouč Lázně Bohdaneč Hradec Králové	Hradec Králové Opatovice nad Labem Srch Němčice Sezemice Holice Ostřetín Horní Jelení Vysoké Mýto Zálší Vracovice Litomyšl Osík Proseč Skuteč Chrast Moravany Dolní Roveň Dolní Ředice Hradec Králové

Zdroj: autor podle VRP Spreadsheet Solver (2017)

V tabulce č. 5 jsou uvedeny atrakční obvody **HK2** a **HK3**. Tyto obvody jsou charakteristické velkým počtem obsluhovaných zákazníků s menším objemem zásilek. Pro trasu **HK2A** jsou stěžejní města – Týniště nad Orlicí, Choceň, Žamberk, Rychnov nad Kněžnou a Dobrušku. Trasa **HK3A** obsluhuje především průmyslový park ve Starých Čivicích, Chrudim, Přelouč a Lázně Bohdaneč. Na trase **HK3C** je mnoho menších měst, které je nutné obsloužit každý den. Mezi největší zákazníky patří společnosti, které sídlí ve Vysokém Mýtě, v Holicích, v Litomyšli, ve Skutči, v Moravanech a v Dolní Rovni.

Tabulka č. 6 znázorňuje počet ujetých kilometrů a čas strávený na trasách z vybraného dne.

**Tabulka 6** Ujeté kilometry a strávený čas na trasách z 12. 12. 2016

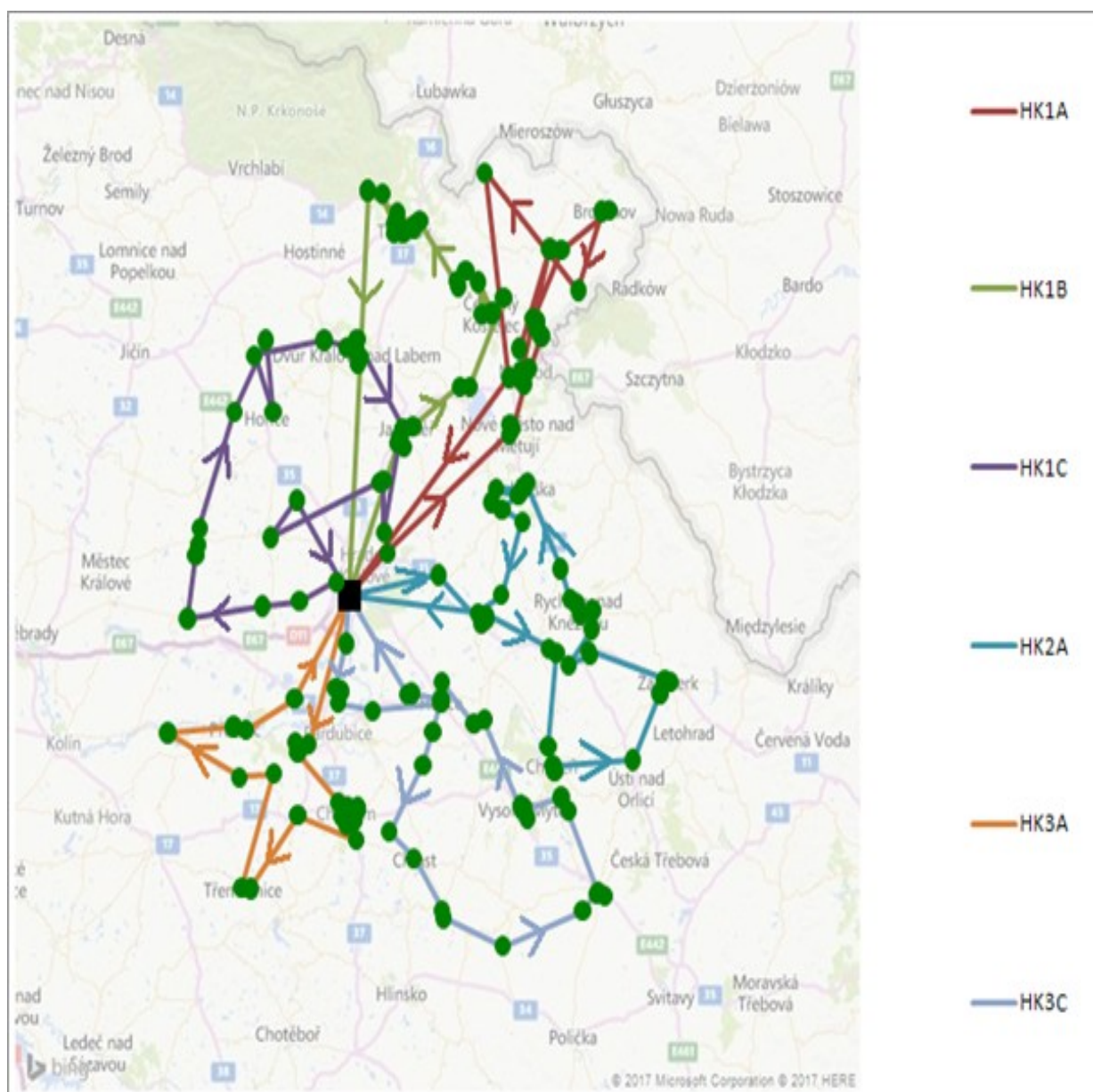
	HK1A	HK1B	HK1C	HK2A	HK3A	HK3C	Celkem
<b>Ujeté kilometry</b>	258	196	246	225	182	197	1 304
<b>Strávený čas (hod.)</b>	7:32	6:12	7:52	7:41	5:53	6:40	41:50

Zdroj: autor podle VRP Spreadsheet Solver (2017)



Z tabulky č. 6 vyplývá, že nejméně kilometrů bylo ujetu na trase **HK3A** (182 km), naopak nejvíce na trase **HK1A** (258 km). Ve vybraný den bylo na všech trasách celkem ujetu **1 304 km**. Nejkratší čas strávil svozem a rozvozem kurýr na trase **HK3A** (5:53 hodin). Nejdéle trvala obsluha kurýrovi na trase **HK1C** (7:52 hodin). Celkový čas strávený na trasách byl ve vybraný den **41 hodin a 50 minut**.

Pro lepší demonstraci příkladu je na obrázku č. 18 graficky zpracováno dosavadní rozložení tras ze dne 12. 12. 2016. Z důvodu větší přehlednosti byly do obrázku doplněny šipky, které udávají směr jízdy jednotlivých tras.



**Obrázek 18** Rozložení tras ze dne 12. 12. 2016 (autor podle VRP Spreadsheet Solver, 2017)

### 3.2.2 Vstupní data pro zvolený den

Do programu VRP Spreadsheet Solver byla zadána vstupní data ze dne 12. 12. 2016. Tuto inicializaci lze vidět na obrázku č. 19.

Sequence	Parameter	Value
0.Optional - GIS License	Bing Maps Key	Avay1caZcVR7AXDMfOAKbSyo
1.Locations	Number of depots	1
	Number of customers	163
2.Distances	Distance / duration computation	Bing Maps driving distances (km)
	Bing Maps route type	Fastest - Real Time Traffic
	Average vehicle speed	
3.Vehicles	Number of vehicle types	1
4.Solution	Vehicles must return to the depo	Yes
	Time window type	Hard
	Backhauls?	No
5.Optional - Visualizator	Visualization background	Bing Maps
	Location labels	Blank
6.Solver	Warm start?	No
	Show progress on the status bar?	No
	CPU time limit (seconds)	80

Obrázek 19 Vstupní hodnoty z 12. 12. 2016 (autor podle VRP Spreadsheet Solver, 2017)

Ve vybraný den bylo nutno uspokojit požadavky **163 zákazníků**. K získávání vzdáleností jsou využity Bing mapy, proto je u parametru „Distance“ zvolena položka „Bing Maps driving distances“. Jako další se požaduje nejrychlejší, nikoliv nejkratší trasa. Parametr průměrná rychlost vozidla není pro možnost Bing Maps driving distances k dispozici, jelikož tato aplikace počítá s nejrychlejším možným projetím trasy v závislosti na reálném provozu a skutečném stavu komunikace. V parametru vozidel se uvažuje homogenní vozový park, proto je hodnota jedna. Všechny okružní jízdy musí začínat a končit ve středisku. Všichni zákazníci musí být obslouženi v požadovaném časovém intervalu, proto byla možnost porušování časových oken nastavena na „Hard“. K vizualizaci je použita webová služba Bing Maps. Jednotlivé uzly nejsou, pro větší přehlednost, nijak označeny. U parametru „Warm start“ je zvolena možnost „no“, neboť není žádoucí upravovat dosavadní rozložení tras,

záměrem práce je přijít s jejich novým rozložením. Doba výpočtu 80 sekund je stanovena jako doporučená doba k vyřešení úlohy.

Okružní jízda každého vozidla začala ve středisku v **10:20 hodin**. Jelikož průměrná vzdálenost, kterou vozidla denně ujedou, je okolo **220 km**. Byl zadán limit **280 km**, který by měl být dostačující. Čas, za který je nutné obsloužit všechny zákazníky, byl zvolen na **8 hodin**. Nejzazší návrat do střediska je v **17:50**, jelikož v **18:00** nejpозději odjíždí spoje do terminálu Praha – Zdiby. Počet vozidel byl zvolen na 6. Obrázek č. 20 znázorňuje zmiňovaná kritéria.

	A	B	C	D	E	F	H
1	Starting depot	Distance limit	Work start time	Driving time limit	Working time limit	Return depot	Number of vehicles
2	Depot	280,00	10:20	8:00	17:50	Depot	6
3							
4							
5							

**Obrázek 20** Vstupní kritéria (autor podle VRP Spreadsheet Solver, 2017)

V další části jsou zadány adresy zákazníků získaných z podnikového informačního systému a pomocí Bing Maps je dopočítána jejich zeměpisná délka a šířka. Někteří zákazníci mají speciální požadavky na časové okno, ve kterém je lze obsloužit. K lepšímu pochopení a objasnění časových oken byli vybráni a popsáni 3 zákazníci, viz obrázek č. 21. Kompletní formulář pro zadávání lokací ze dne 12. 12. 2016 lze najít v příloze A.

Location ID	Name	Address	Latitude (y)	Longitude (x)	Time window start	Time window end
0	Depot	Březhradská 199/2a, hradec králové	50,1783500	15,7972200	10:20	17:50
1	Customer 1	HRADEC KRALOVE 3KLADSKA C.P. 1032HRADEC KRALOVE	50,2233800	15,8761300	10:20	12:00
2	Customer 2	RADONA 465, 54901 NOVE MESTO NAD METUJI	50,3474960	16,1299553	10:20	17:00
3	Customer 3	NACHODSKA 145, 54901 NOVE MESTO NAD METUJI	50,3590700	16,1323900	10:20	15:00
4	Customer 4	GENERALA KLAPALKA 519, 54901 NOVE MESTO NAD METUJI	50,3541400	16,1386200	10:20	17:00
5	Customer 5	DRTINOVO NAMESTI 171,NACHOD	50,4013599	16,1620900	10:20	17:00
6	Customer 6	JUGOSLAVSKA 260,NACHOD	50,4043700	16,1557500	10:20	17:00
7	Customer 7	BRATŘI ČAPKŮ 722, nachod	50,4151917	16,1679096	12:00	15:00
8	Customer 8	Prazska, 547 01 Náchod, Česká Republika	50,4073000	16,1554800	10:20	16:00
9	Customer 9	PRAZSKA 971 NACHODCR CZECH REPUBLICNACHOD	50,4111400	16,1624899	10:20	17:00
10	Customer 10	ČESKYCH BRATŘI 338,NACHOD	50,4101000	16,1579500	10:20	17:00
11	Customer 11	SOKOLSKA 134,NACHOD	50,4144100	16,1553400	10:20	17:00
12	Customer 12	ZDAR NAD METUJI 36 ZDAR NAD METUJI54955 CZECH REPUBLIC.	50,5433200	16,2147700	10:20	17:00
13	Customer 13	DOLNI RADECHOVA 53	50,4379692	16,1518707	10:20	17:00
14	Customer 14	BELOVESKA 187, NACHOD	50,4167200	16,1727800	10:20	17:00
15	Customer 15	ZDARECKA 199549 32VELKE PORICI	50,4514500	16,1980600	10:20	17:00
16	Customer 16	Alinova 564, 549 32 Velké Poříčí, Česká Republika	50,4584199	16,1877700	10:20	17:00
17	Customer 17	KE KOUPALISTI 172, 54932 VELKE PORICI	50,4665300	16,1880700	10:20	17:00

**Obrázek 21** Formulář pro zadávání lokací (autor podle VRP Spreadsheet Solver, 2017)

Zákazníkovi č. 1 byla doručena zásilka typu TIME DEFINITE, proto musel být obslužen do **12:00 hodin**. Zákazník č. 17 má dáno časové okno pracovní dobou obsluhovaného území, která byla od **10:20** do **17:00 hodin**. Toto časové okno platí pro většinu zásilek, které jsou určeny pro doručení. U zákazníka č. 7 se jednalo o vyzvednutí zásilky, která byla připravena od **12:00** a musela být vyzvednuta do **15:00 hodin**, kdy podnik končil svoji pracovní dobu.

Čas strávený na jednom zastavení s rozvozovou zásilkou byl v tento den průměrně 1:35 minut. Čas strávený svozovou zásilkou byl v průměru 4:20 minut. Proto bude uvažován čas **3 minuty** na jedno zastavení (bez ohledu na to, zda se jedná o svoz nebo rozvoz).

V následujícím kroku byla vypočítána matice vzdáleností a času mezi jednotlivými uzly. Ukázkou vzdáleností a časů mezi jednotlivými uzly lze vidět na obrázku č. 22.

From	To	Distance	Duration
Depot	Depot	0,00	0:00
Depot	Customer 1	10,45	0:18
Depot	Customer 2	35,98	0:49
Depot	Customer 3	37,65	0:52
Depot	Customer 4	37,17	0:52
Depot	Customer 5	48,05	0:57
Depot	Customer 6	47,34	0:56
Depot	Customer 7	48,24	0:57
Depot	Customer 8	46,98	0:54
Depot	Customer 9	47,65	0:56
Depot	Customer 10	48,42	0:58
Depot	Customer 11	48,80	0:59
Depot	Customer 12	67,42	1:26
Depot	Customer 13	51,40	1:03
Depot	Customer 14	48,67	0:58
Depot	Customer 15	54,40	1:07

**Obrázek 22** Matice vzdáleností a časů mezi uzly (autor podle VRP Spreadsheet Solver, 2017)

Vzdálenost mezi střediskem a prvním zákazníkem činí 10,45 km. K projetí úseku je potřeba **18 minut**. Tuto matici program sestaví pro všechny uzly mezi sebou.

### 3.2.3 Nové navrhované rozložení tras

V závěrečné fázi bylo programu VRP Spreadsheet Solver poskytnuto 80 sekund k nalezení řešení. Nově nalezený způsob rozložení tras lze vidět v tabulkách č. 7 a 8. Do programu VRP Spreadsheet Solver nelze zadat podmínku pro zachování podobnosti tras mezi stávajícím a navrhovaným řešením. To by pobočce v Hradci Králové společnosti DHL Express (Czech Republic) s.r.o. nemělo dělat žádné potíže. Jde pouze o to, zda kurýři znají nově navrhovanou trasu. Na pobočce v Hradci Králové se kurýři pravidelně střídají na jednotlivých trasách, tudíž by měl kurýr znát všechny oblasti obsluhované pobočkou v Hradci Králové.

**Tabulka 7** Navrhované rozložení tras pro 12. 12. 2016 – 1. část

HK1A	HK1B	HK1C
Hradec Králové	Hradec Králové	Hradec Králové
Mokrovousy	Lázně Bohdaneč	Opočno
Ostroměř	Lipoltice	Dobruška
Hořice	Choltice	Nové Město nad Metují
Lázně Běláhrad	Staré Čivice	Náchod
Bílá Třemešná	Heřmanův Městec	Velké Poříčí
Dvůr Králové nad Labem	Třemošnice	Červený Kostelec
Jaroměř	Chvaletice	Rtyně v Podkrkonoší
Smiřice	Chlumeck nad Cidlinou	Batňovice
Hradec Králové	Nový Bydžov	Úpice
	Nechanice	Dolní Radechová
	Kratonohy	Náchod
	Lhota pod Libčany	Nové Město nad Metují
	Hradec Králové	Dobruška
		Opočno
		Týniště nad Orlicí
		Hradec Králové

Zdroj: autor podle VRP Spreadsheet Solver (2017)

Tabulka č. 7 vyobrazuje navrhovaný způsob rozložení tras. Navrhovaná trasa **HK1A** se nejvíce podobá stávající trase HK1C. Zůstali zde stěžejní města – Hořice, Dvůr Králové nad Labem a Smiřice. Navrhovaná trasa **HK1B** vychází ze stávající trasy HK3A. Z této trasy byla ponechána města – Staré Čivice, Lázně Bohdaneč, Třemošnice a přibyla některá města ze stávající trasy HK1C (Nový Bydžov, Chlumeck nad Cidlinou a Nechanice). Nově navrhovaná trasa **HK1C** je kombinací stávajících tras HK2A, HK1A a HK1B. Na této navrhované trase jsou nyní hlavní společnosti, které sídlí v Dobrušce, Novém Městě nad Metují, Červeném Kostelci, Náchodě a Týništi nad Orlicí.

**Tabulka 8** Navrhované rozložení tras pro 12. 12. 2016 – 2. část

HK2A	HK3A	HK3C
Hradec Králové	Hradec Králové	Hradec Králové
Opatovice nad Labem	Třebechovice pod Orebem	Jaroměř
Srch	Kostelec nad Orlicí	Trutnov
Němčice	Černá nad Orlicí	Mladé Buky
Sezemice	Doudleby nad Orlicí	Horní Adršpach
Dolní Ředice	Vamberk	Broumov
Dolní Roveň	Rychnov nad Kněžnou	Žďár nad Metují
Moravany	Solnice	Police nad Metují
Chrudim	Rychnov nad Kněžnou	Machov
Slatiňany	Žamberk	Velké Poříčí
Chrast	Libchavy	Vysokov
Skuteč	Choceň	Česká Skalice
Proseč	Dolní Běstovice	Jaroměř
Osík	Horní Jelení	Hradec Králové
Litomyšl	Ostřetín	
Vracovice	Poběžovice	
Zálší	Hradec Králové	
Vysoké Mýto		
Holice		
Hradec Králové		

Zdroj: autor podle VRP Spreadsheet Solver (2017)

Z tabulky č. 8 lze pozorovat minimální rozdíly v navrhovaném řešení rozložení tras. Navrhovaná trasa **HK2A** je téměř identická se stávající trasou HK3C. Přibyla zde pouze města Chrudim a Slatiňany ze stávající trasy HK3A. Patrný rozdíl je v posloupnosti obsluhovaných měst oproti stávajícímu rozložení. Nový návrh trasy **HK3A** je podobný stávající trase HK2A, pouze města Horní Jelení a Poběžovice byly převedeny ze stávající trasy HK3C. Znovu je zde, ale změněna posloupnost v obsluze měst. Navrhovaná trasa **HK3C** je kombinací stávajících tras HK1B a HK1A. Důležité je dodržení časových oken, které si zákazník určí. S tímto problémem program umí pracovat. Z tohoto důvodu se musí do programu u každého zákazníka zvlášť zadat časová okna, kdy je ho možné obsloužit.

Tabulka č. 9 vyobrazuje navrhovaný způsob rozložení ujetých kilometrů a strávený čas na jednotlivých trasách.

**Tabulka 9** Navrhovaný počet ujetých kilometrů a strávený čas na trasách z 12. 12. 2016

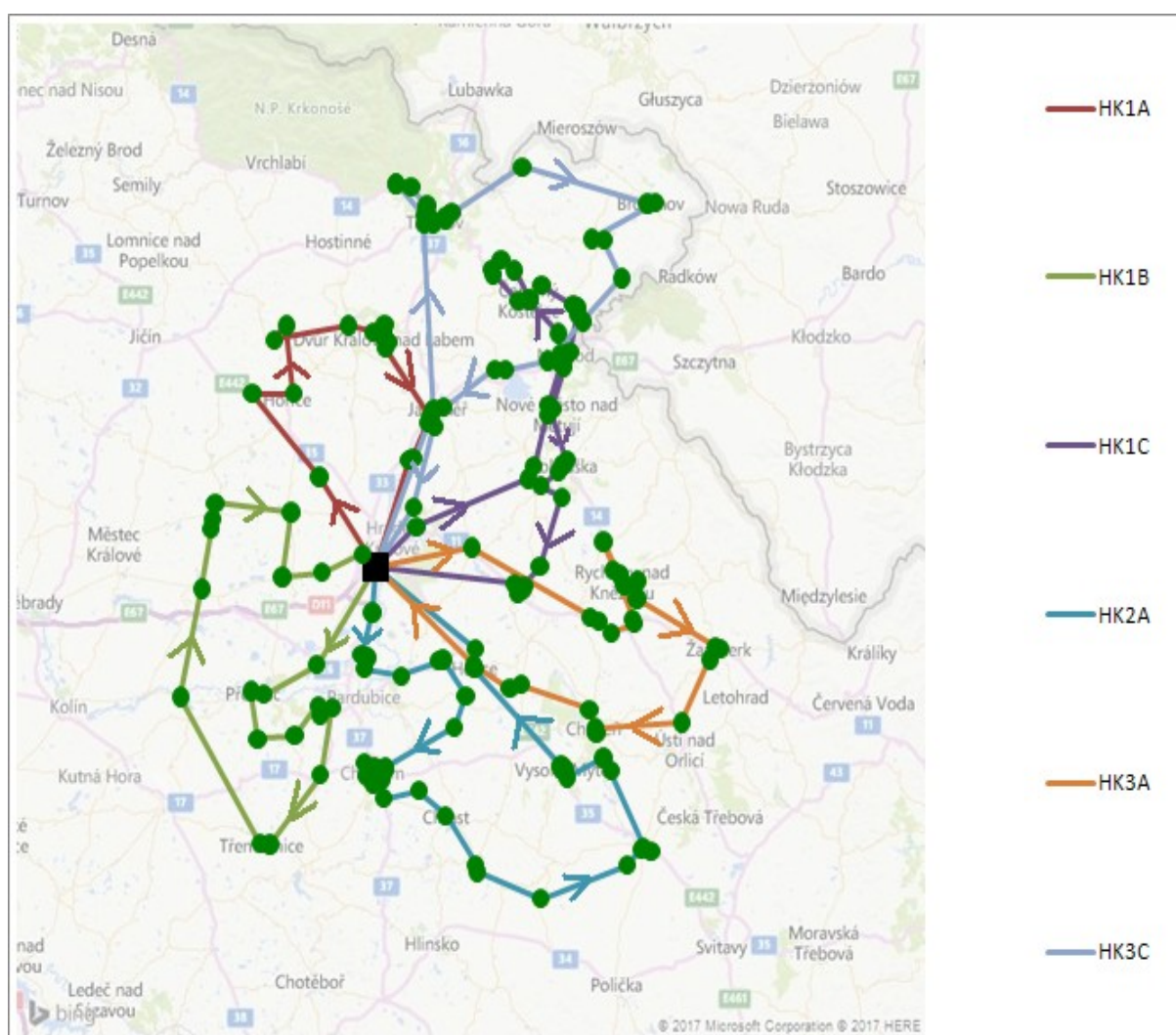
	HK1A	HK1B	HK1C	HK2A	HK3A	HK3C	Celkem
<b>Ujeté kilometry</b>	134	192	184	207	174	216	1 107
<b>Strávený čas (hod.)</b>	4:31	5:36	7:02	7:41	5:46	7:00	37:36

Zdroj: autor podle VRP Spreadsheet Solver (2017)



Z tabulky č. 9 lze pozorovat nejmenší počet ujetých kilometrů u nově navrhované trasy **HK1A** (134 km). Největší počet ujetých kilometrů je pak u nově navrhované trasy **HK3C** (216 km). Na všech navrhovaných trasách by bylo ujetu celkem **1 107 km**. Nejkratší čas na trase by strávil kurýr na navrhované trase **HK1A** (4:31 hodin), nejdelší čas by byl na navrhované trase **HK2A** (7:41 hodin). Celková doba pro vybraný den by v navrhovaném rozložení tras činila **37 hodin a 36 minut**.

Z tabulek č. 7 a 8 je patrný velký rozdíl v rozdělení obsluhovaných měst. Prakticky žádná trasa nezůstala zachována. Pro lepší přehlednost je nové rozložení tras vizualizováno na obrázku č. 23.



**Obrázek 23** Navrhované rozložení tras pro 12. 12. 2016 (autor podle VRP Spreadsheet Solver, 2017)

Kompletní navrhované řešení je uvedeno v příloze B.

### **3.3 Shrnutí návrhu na zlepšení trasování vozidel**

Návrh na zlepšení trasování pomocí programu VRP Spreadsheet Solver je pro přepravní společnosti užitečnou pomůckou, díky které se dá ušetřit počet ujetých kilometrů a čas strávený svozem a rozvozem. Ve vybraném dnu (12. 12. 2016) bylo vozy společnosti DHL Express (Czech Republic) s.r.o. na Královéhradecké pobočce najeto celkem 1 304 kilometrů a čas všech kurýrů stráveným svozem a rozvozem byl 41 hodin a 50 minut. Po aplikaci dat do programu VRP Spreadsheet Solver by v tento den bylo ujeté 1 107 kilometrů. Čas potřebný k obsluze celého území by byl 37 hodin a 36 minut. Jedná se tedy o úsporu 197 kilometrů. Časová úspora by činila 4 hodiny a 14 minut.

Data by do programu mohl zanést vedoucí kurýr již před příjezdem vozů z terminálu v Praze, jelikož adresy zákazníků jsou známé od okamžiku načtení zásilek na terminálu v Praze. Program VRP Spreadsheet Solver pracuje velice rychle a data se do programu zadávají snadno. Návrh na nové rozložení tras trvá programu 80 sekund. Kurýři by si pak mohli zásilky roztrždit podle nově naplánovaných tras. Na ekonomické zhodnocení navrhovaného způsobu rozložení tras je zaměřena 4. kapitola této práce.



## 4 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NÁVRHU

V této kapitole bude nejprve představen výsledek sestavení rozvozních tras pro konkrétní den tak, jak byl vygenerován výpočetním programem. V následující podkapitole bude představen sumární výsledek za jednotlivé dny ve sledovaném období. V poslední části bude ekonomicky zhodnocena varianta přidání vozidla DHL Express (Czech Republic) s.r.o. místo externího dopravce.

### 4.1 Úspory ze změny trasování vozidel ve vybraný den

Nejprve bude demonstrováno, jak se změnila rozvozní trasy pro jeden den. Čtenář si tak bude moct vytvořit představu o tom, jak vznikaly sumarizované výsledky v tabulkách podkapitoly 4.2.1.

Tabulka č. 10 porovnává navrhovaný stav se skutečným ze dne 12. 12. 2016. Jsou zde uvedeny celkové ujeté kilometry vozy DHL Express (Czech Republic) s.r.o., počet odpracovaných hodin kurýry a náklady na vozidla společnosti. DHL Express (Czech Republic) s.r.o. stanovuje na základě vnitropodnikových údajů sazbu **24 Kč/km**. Ve 3. sloupci je uveden rozdíl v hodnotách a v posledním sloupci jsou tyto hodnoty vyjádřeny v %.

**Tabulka 10** Porovnání skutečného a navrhovaného stavu pro 12. 12. 2017

	Skutečné	Navrhované	Rozdíl	Úspora (%)
<b>Ujeté kilometry (km)</b>	1 304	1 107	-197	-15,11
<b>Odpracované hodiny (h)</b>	41:50	37:36	-4:14	-9,98
<b>Náklady na vozidla (Kč)</b>	31 296	26 568	-4 728	-15,11

Zdroj: autor podle VRP Spreadsheet Solver (2017)

Z tabulky č. 11 je zřejmé, že došlo k úspoře ve všech parametrech. Úspora je způsobena především efektivnějším rozvržením jednotlivých obsluhovaných uzlů.

Díky provedeným změnám došlo k úspoře ujetých kilometrů z **1 304 km** na **1 107 km**, což činí rozdíl **197 km (15,11 %)**. Počet odpracovaných hodin klesl ze **41:50 h** na **37:36 h**, jedná se o úsporu **4:14 h**, což je **9,98 %**. U položky náklady na vozidla DHL Express (Czech Republic) s.r.o. došlo k úspoře **4 728 Kč**, tedy pokles o **15,11 %**.

## 4.2 Úspory ze změny trasování vozidel za prosinec 2016

V této podkapitole budou představeny sumární výsledky za jednotlivé dny ve sledovaném období. Výpočet jednotlivých dnů byl prováděn stejným způsobem, jak je znázorněno v podkapitole 4.1 Úspory ze změny trasování vozidel ve vybraný den.

Následující tabulky poskytují přehled o tom, jak se liší skutečný stav rozložení tras se stavem získaným řešením úlohy za použití programu VRP Spreadsheet Solver. V jednotlivých dnech sledovaného období se nezměnil počet využitých vozidel. Všechna řešení v následujících tabulkách jsou přípustná a splňují omezující podmínky dané úlohy. Původní řešení distribuční úlohy je zapisováno jako „skutečný stav“, naproti tomu řešení získané programem je označováno jako „navrhovaný stav“.

Tabulka č. 11 porovnává skutečně ujeté kilometry s navrhovanými kilometry. V posledním sloupci je uveden rozdíl mezi skutečnými a navrhovanými kilometry. Tabulka obsahuje datum, aby bylo patrné, o jaký den se jedná. Poslední řádek sumarizuje jednotlivé výsledky.

Za prosinec 2016 bylo 21 pracovních dní, kdy byla pobočka v provozu. Pokud bude brán v úvahu výsledný rozdíl porovnávaných dat, v průměru se každý den ze sledovaného období ušetří přibližně **117** ujetých kilometrů. Pro pobočku DHL Express (Czech Republic) s.r.o. v Hradci Králové by to znamenalo průměrnou denní úsporu v nákladech, které souvisí především s náklady na PHM. Tato úspora by průměrně činila **2 808 Kč** za den.

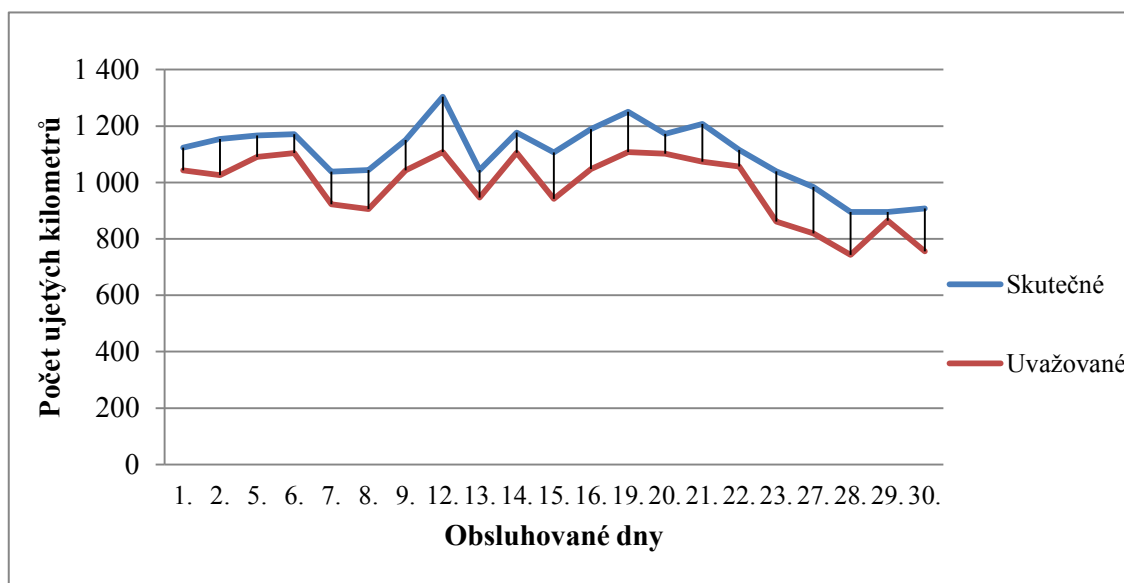
**Tabulka 11** Porovnání počtu ujetých kilometrů v prosinci 2016

<b>Datum</b>	<b>Skutečné (km)</b>	<b>Navrhované (km)</b>	<b>Rozdíl (km)</b>
1. 12.	1 123	1 043	-80
2. 12.	1 154	1 026	-128
5. 12.	1 166	1 091	-75
6. 12.	1 171	1 104	-67
7. 12.	1 038	923	-115
8. 12.	1 044	905	-139
9. 12.	1 151	1 043	-108
12. 12.	1 304	1 107	-197
13. 12.	1 044	946	-98
14. 12.	1 177	1 105	-72
15. 12.	1 106	942	-164
16. 12.	1 189	1 047	-142
19. 12.	1 251	1 107	-144
20. 12.	1 172	1 102	-70
21. 12.	1 207	1 073	-134
22. 12.	1 116	1 056	-60
23. 12.	1 039	861	-178
27. 12.	984	819	-165
28. 12.	895	743	-152
29. 12.	895	865	-30
30. 12.	908	756	-152
<b>Celkem</b>	<b>23 134</b>	<b>20 664</b>	<b>-2 470</b>

Zdroj: autor podle VRP Spreadsheet Solver (2017)

Za sledované období došlo ke snížení ujetých kilometrů z **23 134 km** na **20 664 km**, což činí úsporu **2 470 km**.

Pro lepší přehlednost byla tabulka č. 11 převedena do grafické podoby. Toto znázornění lze vidět na obrázku č. 24. Z obrázku je patrný největší rozdíl ve skutečně ujetých a navrhovaných kilometrech ve vybraný den (12. 12.). Naopak nejmenší úspora počtu najetých kilometrů by byla 29. 12. Ve všech obsluhovaných dnech by, při použití výpočetního programu VRP Spreadsheet Solver, došlo ke snížení ujetých kilometrů. Patrná je sestupná tendence v objemu zásilek po Vánočních svátcích a to u obou parametrů.



**Obrázek 24** Grafické porovnání ujetých kilometrů v prosinci 2016 (autor podle VRP Spreadsheet Solver, 2017)

V tabulce č. 12 lze porovnat nově navržené a skutečné náklady, které jsou vypočteny jako součin ujetých, respektive navrhovaných kilometrů a sazby na jeden kilometr (24 Kč). Třetí a čtvrtý sloupec obsahuje rozdíly v nákladech a jejich procentuální vyjádření. Celková procentuální úspora je počítána z celkového počtu skutečných a navrhovaných nákladů (není možné počítat celkovou procentuální úsporu z aritmetického průměru jednotlivých dní, jedná se o tzv. Simpsonův paradox).

**Tabulka 12** Porovnání nákladů za prosinec 2016

Datum	Skutečné náklady (Kč)	Navrhované náklady (Kč)	Rozdíl v nákladech (Kč)	Úspora (%)
1. 12.	26 952	25 032	-1 920	-7,12
2. 12.	27 696	24 624	-3 072	-11,09
5. 12.	27 984	26 184	-1 800	-6,43
6. 12.	28 104	26 496	-1 608	-5,72
7. 12.	24 912	22 152	-2 760	-11,08
8. 12.	25 056	21 720	-3 336	-13,31
9. 12.	27 624	25 032	-2 592	-9,38
12. 12.	31 296	26 568	-4 728	-15,11
13. 12.	25 056	22 704	-2 352	-9,39
14. 12.	28 248	26 520	-1 728	-6,12
15. 12.	26 544	22 608	-3 936	-14,83
16. 12.	28 536	25 128	-3 408	-11,94
19. 12.	30 024	26 568	-3 456	-11,51
20. 12.	28 128	26 448	-1 680	-5,97
21. 12.	28 968	25 752	-3 216	-11,10
22. 12.	26 784	25 344	-1 440	-5,38
23. 12.	24 936	20 664	-4 272	-17,13
27. 12.	23 616	19 656	-3 960	-16,77
28. 12.	21 480	17 832	-3 648	-16,98
29. 12.	21 480	20 760	-720	-3,35
30. 12.	21 792	18 144	-3 648	-16,74
<b>Celkem</b>	<b>555 216</b>	<b>495 936</b>	<b>-59 280</b>	<b>-10,68</b>

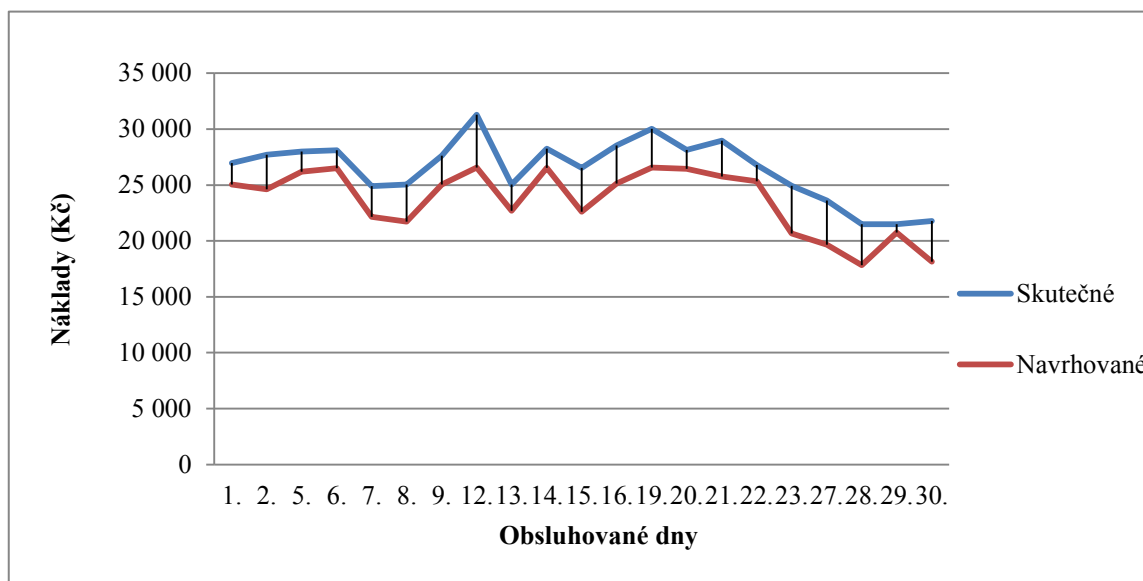
Zdroj: autor podle VRP Spreadsheet Solver (2017)

Za období 12. 12. 2016 – 31. 12. 2016 by byla úspora nákladů **59 280 Kč**, což je v procentuálním vyjádření **10,68 %**.

Z uvedené tabulky vyplývá, že při využití vhodného softwarového nástroje pro plánování tras by podnik mohl ušetřit měsíčně až **59 280 Kč**. Ve všech případech byla programem VRP Spreadsheet Solver zjištěna úspora v nákladech. Nejmenší úspora činí **720 Kč** (29. 12.), naopak největší úspora byla **4 728 Kč** (12. 12.).

Tabulka č. 12 byla převedena do grafického znázornění, kterým je obrázek č. 25. Jelikož jsou náklady ovlivněny počtem ujetých a navrhovaných kilometrů, je také zde největší

rozdíl v nákladech ve vybraný den, tedy 12.12. Z grafu je patrné, že by nově navrhované rozložení tras přineslo úsporu v nákladech ve všech obsluhovaných dnech v prosinci 2016.



**Obrázek 25** Grafické porovnání nákladů za prosinec 2016 (autor podle VRP Spreadsheet Solver, 2017)

Pozitivní efekty programu VRP Spreadsheet Solver vyplývají:

- ze snížení počtu ujetých kilometrů vozidel DHL Express (Czech Republic) s.r.o.,
- výsledné řešení pro daný den je možno získat díky využití informačního systému za několik minut.

Řešení nemusí být optimální, ale může se jednat a ve většině případů se jedná o řešení suboptimální, které se optimálnímu řešení přibližuje. Jak daleko se nachází výsledné řešení od optimálního je také dáno tím, kolik času je programu VRP Spreadsheet Solver poskytnuto k vyřešení okružního problému.

Je nutné si uvědomit, že jednotlivé trasy se každý den měnily a přizpůsobovaly požadavkům zákazníků. Proto by v reálné situaci bylo důležité, aby kurýři znali kompletně celé obsluhované území DHL Express (Czech Republic) s.r.o. Hradec Králové a mohli tak v rychlosti reagovat na změny trasy v jednotlivých dnech.

Z uvedených výsledků je zřejmé, že by pro podnik bylo prospěšné, kdyby investovala do některého z dostupných geografických softwarových nástrojů na trhu.

### 4.3 Ekonomické zhodnocení přidání nového vozidla

V prvním kroku bude aplikováno srovnání přepravních nákladů. Místo dopravce se dosadí navrhované vozidlo DHL Express (Czech Republic) s.r.o. a porovnájí se náklady za stejnou odpracovanou dobu a stejné obsluhované území bez úpravy tras ostatních vozidel

za prosinec 2016. Tabulka č. 13 znázorňuje vstupní hodnoty získané z vnitropodnikového systému.

**Tabulka 13** Interní data za prosinec 2016

<b>Náklady na 1 vozidlo DHL (bez PHM)</b>	41 560 Kč
<b>Počet kilometrů ujetých dopravcem</b>	2 862 km
<b>Počet hodin odpracovaných dopravcem</b>	63:15 h
<b>Počet výjezdů dopravce na trasu</b>	19
<b>Průměrná cena PHM po úpravě</b>	29,50 Kč
<b>Průměrná spotřeba PHM</b>	10,8 litrů/100 km
<b>Celkové ujeté kilometry vozy DHL</b>	23 134 km

Zdroj: autor podle VRP Spreadsheet Solver (2017), DHL (2016)

Náklady na jedno vozidlo DHL Express (Czech Republic) s.r.o. bez pohonných hmot (PHM) jsou stanovené podnikem na **41 560 Kč** (veškeré náklady spojené s užíváním vozidla, včetně mzdy řidiče a operativního leasingu). Na dalších řádcích si lze prohlédnout ujeté kilometry a odpracovanou dobu dopravce. Tyto hodnoty jsou pouze orientační, jelikož dopravce je placen fixně za výjezd na trasu (**2 500 Kč**), bez ohledu na to, kolik zásilek rozváží nebo jak velkou trasu obsluhuje. V prosinci 2016 vyjel dopravce na trasu **19x**. Záznam o počtu ujetých kilometrů a odpracovaných hodinách dopravce je uveden v příloze C. Společnost DHL Express (Czech Republic) s.r.o. má uzavřenou smlouvu se společností Shell Czech Republic a.s., která provozuje rozsáhlou síť čerpacích stanic. Vozidla společnosti tankují výhradně na těchto stanicích a čerpají PHM se slevou 1 Kč/l. Všechna vozidla jezdí na palivo diesel. Průměrná cena dieselu v prosinci 2016 byla vypočítána na 30,50 Kč, proto částka **29,50 Kč**. Průměrná spotřeba vozidel je **10,8 l/100 km**. Tabulka č. 14 porovnává skutečné náklady (s dopravcem) a navrhované náklady (bez dopravce) za prosinec 2016.

**Tabulka 14** Srovnání nákladů ve skutečném a navrhovaném stavu za prosinec 2016

	Skutečný stav	Navrhovaný stav
Ujeté kilometry celkem (km)	23 134	25 996
Vozidla DHL	6	7
Náklady na PHM (Kč)	73 705	82 823
Náklady vozidel DHL (Kč)	249 360	290 920
Náklady na dopravce (Kč)	47 500	0
Náklady celkem (Kč)	<b>370 565</b>	<b>373 743</b>

Zdroj: autor podle VRP Spreadsheet Solver (2017), DHL (2016)

Celkem bylo ujeté **23 134 km**, V navrhovaném modelu, po nahrazení dopravce vozidlem DHL Express (Czech Republic) s.r.o., čítají ujeté kilometry **25 996 km<sup>1</sup>**. Hodnota nákladů na spotřebu PHM byla získána pomocí vzorce, kdy celkové ujeté kilometry byly vyděleny stem, následně byl výsledek vynásoben průměrnou spotřebou a průměrnou cenou dieselu za rok 2016. Ve skutečném období byly náklady na PHM **73 705 Kč<sup>2</sup>**. V navrhované variantě pak **82 823 Kč<sup>3</sup>**. Náklady na vozidla společnosti byly ve skutečném období **249 360 Kč<sup>4</sup>**, v navrhovaném stavu pak **290 920 Kč<sup>5</sup>**. Měsíční náklady na dopravce v prosinci 2016 byly ve výši **47 500 Kč<sup>6</sup>**. Skutečné celkové náklady činí **370 565 Kč<sup>7</sup>** a navrhované celkové náklady by dosáhly **373 743 Kč<sup>8</sup>**.

Pro lepší přehlednost byla vypracována tabulka č. 15, která obsahuje porovnání nákladů ve skutečném a navrhovaném stavu. Tabulka byla doplněna o sloupec rozdílů hodnot a také o vyjádření rozdílu v %. Opět zde není možné počítat celkovou procentuální úsporu z aritmetického průměru jednotlivých nákladů, jedná se o tzv. Simpsonův paradox.

---

<sup>1</sup> 23 134+2 862

<sup>2</sup> (23 134/100)·10,8·29,5

<sup>3</sup> [(23 134+2 862)/100]·10,8·29,5

<sup>4</sup> 41 560·6

<sup>5</sup> 41 560·7

<sup>6</sup> 2 500·19

<sup>7</sup> 73 705+249 360+47 500

<sup>8</sup> 82 823+290 920



**Tabulka 15** Srovnání nákladů ve skutečném a navrhovaném stavu za prosinec 2016

	Skutečné náklady (Kč)	Navrhované náklady (Kč)	Rozdíl v nákladech (Kč)	Rozdíl v nákladech (%)
Náklady na PHM	73 705	82 823	9 118	12,37
Náklady vozidel DHL	249 360	290 920	41 560	16,67
Náklady na dopravce	47 500	0	-47 500	-100
<b>Náklady celkem</b>	<b>370 565</b>	<b>373 743</b>	<b>3 178</b>	<b>0,86</b>

Zdroj: autor podle VRP Spreadsheet Solver (2017), DHL (2016)

Z tabulky č. 15 lze pozorovat nárůst nákladů na PHM o **9 118 Kč**, což je v procentuálním vyjádření **12,37 %**. Při nahrazení dopravce vozidlem DHL Express (Czech Republic) s.r.o. vzrostou náklady na vozidla z **249 360 Kč** na **290 920 Kč**, což je procentuální nárůst o **16,67 %**. S náklady na dopravce lze kalkulovat pouze ve skutečném období, jelikož v navrhovaném období je nahrazen vozem DHL Express (Czech Republic) s.r.o., to znamená úsporu **47 500 Kč**, což činí **100 %**. Celkové náklady tím vzrostou z původních **370 565 Kč** na **373 743 Kč**, tedy o **0,86 %**.

#### 4.4 Shrnutí ekonomického zhodnocení návrhu

Z porovnání nákladů vyplývá, že by navrhované řešení programem VRP Spreadsheet Solver vedlo k úspoře nákladů na obsluhované území a to o nemalé částky. Nejen tedy, že došlo k úspoře ujetých kilometrů a času stráveným svozem a rozvozem, ale také k úspoře nákladů. Náklady za sledované období byly 555 216 Kč. S využitím výpočetního programu VRP Spreadsheet Solver by činily 495 936 Kč, což činí úsporu 59 280 Kč.

Na základě výsledků lze odmítnout možnost nahrazení dopravce dalším vozidlem DHL Express (Czech Republic) s.r.o. Při současném počtu zásilek a požadavků zákazníků, od kterých se odvíjí počet výjezdů dopravce, by nebylo ekonomicky výhodné nahrazovat dopravce dalším vozidlem DHL Express (Czech Republic) s.r.o., neboť by společnost neměla pro další vozidlo dostatečné využití. Současný stav šesti vozidel DHL Express (Czech Republic) s.r.o. a jednoho dopravce se jeví jako ekonomicky výhodnější.

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zlepšit trasování vozidel ve společnosti DHL Express (Czech Republic) s.r.o.

V první kapitole práce byla věnována pozornost teoretickým modelům zabývajícím se problematikou sestavování okružních a rozvozních úloh a přístupem k jejich řešení. Byla zde provedena klasifikace přepravních úloh a jejich následné dělení podle charakteristických znaků. Práce byla zaměřena na aplikování teoretických poznatků v praktickém modelu přepravní úlohy. Potřebné informace o denních požadavcích zákazníků a jízdách jednotlivých vozů za zvolené období 01. 12. 2016 – 31. 12. 2016 byly vygenerovány z vnitropodnikového informačního systému společnosti. Na základě teoretických poznatků byl definován problém, který byl následně řešen pomocí zvoleného výpočetního programu.

Pro plánovanou optimalizaci okružní úlohy byl zvolen program VRP Spreadsheet Solver. Tento výpočetní program je volně dostupný ke stažení na webových stránkách a slouží jako názorná ukázka, jak by měly vypadat sofistikovanější informační systémy řešící optimalizaci tras. VRP Spreadsheet Solver byl názorně představen a byly detailně vysvětleny formuláře pro zadávání dat a lokací. Pro účely této práce byl v programu demonstrován a vizualizován vybraný den ze zvoleného období (12. 12. 2016). V prvním kroku byl zobrazen stávající způsob rozložení tras. Poté byl prezentován výsledek, který byl vypočten programem VRP Spreadsheet Solver.

V poslední kapitole bylo provedeno ekonomické zhodnocení výsledků za období 1. 12. 2016 – 31. 12. 2016. Pro zvolený den došlo k úspoře 197 km, což činí 4 728 Kč. Ve sledovaném období byla úspora 2 470 kilometrů. Celková úspora nákladů byla 59 280 Kč, to znamená úsporu 10,68 %. Na závěr celé práce byla porovnána varianta, která brala v úvahu nahrazení vozidla externího dopravce vozidlem společnosti DHL Express (Czech Republic) s.r.o. Externí dopravce vyjel v prosinci 2016 19 krát na trasu. Rozdíl v obou variantách byl pouze 3 178 Kč, tedy 0,86 %. Z výsledku vyplývá, že při současném stavu není pro společnost ekonomicky výhodnější měnit vozidlo externího dopravce za vozidlo DHL Express (Czech Republic) s.r.o.

Na základě uvedeného textu lze konstatovat, že byl splněn cíl diplomové práce. Používáním výpočetního programu pro denní sestavování tras by došlo ke značné úspoře nákladů a ujetých kilometrů.

Na základě výsledků lze deklarovat, že tato diplomová práce poskytuje společnosti alternativu a řešení pro každodenní sestavování tras pro efektivnější fungování podniku.

## POUŽITÁ LITERATURA

- BROŽOVÁ, Helena a Milan HOUŠKA, 2008. *Základní metody operační analýzy*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-0951-7.
- BRUZLOVÁ, Miroslava, 2016. *Návrhy pro distribuční centra při doručování kusových zásilek v ČR*. Pardubice. Diplomová práce. Univerzita Pardubice.
- CEMPÍREK, Václav, 2007. Logistická centra. *České dopravní vydavatelství* [online]. [cit. 2016-11-12]. Dostupné z: <http://www.dnoviny.cz/Logistika/logistika-spedice/logisticka-centra-3185>
- CEMPÍREK, Václav, Rudolf KAMPF a Jaromír ŠIROKÝ, 2009. *Logistické a přepravní technologie*. Pardubice: Institut Jana Pernera. ISBN 978-80-86530-57-4.
- CENEK, Petr, 2013. Modelování procesů na dopravních sítích. *ATP Journal* [online]. [cit. 2016-12-7]. Dostupné z: [http://www.atpjournalsk/buxus/docs/atp-2003-09-98\\_101.pdf](http://www.atpjournalsk/buxus/docs/atp-2003-09-98_101.pdf)
- ČERNÝ, Ján a Petr KLUVÁNEK, 1991. *Základy matematickej teórie dopravy*. Bratislava: Veda. ISBN 80-224-0099-8.
- ČUJAN, Zdeněk a Zdeněk MÁLEK, 2008. *Výrobní a obchodní logistika*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 978-80-7318-730-9.
- DANNHOFFEROVÁ, Jana a Tomáš FOLTÝNEK, 2016. Teorie grafů. *Mendelova univerzita* [online]. [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: <https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/index.pl?cast=23498>
- DHL, 2010a. *Průručka certifikovaného mezinárodního specialisty (certified international specialist)*. Bonn: autor neznámý.
- DHL, 2010b. Tisková zpráva. *DHL International GmbH* [online]. [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: [http://www.dhl.cz/cs/tisk/tiskove\\_zpravy/zpravy\\_2010/lokalni/170510.html](http://www.dhl.cz/cs/tisk/tiskove_zpravy/zpravy_2010/lokalni/170510.html)
- DHL, 2016. *Atrakční obvody ze softwaru Descartes Area Planner*. Praha: DHL.
- DHL, 2017. *Deutsche Post DHL* [online]. [cit. 2017-02-8] Dostupné z: <http://www.dhl.cz/cs.html>
- DRDLA, Pavel, 2010. Technologie systému přepravy drobných a kusových zásilek a její specifika [online]. Roč. V, č. 1, s. 69 [cit. 2016-11-12]. ISSN 1801-674X. Dostupné z: [http://pemerscontacts.upce.cz/17\\_2010/Drdla2.pdf](http://pemerscontacts.upce.cz/17_2010/Drdla2.pdf)
- FIALA, Petr et al., 2010. *Operační výzkum - nové trendy*. Praha: Professional Publishing. ISBN 978-80-7431-036-2.
- GROS, Ivan, 1996. *Logistika*. Praha: VŠCHT. ISBN 80-7080-262-6.
- JABLONSKÝ, Josef, 2007. *Operační výzkum. Kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha: Professional Publishing. ISBN 978-80-86946-44-3.
- JANÁČEK, Jaroslav, 2003. *Optimalizace na dopravních sítích*. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině. ISBN 80-8070-031-1.

- JIRSÁK, Petr, Michal MERVART a Marek VINŠ, 2012. *Logistika pro ekonomy - vstupní logistika*. Praha: Wolters Kluwer Česká republika. ISBN 978-80-7357-958-6.
- KAMPF, Rudolf, 2007. Funkční požadavky kladené na logistická centra. In *Outsourcing dopravně-logistických procesů a prostorová lokalizace veřejných logistických center*. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7395-022-4.
- Mapy.cz, 2017. Mapa. *mapy.cz* [online]. [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=15.8119774&y=50.1127907&z=11&l=0&source=firm&id=2588597>
- PASTOR, Otto a Antonín TUZAR, 2007. *Teorie dopravních systémů*. Praha: ASPI. ISBN 978-80-7357-285-2.
- PELIKÁN, Jan, 2001. *Diskrétní modely v operačním výzkumu*. Praha: Professional Publishing. ISBN 80-86419-17-7.
- PERNICA, Petr, 1998. *Logistický management: Teorie a podniková praxe*. Praha: Radix. ISBN 80-860-3113-6.
- PLESNÍK, Ján, 1983. *Grafové algoritmy*. Bratislava: VEDA.
- SIXTA, Josef a Václav MAČÁT, 2005. *Logistika teorie a praxe*. Brno: CP books. ISBN 80-251-0573-3.
- SKÝVA, Ladislav, Jaroslav JANÁČEK a Petr CENEK, 1987. *Energeticky optimální řízení dopravních systémů*. Praha: NADAS.
- STEHLÍK, Antonín, 2002. *Logistika strategický faktor manažerského úspěchu*. Brno: Studio Contrast. ISBN 80-238-8332-1.
- SVOBODA, Vladimír, 2006. *Doprava jako součást logistických systémů*. Praha: Radix. ISBN 80-86031-68-3.
- ŠIROKÝ, Jaromír a Miroslav SLIVONĚ, 2010. Optimalizace svozu a rozvozu kusových zásilek. *Perner's Contacts* [online]. Roč. V, č. 1, s. 255-269 [cit. 2016-11-28]. ISSN 1801-674X. Dostupné z: [http://pernerscontacts.upce.cz/17\\_2010/Siroky.pdf](http://pernerscontacts.upce.cz/17_2010/Siroky.pdf)
- ŠTŮSEK, Jaromír, 2007. *Řízení provozu v logistických řetězcích*. Praha: C. H. Beck. ISBN 978-80-7179-534-6.
- TOMEK, Gustav, 2004. *Sřety marketingu: uplatnění principu marketingu ve firemní praxi*. Praha: C. H. Beck. ISBN 80-717-9887-8.
- VRP Spreadsheet Solver, 2017. VRP Spreadsheet Solver. *VeRoLog* [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://verolog.deis.unibo.it/vrp-spreadsheet-solver>

## SEZNAM TABULEK

<b>Tabulka 1</b> Shrnutí výsledků atrakčního obvodu HK1 za 4. čtvrtletí 2016 .....	36
<b>Tabulka 2</b> Shrnutí výsledků atrakčního obvodu HK2 za 4. čtvrtletí 2016 .....	37
<b>Tabulka 3</b> Shrnutí výsledků atrakčního obvodu HK3 za 4. čtvrtletí 2016 .....	39
<b>Tabulka 4</b> Dosavadní rozložení tras podle měst z 12. 12. 2017 – 1. část.....	47
<b>Tabulka 5</b> Dosavadní rozložení tras podle měst z 12. 12. 2017 – 2. část.....	48
<b>Tabulka 6</b> Ujeté kilometry a strávený čas na trasách z 12. 12. 2016 .....	48
<b>Tabulka 7</b> Navrhované rozložení tras pro 12. 12. 2016 – 1. část .....	53
<b>Tabulka 8</b> Navrhované rozložení tras pro 12. 12. 2016 – 2. část .....	54
<b>Tabulka 9</b> Navrhovaný počet ujetých kilometrů a strávený čas na trasách z 12. 12. 2016 .....	54
<b>Tabulka 10</b> Porovnání skutečného a navrhovaného stavu pro 12. 12. 2017 .....	57
<b>Tabulka 11</b> Porovnání počtu ujetých kilometrů v prosinci 2016 .....	59
<b>Tabulka 12</b> Porovnání nákladů za prosinec 2016.....	61
<b>Tabulka 13</b> Interní data za prosinec 2016.....	63
<b>Tabulka 14</b> Srovnání nákladů ve skutečném a navrhovaném stavu za prosinec 2016.....	64
<b>Tabulka 15</b> Srovnání nákladů ve skutečném a navrhovaném stavu za prosinec 2016.....	65

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obrázek 1</b> Dělení okružních a rozvozních úloh .....	17
<b>Obrázek 2</b> Model dopravní sítě .....	19
<b>Obrázek 3</b> Znázornění Hamiltonovské kružnice v grafu.....	20
<b>Obrázek 4</b> Grafické znázornění kapacitně omezené úlohy okružních jízd .....	24
<b>Obrázek 5</b> Grafické znázornění úlohy okružních jízd s časovými okny.....	24
<b>Obrázek 6</b> Nákladové vazby v logistickém systému .....	28
<b>Obrázek 7</b> Struktura společnosti.....	31
<b>Obrázek 8</b> Produktové portfolio DHL Express (Czech Republic) s.r.o. ....	32
<b>Obrázek 9</b> Poloha terminálu Hradec Králové.....	33
<b>Obrázek 10</b> Rozdělení atrakčních obvodů na pobočce Hradec Králové .....	34
<b>Obrázek 11</b> Atrakční obvod HK1 .....	35
<b>Obrázek 12</b> Atrakční obvod HK2 .....	37
<b>Obrázek 13</b> Atrakční obvod HK3 .....	38
<b>Obrázek 14</b> Denní proces distribuce zásilek DHL Express (Czech Republic) s.r.o.....	40
<b>Obrázek 15</b> Denní proces na pobočce Hradec Králové.....	41
<b>Obrázek 16</b> Formulář pro zadávání dat .....	44
<b>Obrázek 17</b> Formulář pro zadávání lokací .....	46
<b>Obrázek 18</b> Rozložení tras ze dne 12. 12. 2016 .....	49
<b>Obrázek 19</b> Vstupní hodnoty z 12. 12. 2016 .....	50
<b>Obrázek 20</b> Vstupní kritéria .....	51
<b>Obrázek 21</b> Formulář pro zadávání lokací .....	51
<b>Obrázek 22</b> Matice vzdáleností a časů mezi uzly.....	52
<b>Obrázek 23</b> Navrhované rozložení tras pro 12. 12. 2016 .....	55
<b>Obrázek 24</b> Grafické porovnání ujetých kilometrů v prosinci 2016 .....	60
<b>Obrázek 25</b> Grafické porovnání nákladů za prosinec 2016.....	62

## SEZNAM ZKRATEK

ADR	Accord Dangereuses Route Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí
GATT	General Agreement on Tariffs and Trade všeobecná dohoda o clech a obchodu
HK1	atrakční obvod Hradec Králové 1
HK1A	trasa atrakčního obvodu Hradec Králové 1
HK1B	trasa atrakčního obvodu Hradec Králové 1
HK1C	trasa atrakčního obvodu Hradec Králové 1
HK2	atrakční obvod Hradec Králové 2
HK2A	trasa atrakčního obvodu Hradec Králové 2
HK3	atrakční obvod Hradec Králové 3
HK3A	trasa atrakčního obvodu Hradec Králové 3
HK3C	trasa atrakčního obvodu Hradec Králové 3
ISO	International Organization for Standardization mezinárodní organizace zabývající se tvorbou norem
JIT	Just – in – time, právě včas metoda řízení logistiky
VBA	Visual Basic for Applications programovací jazyk od společnosti Microsoft Corporation a.s.

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha A** Formulář pro zadávání lokací z 12. 12. 2016

**Příloha B** Nově navrhované trasy pro 12. 12. 2016

**Příloha C** Počet ujetých km a odpracovaných hodin dopravce od 1. 12. 2016 do 31. 12. 2016





## Příloha A Formulář pro zadávání lokací z 12. 12. 2016

Name	Address	Latitude (y)	Longitude (x)	Time window start	Time window end	Must be visited?	Service time
Depot	Březhradská 199/2a, hradec králové	50,1783500	15,7972200	10:20	17:50	Starting location	0:00
Customer 1	KLADSKA 1032,HRADEC KRALOVE	50,2233800	15,8761300	10:20	12:00	Must be visited	0:03
Customer 2	RADONA 465, 54901 NOVE MESTO NAD METUJI	50,3474960	16,1299553	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 3	NACHODSKA 145, 54901 NOVE MESTO NAD METUJI	50,3590700	16,1323900	10:20	15:00	Must be visited	0:03
Customer 4	GENERALA Klapalka 519, 54901 NOVE MESTO NAD METUJI	50,3541400	16,1386200	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 5	DRTINOVO Náměstí 171,NACHOD	50,4013599	16,1620900	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 6	JUGOSLAVSKA 260,NACHOD	50,4043700	16,1557500	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 7	BRATŘI ČAPKŮ 722, nachod	50,4151917	16,1679096	12:00	15:00	Must be visited	0:03
Customer 8	Pražska, 547 01 Náchod, Česká Republika	50,4073000	16,1554800	10:20	16:00	Must be visited	0:03
Customer 9	PRAZSKA 971 NACHODCZ CZECH REPUBLICNACHOD	50,4111400	16,1624899	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 10	ČESKYCH BRATŘI 338,NACHOD	50,4101000	16,1579500	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 11	SOKOLSKA 134,NACHOD	50,4144100	16,1553400	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 12	ZDAR NAD METUJI 36 ZDAR NAD METUJI 54955	50,5433200	16,2147700	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 13	DOLNI RADECHOVA 53	50,4379692	16,1518707	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 14	BELOVESKA 187, NACHOD	50,4167200	16,1727800	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 15	ZDARECKA 199549 32VELKE PORICI	50,4514500	16,1980600	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 16	Alinova 564, 549 32 Velké Poříčí, Česká Republika	50,4584199	16,1877700	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 17	KE KOUPALISTI 172, 54932 VELKE PORICI	50,4665300	16,1880700	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 18	NACHODSKA 449, VELKE PORICI	50,4692000	16,1800200	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 19	SLUNECA 440, police nad metují	50,5419600	16,2387400	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 20	PRADLACKA 89,BROUMOV	50,5827800	16,3377400	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 21	304 RYBARSKA, Broumov	50,5826000	16,3228900	10:20	16:30	Must be visited	0:03
Customer 22	NIZKA SRBSKA 101 MACHOV	50,4995400	16,2737900	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 23	HORNI ADRSPACH 109, 549 52	50,6235500	16,0804300	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 24	VYSOKOV 112PAN JAN VACEKVYSOKOV 112	50,4077301	16,1303997	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 25	DOLECKÁ 15, Jaroměř	50,3445700	15,9038900	10:20	12:00	Must be visited	0:03
Customer 26	MALOSKALICKA 280CESKA SKALICECZECH REPUBLIC	50,3979400	16,0270100	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 27	PODHRADNI 69 55203 CESKA SKALICE	50,3974900	16,0476300	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 28	Horní Kostelec 50, Červený Kostelec, Česká Republika	50,4911700	16,1185900	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 29	MANZELU BURDYCHOVYCH 328,CERVENY KOSTELEC	50,4737500	16,0946200	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 30	NERUDOVA, ČERVENY KOSTELEC	50,4766998	16,0947208	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 31	STOLIN 105549 41CZECH REPUBLIC	50,4735200	16,0741400	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 32	Na Ohradech, 542 33 Rtyně v Podkrkonoší	50,5082800	16,0657600	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 33	BOZENY NEMCOVE 67, červený kostelec	50,4766500	16,0950500	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 34	BATNOVICE 26954237BATNOVICE	50,5197100	16,0398900	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 35	3. KVETNA 611WERK OZUPICE	50,5039400	16,0251500	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 36	HAVLICKOVA, UPICE	50,5090000	16,0203700	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 37	NACHODSKA 529, TRUTNOV	50,5724200	15,9440400	12:00	16:00	Must be visited	0:03
Customer 38	ZAHRADNI MESTO 331, trutnov	50,5636600	15,9313500	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 39	PALACKEHOPALACKEHO 201, trutnov	50,5599700	15,9092500	10:20	16:30	Must be visited	0:03
Customer 40	VOLANOVSKA 518TRUTNOV	50,5600700	15,8908900	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 41	KOMENSKOHO 821TRUTNOV	50,5630900	15,9078100	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 42	HORSKA 888, TRUTNOV	50,5627000	15,9094800	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 43	TOVARNI 10TRUTNOV	50,5804000	15,8968200	11:30	15:30	Must be visited	0:03
Customer 44	KRKONOSKA 5MLADE BUKY	50,6040916	15,8366699	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 45	KALNA VODA 5754223MLADE BUKY	50,6009400	15,8657900	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 46	Průmyslova 137, TRUTNOV	50,5694400	15,8901900	10:20	16:00	Must be visited	0:03
Customer 47	NACHODSKA 270, TRUTNOV	50,5675300	15,9313000	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 48	MLADE BUKY 246MLADE BUKYESKA REPUBLIKA	50,6040916	15,8366699	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 49	VLCKOVICKA 50, 500 04 HRADEC KRALOVE	50,1923800	15,7707100	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 50	LHOTA POD LIBCANY 201	50,1724510	15,6936197	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 51	KRATONOHY 91, 50324 KRATONOHY	50,1670900	15,6166800	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 52	KLICPEROVO Náměstí 39 ,CHLUMEC NAD CIDLINOU	50,1537400	15,4605100	10:20	15:30	Must be visited	0:03
Customer 53	PRUMYSLOVA 200, NOVY BYDZOV	50,2213600	15,4781400	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 54	POLNI 224, NOVY BYDZOV	50,2311500	15,4823500	10:20	17:00	Must be visited	0:03

Customer 55	DR. JANA DEYLA 1859, 504 01 NOVY BYDZOV	50,2497300	15,4861200	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 56	T.G. MASARYKA 303, 50752 OSTROMER	50,3708200	15,5578800	10:20	15:30	Must be visited	0:03
Customer 57	PRICNA 2071, HORICE	50,4471200	15,6244000	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 58	Maixnerova, 508 01 Hořice, Česká Republika	50,3714900	15,6383600	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 59	BRTEV 95, 50781 LAZNE BELOHRAD	50,4308700	15,6001100	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 60	Bila Tremesna 388	50,4471200	15,7448300	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 61	NOVE LESY 79, DVUR KRALOVE NAD LABEM	50,4395000	15,7918800	10:20	16:00	Must be visited	0:03
Customer 62	STEFANIKOVA, DVUR KRALOVE N.I	50,4320602	15,8140097	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 63	HEYDUKOVA 1035, dvur kralove nad labem	50,4220000	15,8155700	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 64	17. LISTOPADU, DVUR KRALOVE	50,4279100	15,8208400	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 65	DUKELSKA 417, DVUR KRALOVE NAD LABEM	50,4306300	15,8170900	14:00	17:00	Must be visited	0:03
Customer 66	SPOJENYCH NARODU , DVUR KRALOVE NAD LABEM	50,4399900	15,8115400	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 67	POD LESEM 1796, DVUR KRALOVE NAD LABEM	50,4479200	15,8140100	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 68	V LUZINACH 113, JAROMER	50,3547100	15,9098700	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 69	JAROMIROVA 91, 551 01 JAROMER	50,3557400	15,9299800	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 70	HRADECKA 597, 55138 JAROMER	50,3384799	15,8979900	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 71	BENESE 960, 551 01 JAROMER	50,3348100	15,9114400	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 72	DOLECKA 111, 55101 Jaromeř	50,3444800	15,9020600	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 73	HEYROVSKÉHO UL 1178 50003 HRADEC KRALOVE	50,2444420	15,8702097	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 74	PALACKÉHO 6, SMIRICE	50,2994700	15,8685800	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 75	BRIGADNICKA 234, smirice	50,2978400	15,8620900	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 76	NECHANICE 258	50,2391090	15,6332598	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 77	MOKROVOUSY 9450315NECHANICE	50,2783089	15,6879797	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 78	HAVLIKOVA 432,TREBEOVICE POD OREBEM	50,2002100	15,9824500	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 79	KOMENSKÉHO 429, TYNISTE NAD ORLICI	50,1493200	16,0721100	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 80	V SITINACH 588, TYNISTE NAD ORLICI	50,1523400	16,0833100	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 81	CS ARMADY 872, TYNISTE NAD ORLICI	50,1576800	16,0837499	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 82	Jirchaská 233, kostelec nad orlici	50,1225510	16,2132206	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 83	RUDE ARMADY 1457, 51741 CERMNA NAD ORLICI	50,1174800	16,2288200	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 84	222 DOLNI BESTOVICE	50,0199013	16,2111797	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 85	PERNEROVA 780, CHOCCEN	49,9934900	16,2246800	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 86	T.G.MASARYKA 788, CHOCCEN CZECH REPUBLIC	49,9997700	16,2214900	10:20	15:30	Must be visited	0:03
Customer 87	LIBCHAVY 183	50,0055199	16,3888397	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 88	NADRAZNI 696, ZAMBERK	50,0752600	16,4444700	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 89	MASARYKOVO NAM 4., zamberk	50,0869400	16,4657200	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 90	CS ARMADY 747 ZAMBERK ZAMBERK	50,0896500	16,4547199	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 91	Krajcarska 580, 517 54 Vamberk, Česká Republika	50,1204800	16,2949200	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 92	JIRASKOVA 835, VAMBERK	50,1155000	16,2988000	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 93	DRUZSTEVNI 240, 51742 DOUDLEBY NAD ORLICI	50,1050700	16,2543200	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 94	Roven 99, 516 01 Rychnov nad Kněžnou	50,1431300	16,3031700	10:20	16:00	Must be visited	0:03
Customer 95	DLOUHA VES 188, RYCHNOV NAD KNEZNOU	50,1630800	16,3038200	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 96	STROJNICKA 633, RYCHNOV NAD KNEZNOU	50,1582500	16,2792500	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 97	JIRASKOVA 506, RYCHNOV NAD KNEZNOU	50,1679800	16,2707900	14:00	17:00	Must be visited	0:03
Customer 98	JIRASKOVA 1389, RYCHNOV NAD KNEZNOU	50,1703199	16,2693500	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 99	LIPOVKA 162, 51601 RYCHNOV NAD KNEZNOU	50,1749300	16,2571900	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 100	SKOLNI 71, 51701 SOLNICE	50,2063400	16,2374200	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 101	Doly 183, 518 01 Dobruška, Česká Republika	50,2966500	16,1675800	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 102	OPOCENSKA 83, DOBRUSKA	50,2837900	16,1500300	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 103	POHORI 222, 518 01 DOBRUSKA	50,2903600	16,1031200	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 104	POHOR 184, 5674 70 DOBRUSKA	50,2920303	16,1598091	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 105	J.PITRY 344, OPOCNO	50,2681503	16,1159992	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 106	PODZAMCI 385, 517 73 OPOCNO	50,2764200	16,0922200	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 107	SEMECHNICE 13, 51801 DOBRUSKA	50,2563900	16,1575099	11:30	17:00	Must be visited	0:03
Customer 108	KRIVICE 60, TYNISTE NAD ORLICI	50,1789100	16,1146600	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 109	V. OPATRNEHO 1050, TYNISTE NAD ORLICI	50,1598800	16,0652300	14:30	17:00	Must be visited	0:03
Customer 110	.530 06PARDUBICE 6	50,0212936	15,7132921	10:20	17:00	Must be visited	0:03

Customer 111	U Panasonicu 273, 530 06 Pardubice, Česká Republika	50,0246300	15,6858300	10:20	14:30	Must be visited	0:03
Customer 112	KE MLYNU, 753006 PARDUBICE	50,0128900	15,6904300	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 113	MASARYKOVO NAM. 32CHRUDIM	49,9531400	15,7906800	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 114	MASARYKOVO NAM 55CHRUDIM	49,9527700	15,7884100	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 115	CASLAVSKA 46, 537 01 CHRUDIM	49,9538300	15,7845400	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 116	PRUMYSLOVA 7537 01CHRUDIM 1	49,9611800	15,7742200	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 117	BEZRUCOVA 1411, CHRUDIM	49,9463700	15,7807900	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 118	V HLINIKACH 487, chrudim	49,9563700	15,7935600	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 119	MALECKA 1175, CHRUDIM	49,9533000	15,8140500	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 120	1291 NA VETRNIKU, chrudim	49,9550300	15,8154600	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 121	VACLAVSKA 570.CHRUDIM	49,9422700	15,8073500	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 122	ZA PIVOVAREM 833,CHRUDIM	49,9371700	15,7924400	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 123	t.g masaryka 121, slatinany	49,9210800	15,8131300	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 124	NOVY DVUR 993HERMANUV MESTEC	49,9470300	15,6898100	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 125	HEDVIKOV 1, 538 43 TREMOSNICE	49,8696900	15,5922400	10:20	15:30	Must be visited	0:03
Customer 126	BUDOVATELU 323, TREMOSNICE	49,8716000	15,5732800	10:20	15:30	Must be visited	0:03
Customer 127	CUKROVARSKA 10453361CHOLTICE	49,9908600	15,6399900	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 128	LIPOLITICE 104LIPOLITICE	49,9876099	15,5690002	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 129	U STADIONU 427, CHVALETICE	50,0338600	15,4196900	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 130	CESKOBRATRSKA 84, PRELOUC	50,0402900	15,5560600	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 131	JASELSKA 593, PRELOUC	50,0370900	15,5812400	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 132	Na lužci 706, 533 41 Lázně Bohdaneč	50,0697900	15,6839100	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 133	OPATOVICE NAD LABEM 478, 53345	50,1275600	15,7909700	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 134	Lesní 453, 533 52 Srch, Česká Republika	50,0805600	15,7694900	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 135	HRADISTE NA PISKU 56. STARE HRADISTe	50,0778300	15,7815000	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 136	NEMCICE 164, STARE HRADISTE	50,0651016	15,7751102	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 137	PARDUBICKA 437, SEZEMICE	50,0573700	15,8460800	10:20	15:00	Must be visited	0:03
Customer 138	VYSOKOMYSKA 1104, HOLICE	50,0651700	15,9882100	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 139	PODLESI 53, HOLICE	50,0870700	15,9909500	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 140	Ostretin 21, 534 01 Ostřetín, Česká Republika	50,0436000	16,0573200	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 141	Jizni 554, 570 01 Horní Jelení, Česká Republika	50,0475200	16,0784000	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 142	DOBROVSKOHO 74/1156603VYSOKE MYTO	49,9558600	16,1539200	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 143	FIBICHOVA 143, 56601 VYSOKE MYTO	49,9574900	16,1558200	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 144	CELAKOVSKOHO 112, VYSOKE MYTO	49,9558400	16,1611900	10:20	16:00	Must be visited	0:03
Customer 145	KOMENSKOHO 83, 566 01 VYSOKE MYTO	49,9515600	16,1579600	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 146	DRABY 849, VYSOKE MYTO	49,9440800	16,1677600	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 147	UL GEN SVATONE 765, VYSOKE myto	49,9531784	16,1623497	12:30	17:00	Must be visited	0:03
Customer 148	ZALSI 71, 565 01 CHOČEN	49,9664300	16,2383600	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 149	VRACOVICE 1, 566 01 VRACOVICE	49,9514200	16,2531600	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 150	TYRSOVA 238, 570 01 LITOMYSL	49,8671500	16,3156300	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 151	SVITAVSKA 1224, 57001 LITOMYSL CZECH REPUBLIC	49,8627400	16,3306700	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 152	J.E.PURKYNE 652, LITOMYSL	49,8650900	16,3123900	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 153	Osík 50, Osík, 569 67	49,8467255	16,2833462	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 154	Proseč 149, 539 44	49,8096400	16,1171700	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 155	HUSOVA 610, SKUTEC	49,8395300	15,9947300	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 156	DRUZSTEVNI 917, SKUTEC	49,8471000	15,9911200	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 157	Osady Ležáků 389, CHRAST	49,9018784	15,9329996	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 158	Libanice 30, 538 62 Honbice, Česká Republika	49,9300500	15,8807000	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 159	CUKROVARSKA 103, MORAVANY 533 72	50,0007200	15,9504100	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 160	DOLNI ROVEN 288, DOLNI ROVEN	50,0355800	15,9715400	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 161	POBEZOVICE 29,HOLICE	50,0686607	15,9880505	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 162	K TRESNOVCE 247, 53375 DOLNI REDICE	50,0753100	15,9268600	10:20	17:00	Must be visited	0:03
Customer 163	DASICKA 287, 533 75 DOLNI REDICE	50,0736300	15,9191100	10:20	17:00	Must be visited	0:03

Zdroj: VRP Spreadsheet Solver (2017)

**Příloha B** Nově navrhované trasy pro 12. 12. 2016

Vehicle:	HK1A	Stops:	19			
Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time
0	Depot	0,00	0:00		10:00	0:00
1	Customer 77	19,44	0:28	10:28	10:31	0:31
2	Customer 56	37,30	0:50	10:53	10:56	0:56
3	Customer 58	43,87	1:00	11:06	11:09	1:09
4	Customer 57	53,70	1:12	11:21	11:24	1:24
5	Customer 59	59,74	1:20	11:32	11:35	1:35
6	Customer 60	75,37	1:43	11:58	12:01	2:01
7	Customer 61	81,62	1:56	12:14	12:17	2:17
8	Customer 67	85,29	2:08	12:29	12:32	2:32
9	Customer 66	86,33	2:11	12:35	12:38	2:38
10	Customer 62	87,85	2:14	12:41	12:44	2:44
11	Customer 64	89,45	2:19	12:49	12:52	2:52
12	Customer 65	90,65	2:23	12:56	12:59	2:59
13	Customer 63	92,04	2:27	13:03	13:06	3:06
14	Customer 25	104,95	2:45	13:24	13:27	3:27
15	Customer 72	105,08	2:46	13:28	13:31	3:31
16	Customer 70	106,83	2:52	13:37	13:40	3:40
17	Customer 74	112,99	3:03	13:51	13:54	3:54
18	Customer 75	113,73	3:07	13:58	14:01	4:01
19	Depot	133,69	3:37	14:31		4:31

Vehicle:	HK1B	Stops:	21			
Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time
0	Depot	0,00	0:00		10:00	0:00
1	Customer 132	17,62	0:23	10:23	10:26	0:26
2	Customer 131	29,52	0:41	10:44	10:47	0:47
3	Customer 130	32,22	0:47	10:53	10:56	0:56
4	Customer 128	38,97	0:57	11:06	11:09	1:09
5	Customer 127	44,40	1:06	11:18	11:21	1:21
6	Customer 111	52,31	1:18	11:33	11:36	1:36
7	Customer 112	54,20	1:24	11:42	11:45	1:45
8	Customer 110	56,49	1:28	11:49	11:52	1:52
9	Customer 124	66,16	1:38	12:02	12:05	2:05
10	Customer 125	85,31	2:05	12:32	12:35	2:35
11	Customer 126	86,97	2:11	12:41	12:44	2:44
12	Customer 129	116,02	2:49	13:22	13:25	3:25
13	Customer 52	138,00	3:16	13:52	13:55	3:55
14	Customer 53	146,34	3:28	14:07	14:10	4:10
15	Customer 54	147,92	3:32	14:14	14:17	4:17
16	Customer 55	150,88	3:40	14:25	14:28	4:28
17	Customer 76	163,04	3:57	14:45	14:48	4:48
18	Customer 51	172,58	4:09	15:00	15:03	5:03
19	Customer 50	178,35	4:16	15:10	15:13	5:13
20	Customer 49	186,49	4:26	15:23	15:26	5:26
21	Depot	191,58	4:36	15:36		5:36

Vehicle:	HK1C	Stops:	38			
Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time
0	Depot	0,00	0:00		10:00	0:00
1	Customer 1	10,45	0:18	10:18	10:21	0:21
2	Customer 106	31,23	0:45	10:48	10:51	0:51
3	Customer 103	34,61	0:52	10:58	11:01	1:01
4	Customer 2	43,50	1:05	11:14	11:17	1:17
5	Customer 4	45,21	1:10	11:22	11:25	1:25
6	Customer 5	52,38	1:20	11:35	11:38	1:38
7	Customer 6	53,46	1:23	11:41	11:44	1:44
8	Customer 8	53,90	1:24	11:45	11:48	1:48
9	Customer 9	54,57	1:26	11:50	11:53	1:53
10	Customer 7	55,16	1:28	11:55	11:58	1:58
11	Customer 14	55,59	1:29	11:59	12:02	2:02
12	Customer 16	62,09	1:41	12:14	12:17	2:17
13	Customer 17	63,31	1:44	12:20	12:23	2:23
14	Customer 18	64,25	1:46	12:25	12:28	2:28
15	Customer 28	70,31	1:57	12:39	12:42	2:42
16	Customer 33	72,78	2:02	12:47	12:50	2:50
17	Customer 30	72,80	2:02	12:50	12:53	2:53
18	Customer 32	77,95	2:11	13:02	13:05	3:05
19	Customer 34	80,52	2:16	13:10	13:13	3:13
20	Customer 35	83,04	2:21	13:18	13:21	3:21
21	Customer 36	85,13	2:27	13:27	13:30	3:30
22	Customer 31	95,51	2:44	13:47	13:50	3:50
23	Customer 29	97,89	2:50	13:56	13:59	3:59
24	Customer 13	105,92	3:01	14:10	14:13	4:13
25	Customer 11	110,48	3:10	14:22	14:25	4:25
26	Customer 10	111,53	3:13	14:28	14:31	4:31
27	Customer 3	119,48	3:26	14:44	14:47	4:47
28	Customer 101	128,32	3:41	15:02	15:05	5:05
29	Customer 104	129,36	3:46	15:10	15:13	5:13
30	Customer 102	130,57	3:48	15:15	15:18	5:18
31	Customer 105	133,79	3:53	15:23	15:26	5:26
32	Customer 107	137,77	4:00	15:33	15:36	5:36
33	Customer 108	151,19	4:17	15:53	15:56	5:56
34	Customer 81	155,43	4:24	16:03	16:06	6:06
35	Customer 80	156,46	4:29	16:11	16:14	6:14
36	Customer 79	157,62	4:33	16:18	16:21	6:21
37	Customer 109	159,01	4:36	16:24	16:27	6:27
38	Depot	184,30	5:11	17:02		7:02

Vehicle:	HK2A	Stops:	40			
Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time
0	Depot	0,00	0:00		10:00	0:00
1	Customer 133	8,40	0:14	10:14	10:17	0:17
2	Customer 134	15,17	0:26	10:29	10:32	0:32
3	Customer 135	16,96	0:30	10:36	10:39	0:39
4	Customer 136	18,62	0:33	10:42	10:45	0:45
5	Customer 137	25,56	0:45	10:57	11:00	1:00
6	Customer 163	32,07	0:53	11:08	11:11	1:11
7	Customer 162	33,40	0:57	11:15	11:18	1:18
8	Customer 160	41,57	1:08	11:29	11:32	1:32
9	Customer 159	46,86	1:17	11:41	11:44	1:44
10	Customer 120	60,49	1:35	12:02	12:05	2:05
11	Customer 119	60,97	1:36	12:06	12:09	2:09
12	Customer 118	62,82	1:40	12:13	12:16	2:16
13	Customer 114	63,47	1:42	12:18	12:21	2:21
14	Customer 113	63,88	1:43	12:22	12:25	2:25
15	Customer 115	64,58	1:45	12:27	12:30	2:30
16	Customer 116	66,55	1:53	12:38	12:41	2:41
17	Customer 117	69,09	2:05	12:53	12:56	2:56
18	Customer 122	71,62	2:13	13:04	13:07	3:07
19	Customer 121	73,58	2:19	13:13	13:16	3:16
20	Customer 123	76,43	2:25	13:22	13:25	3:25
21	Customer 158	83,38	2:33	13:33	13:36	3:36
22	Customer 157	89,79	2:41	13:44	13:47	3:47
23	Customer 156	98,09	2:51	13:57	14:00	4:00
24	Customer 155	99,58	2:55	14:04	14:07	4:07
25	Customer 154	111,33	3:12	14:24	14:27	4:27
26	Customer 153	128,37	3:38	14:53	14:56	4:56
27	Customer 152	131,77	3:45	15:03	15:06	5:06
28	Customer 151	133,64	3:49	15:10	15:13	5:13
29	Customer 150	135,53	3:53	15:17	15:20	5:20
30	Customer 149	147,96	4:11	15:38	15:41	5:41
31	Customer 148	150,12	4:15	15:45	15:48	5:48
32	Customer 146	157,84	4:27	16:00	16:03	6:03
33	Customer 145	159,41	4:31	16:07	16:10	6:10
34	Customer 147	160,67	4:35	16:14	16:17	6:17
35	Customer 144	161,19	4:38	16:20	16:23	6:23
36	Customer 142	161,81	4:40	16:25	16:28	6:28
37	Customer 143	162,22	4:42	16:30	16:33	6:33
38	Customer 138	179,96	5:02	16:53	16:56	6:56
39	Customer 139	182,99	5:09	17:03	17:06	7:06
40	Depot	207,29	5:44	17:41		7:41



Vehicle:	HK3A	Stops:	24			
Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time
0	Depot	0,00	0:00		10:00	0:00
1	Customer 78	18,18	0:28	10:28	10:31	0:31
2	Customer 82	38,97	0:53	10:56	10:59	0:59
3	Customer 83	40,42	0:57	11:03	11:06	1:06
4	Customer 93	44,14	1:06	11:15	11:18	1:18
5	Customer 92	48,42	1:17	11:29	11:32	1:32
6	Customer 91	49,42	1:22	11:37	11:40	1:40
7	Customer 99	57,93	1:37	11:55	11:58	1:58
8	Customer 100	63,09	1:44	12:05	12:08	2:08
9	Customer 98	68,41	1:55	12:19	12:22	2:22
10	Customer 97	68,76	1:57	12:24	12:27	2:27
11	Customer 96	70,44	2:03	12:33	12:36	2:36
12	Customer 95	73,49	2:10	12:43	12:46	2:46
13	Customer 94	77,39	2:17	12:53	12:56	2:56
14	Customer 90	92,85	2:35	13:14	13:17	3:17
15	Customer 89	93,81	2:37	13:19	13:22	3:22
16	Customer 88	96,22	2:43	13:28	13:31	3:31
17	Customer 87	108,41	3:01	13:49	13:52	3:52
18	Customer 86	124,50	3:23	14:14	14:17	4:17
19	Customer 85	126,15	3:28	14:22	14:25	4:25
20	Customer 84	129,65	3:36	14:33	14:36	4:36
21	Customer 141	141,24	3:52	14:52	14:55	4:55
22	Customer 140	142,95	3:54	14:57	15:00	5:00
23	Customer 161	149,43	4:05	15:11	15:14	5:14
24	Depot	174,18	4:37	15:46		5:46

Vehicle:	HK3C	Stops:	27			
Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time
0	Depot	0,00	0:00		10:00	0:00
1	Customer 73	12,84	0:26	10:26	10:29	0:29
2	Customer 71	25,24	0:46	10:49	10:52	0:52
3	Customer 40	56,28	1:22	11:28	11:31	1:31
4	Customer 46	59,33	1:29	11:38	11:41	1:41
5	Customer 48	66,71	1:39	11:51	11:54	1:54
6	Customer 44	66,71	1:39	11:54	11:57	1:57
7	Customer 45	68,84	1:44	12:02	12:05	2:05
8	Customer 43	72,45	1:51	12:12	12:15	2:15
9	Customer 42	75,01	1:58	12:22	12:25	2:25
10	Customer 41	75,27	2:00	12:27	12:30	2:30
11	Customer 39	76,36	2:05	12:35	12:38	2:38
12	Customer 38	78,34	2:11	12:44	12:47	2:47
13	Customer 47	80,15	2:17	12:53	12:56	2:56
14	Customer 37	81,34	2:19	12:58	13:01	3:01
15	Customer 23	96,47	2:39	13:21	13:24	3:24
16	Customer 21	121,04	3:13	13:58	14:01	4:01
17	Customer 20	122,31	3:18	14:06	14:09	4:09
18	Customer 12	136,61	3:41	14:32	14:35	4:35
19	Customer 19	139,77	3:49	14:43	14:46	4:46
20	Customer 22	146,54	4:00	14:57	15:00	5:00
21	Customer 15	159,55	4:20	15:20	15:23	5:23
22	Customer 24	169,07	4:37	15:40	15:43	5:43
23	Customer 27	176,02	4:45	15:51	15:54	5:54
24	Customer 26	177,83	4:49	15:58	16:01	6:01
25	Customer 69	187,49	5:02	16:14	16:17	6:17
26	Customer 68	189,29	5:07	16:22	16:25	6:25
27	Depot	216,10	5:42	17:00		7:00

Zdroj: VRP Spreadsheet Solver (2017)



**Příloha C** Počet ujetých km a odpracovaných hodin dopravce od 1. 12. 2016 do 31. 12. 2016

<b>Datum</b>	<b>Odpracované hodiny (h)</b>	<b>Ujeté kilometry (km)</b>
1. 12	170	3:41
2. 12	96	2:27
5. 12	130	2:57
6. 12	124	2:50
7. 12	166	3:36
8. 12	180	4:29
9. 12	145	2:58
12. 12	157	3:21
13. 12	173	3:43
14. 12	157	3:17
15. 12	175	3:52
16. 12	165	3:32
19. 12	166	3:34
20. 12	190	4:25
21. 12	164	3:49
22. 12	171	3:43
23. 12	170	3:28
27. 12	88	1:52
28. 12	73	1:41
29. 12	0	0
30. 12	0	0
<b>Celkem</b>	<b>2 865</b>	<b>63:15</b>

Zdroj: DHL (2016)