ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA EKONOMICKÁ

Bakalářská práce

Posouzení efektivnosti podnikové dopravy při rozvozu zboží zákazníkům

Assessment of the effectiveness of corporate services for delivery of goods to customers

Radka Bártová

Cheb 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „*Posouzení efektivnosti podnikové dopravy při rozvozu zboží zákazníkům*“ vypracovala samostatně pod odborným dohledem vedoucího bakalářské práce za použití pramenů uvedených v přiložené bibliografii.

V Chebu dne 24.4.2015 ……………

podpis autora

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu své bakalářské práce doc. Dr. Ing. Miroslavu Plevnému za rady a názory, které mi dal, a za čas, jenž mi při zpracovávání práce věnoval.

Také bych ráda poděkovala jednateli firmy OVIP s.r.o. Josefu Šornovi za poskytnutí veškerých informací důležitých k vyhotovení bakalářské práce.

Obsah

Úvod

Doprava zboží zákazníkům je v dnešní době součástí služeb poskytovaných firmami při samotném nákupu zboží. Tvoří tak běžnou činnost mnoha firem, a proto je důležité, aby jí byla věnována dostatečná pozornost, neboť i takto zdánlivě jednoduchá činnost může firmám při správné organizaci ušetřit nemalé množství finančních prostředků na dopravu.

Cílem této bakalářské práce je **analyzovat způsob stanovování tras vozidel při rozvozu zboží zákazníkům a zároveň navrhnout způsob alternativní**. K tomu je ale potřeba dosáhnout několika dílčích cílů, mezi něž patří:

- analýza jednotlivých tras sestavovaných daným podnikem,
- návrh nového způsobu sestavování tras,
- vyhodnocení nově navrženého způsobu sestavování tras,
- návrh opatření pro daný podnik.

Celou bakalářskou práci tvoří dvě hlavní části – část teoretická a praktická.

Teoretická část práce je zaměřena nejprve na logistiku s popisem jejího cíle a předmětu. Další část se zabývá distribučním systémem, kde je vysvětlen samotný pojem „distribuce“. Jsou zde také popsány základní distribuční problémy. Dále jsou také uvedeny jak okružní, tak rozvozní úlohy, větší pozornost je však věnována úlohám rozvozním.

Praktická část je zpracovávána ve společnosti OVIP s.r.o., zabezpečující prodej a rozvoz alkoholických a nealkoholických nápojů. V úvodu si zmíněný podnik představíme a poté provedeme analýzu skutečných tras sestavovaných podnikem podle objednávek. Na základě této analýzy se pak pokusíme navrhnout nový způsob plánování tras, který by mohl mít pro firmu přínos v podobě úspor nákladů. V neposlední řadě pak zhodnotíme nově navržené trasy, příp. představíme návrh nových opatření pro firmu.

Závěr je zhodnocením, zda byly splněny námi stanovené cíle.

1 Logistika

Pojem „logistika“ pochází z řeckého slova „logos“, což v překladu znamená „rozum, řeč nebo slovo“.

V literatuře existuje pro logistiku velmi mnoho definic. My si jako příklad uvedeme dvě:

- „*Logistika je vědní disciplína zabývající se koordinací, synchronizací a celkovou optimalizací všech na sebe navazujících činností nevýrobního charakteru, které jsou potřebné k pružnému a hospodárnému dosažení daného efektu.*“ [12]
- *Řízený hmotný tok výrobních a oběhových procesů v odvětvích národního hospodářství a mezi nimi s cílem největší efektivnosti.*“ [13]

Logistiku je z metodického hlediska možné dělit na:

- zásobovací,
- výrobní,
- distribuční. [1]

1.1 Předmět a cíl logistiky

Cílem logistiky je doručit správné zboží ve správné kvalitě na správné místo ve správném čase s minimálními náklady.

Logistika se zabývá materiálovým a informačním tokem. Materiálový tok si můžeme představit jako pohyb zboží z místa výroby do místa spotřeby, zatímco informační tok je pohybem informací z místa vzniku do místa potřeby.

Předmětem logistiky je tedy doprava, manipulace a skladování výrobků (či materiálu, polotovarů apod.) až ke konečnému zákazníkovi.

1.2 Logistický řetězec

Základem logistiky je logistický řetězec. Zahrnuje hmotnou a nehmotnou stránku, přičemž ta hmotná spočívá v přemisťování osob či věcí, kdežto nehmotná stránka se zabývá přemisťováním informací.

Logistický řetězec lze definovat jako soubor na sebe navazujících činností, jež jsou nezbytné k dosažení daného efektu (uspokojení potřeby konečného článku). Zmíněnými činnostmi rozumějme provázané operace, jež začínají zajištěním poptávky po daném zboží a končí doručením zboží zákazníkovi.

2 Distribuční systém

2.1 Pojem „distribuce“

Slovo „distribuce“ pochází z latinského slova „dis-tribuere“ – rozdělovat.

Distribuce zahrnuje všechny procesy od odbytového skladu až po dodání na místo spotřeby konečnému zákazníkovi.

Z terminologického hlediska je možné rozlišit pojmy „distribuce“ a „fyzická distribuce“.

Distribuce představuje proces, kterým se zboží (nebo služba) dostává k zákazníkovi na správné místo, ve správném množství, správném čase a v požadované kvalitě.

Fyzická distribuce je soubor činností souvisejících s fyzickým pohybem zboží. Patří sem tedy objednávání zboží, manipulace se zbožím, skladování a řízení zásob, balení a třídění a doprava.

2.2 Doprava

Z předchozí části je zřejmé, že distribuce zahrnuje několik činností. Její podstatou je však především doprava. Podle Sixty a Mačáta [13, s.161] doprava představuje *„záměrnou pohybovou činnost, která spočívá v přemisťování věcí nebo osob prostřednictvím pohybu dopravních prostředků po dopravních cestách“*.

Při rozhodování o dopravě jsou často kladeny otázky související s volbou dopravních prostředků a využitím vlastní nebo cizí dopravy. Významnými hledisky, která hrají podstatnou roli při výběru dopravních prostředků, jsou vlastnosti zboží, velikost přepravovaného objemu, dopravní a skladovací náklady, náklady na balení či možné penále a pokuty. Využití vlastní či cizí dopravy naopak ovlivňuje existence odbytových skladů, jejich počet a druh, náklady a nezávislost vlastního vozového parku.

2.3 Distribuční řetězec

Částí již zmíněného logistického řetězce je také distribuční řetězec – lze ho popsat jako *„část logistického řetězce, která začíná okamžikem, kdy výrobek opustí výrobní podnik a končí u konečného zákazníka*“. [6, s. 62]

Každý distribuční řetězec je charakteristický svou délkou a rozsahem. Délkou chápeme počet distribučních stupňů mezi výrobcem a zákazníkem, zatímco za rozsah považujeme počet účastníků, již se podílejí na distribuci na daném stupni. [6]

V souvislosti s délkou distribučního řetězce dělíme distribuci na

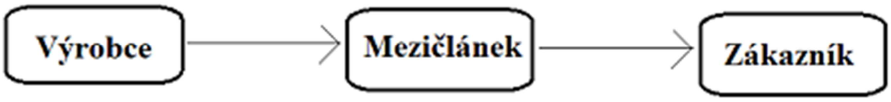
- přímou distribuci – zboží se dostává od výrobce přímo k zákazníkovi, a

  Obr. č.1 – Přímá distribuce

  Zdroj: vlastní zpracování
- nepřímou distribuci – zboží se dostává od výrobce k zákazníkovi prostřednictvím jednoho či více mezičlánků (prostředníci, zprostředkovatelé a podpůrné distribuční mezičlánky).

Obr. č. 2 – Nepřímá distribuce



Zdroj: vlastní zpracování

Distribuční řetězec plní velmi důležité funkce, mezi něž patří:

- skladovací funkce – vyrovnává rozdíly mezi nabídkou a poptávkou,
- vychystávací funkce – kompletuje jednotlivé zásilky pro zákazníky,
- konsolidační funkce – seskupuje zásilky pro více zákazníků,
- manipulační funkce – souvisí zejména s nakládkou a vykládkou,
- přepravní funkce – umožňuje dopravu z místa výroby do místa spotřeby,
- komunikační funkce – zabezpečuje výměnu informací nezbytnou pro uskutečnění distribučního procesu. [1]

2.4 Distribuční strategie

Mezi základní rozhodnutí v rámci celkové distribuce patří výběr vhodné distribuční strategie. V praxi je její volba závislá na mnoha faktorech, kterými jsou např. druh výrobku, typ zákazníka, umístění skladů, četnost nákupu/prodeje či použité dopravní prostředky.

Dle rozsahu distribuce rozlišujeme

- intenzivní distribuci, kdy je výrobek prodáván v co největším počtu maloobchodů a velkoobchodů (např. potraviny),
- selektivní distribuci, kdy je možné produkt koupit pouze ve vybraných prodejnách (zboží dlouhodobé spotřeby), a
- exkluzivní distribuci, kdy se výrobek prodává jen v určitém regionu nebo na jednom prodejním místě (luxusní zboží). [7]

Z hierarchického hlediska pak můžeme rozeznávat tři úrovně řízení distribuce:

- strategická úroveň – řeší zejména návrh distribučního systému,
- taktická úroveň – jejím úkolem je zajistit efektivní využívání všech prvků navržených v přechozím typu řízení pomocí střednědobého a krátkodobého plánování,
- operativní úroveň – zabývá se úkoly vyplývajícími z odchylek od stanoveného plánu. [8]

2.5 Distribuční problémy

Jak již bylo zmíněno v úvodu, doprava zboží zákazníkům představuje dnes už běžnou náplň práce mnoha firem, a proto je důležité jednotlivé trasy sestavovat s rozmyslem na základě několika faktorů (např. čas, kapacita vozidel, vzdálenost mezi jednotlivými místy apod.), které jsou v danou chvíli velmi podstatné. V souvislosti s tím existuje několik skupin úloh zabývajících se touto problematikou, jež se souhrnně nazývají distribuční problémy (příp. úlohy).

Distribuční problémy představují samostatnou skupinu úloh lineárního programování, které řeší distribuci určité komodity. Mezi základní distribuční problémy patří

- dopravní problém – cílem této úlohy je nalézt nejvýhodnější způsob přepravy ze stanoveného počtu zdrojů s určitými kapacitami na místa, kde jsou zákazníci s danými požadavky;

- přiřazovací problém – typ úlohy, jež se zabývá jednoznačným přiřazením prvků jedné množiny prvkům druhé množiny;
- lokačně – alokační úlohy – v těchto úlohách rozhodujeme o optimálním počtu a umístění středisek a o následném přiřazení zákazníků zmíněným střediskům;
- rozvozní úlohy – jde o úlohy rozvozu (i svozu) zboží či materiálu (patří do nich jak úloha obchodního cestujícího či úloha čínského pošťáka, tak i úlohy okružních jízd).

3 Okružní a rozvozní úlohy

3.1 Klasifikace úloh

Každá z úloh se může lišit svou podobou. V případě okružních a rozvozních úloh existuje několik podstatných znaků, které tyto dvě skupiny úloh rozlišují. Patří mezi ně:

- **znalost zákazníků** - tento znak dělí dále jednotlivé úlohy na statické a dynamické, přičemž statické jsou ty úlohy, kde jsou předem známi všichni zákaznici, kdežto u dynamických úloh přicházejí další požadavky zákazníků až po výjezdu vozidel;
- **velikost požadavků a kapacita vozidel –** na základě tohoto znaku je možné rozlišit úlohy okružní a rozvozní; okružní úlohy neuvažují velikost požadavků, zatímco u rozvozních úloh zadány jsou; důležitá pro rozvozní úlohy je také kapacita vozidla.;
- **počet a umístění vozidel –** podstatné je, zda existuje jedno, či více výchozích míst;
- **cíl optimalizace –** každý typ úlohy má svůj specifický cíl. [14]

3.2 Okružní úlohy

Úlohu považujeme za okružní tehdy, pokud neuvažujeme velikost požadavků zákazníků (co se týče objemu či hmotnosti).

3.2.1 Úloha obchodního cestujícího

Úloha obchodního cestujícího je nejznámější úlohou v souvislosti s optimalizací tras vozidel.

Cílem této úlohy je nalézt nejkratší cestu při navštívení všech zákazníků právě jednou a následném návratu zpět do výchozího místa.

„Problém obchodního cestujícího je formulován takto: Je dána množina M a pro každé dva její prvky x, y je dáno číslo $d(x, y)$*, které budeme nazývat vzdáleností x a y. Cílem je určit, v jakém pořadí má obchodní cestující projet prvky množiny M („města“) tak, aby prošel každým městem právě jednou a pak se vrátil do místa, kde cestu začal, a urazil při tom vzdálenost co možná nejmenší.*

Jinými slovy, hledáme uspořádání prvků množiny M do posloupnosti $x_1, \dots, x_n$, která obsahuje každý z prvků M právě jednou, a takové, že součet

$d(x_1, x_2) + d(x_2, x_3) + \cdots + d(x_{n-1}, x_n) + d(x_n, x_1)$ *je nejmenší možný.“* [5]

3.2.1.1 Matematický popis úlohy obchodního cestujícího

Obecná formulace tohoto modelu může vypadat takto:

$$minimalizovat\ z = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij}, \tag{1}$$

$za\ podmínek$:

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1,\ \ i = 1,2, \dots n \tag{2}$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1,\ \ j = 1,2, \dots n \tag{3}$$

$$u_i - u_j + n x_{ij} \leq n - 1,\ \ i = 1,2, \dots n,\ \ j = 2,3, \dots n \tag{4}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\},\ \ i, j = 1,2, \dots n \tag{5}$$

$$u_i \geq 0,\ \ i = 1,2,3, \dots n \tag{6}$$

Přičemž n představuje počet míst, jimiž musí vozidlo projet, c_{ij} značí vzdálenost mezi místy i a j, x_{ij} je bivalentní proměnná nabývající hodnot 1 (vozidlo pojede z místa i do místa j) a 0 (vozidlo nepojede z místa i do místa j).

První dvě skupiny podmínek (2) a (3) zajišťují, že místo bude navštíveno právě jednou, zatímco následující soustava podmínek (4) obsahující proměnné u_i zamezuje vytváření parciálních cyklů. Pro veškeré dvojice míst i a j nemusí platit rovnost $c_{ij} = c_{ji}$. [4]

3.2.1.2 Statická úloha obchodního cestujícího

Jak již bylo zmíněno, tato úloha může mít podobu statickou či dynamickou.

Statická úloha obchodního cestujícího spočívá ve znalosti všech parametrů a existenci pouze jednoho výchozího místa, z nějž vozidlo obsluhuje požadavky zákazníků a poté se do něj opět vrací. Vzhledem k cíli této úlohy (nalézt nejkratší okruh) je předpokladem také znalost matice nejkratších vzdáleností mezi všemi místy.

3.2.1.3 Dynamická úloha obchodního cestujícího

Dynamická úloha obchodního cestujícího se od předchozí podoby úlohy liší tím, že v průběhu jízdy může kdykoli přijít nový požadavek, případně může být plánovaný požadavek zrušen.

Tuto situaci vozidlo řeší tak, že nový požadavek, přicházející náhodně, přijme a vhodně ho zařadí do zbývající části okruhu. Je tedy zřejmé, že je zapotřebí znát místo, kde se vozidlo v daném okamžiku nachází, vzdálenost mezi jednotlivými místy a dobu trvání přejezdu mezi nimi. [4]

3.3 Rozvozní úlohy

Rozvozní úlohy se od okružních úloh liší tím, že pracujeme s jinou než nulovou či zanedbatelnou velikostí požadavků zákazníků. Jak již vyplývá z názvu, jedná se o úlohy rozvozu zboží či materiálu, avšak zařazujeme sem i úlohy svozu (například palet, odpadu či elektroniky).

Rozvozní úlohy mohou mít různou podobu. Lišit se mohou například v počtu vozidel. V některých úlohách se využívá pouze jedno vozidlo, zatímco v jiných je potřeba zapojit vozidel několik, přičemž tato vozidla mohou být umístěna v jednom nebo více centrech (výchozích místech). [4]

V případě, že je obsluha požadavků zákazníků prováděna z jednoho centra, je možné rozlišit úlohy dvojího typu:

- úlohy s vyššími požadavky zákazníků než je kapacita vozidla – v tomto případě jde o jízdy pouze k jednomu zákazníkovi (tzv. kyvadlové jízdy – jízdy tam a zpět);
- úlohy s nižšími požadavky zákazníků než je kapacita vozidla – jedná se o náklad pro více než jednoho zákazníka a již je třeba řešit problém, jak uspořádat jednotlivé trasy (do tohoto typu úloh patří např. úloha okružních jízd).

Dalším faktorem, který může měnit podobu rozvozních úloh, je reakce firem na požadavky zákazníků. Z tohoto pohledu rozlišujeme úlohy statické (zákazníci a jejich požadavky jsou známy) a dynamické (zákazníci a jejich požadavky nejsou předem známy).

Dalšími hledisky, která je třeba zmínit, jsou čas, vzdálenost, již vozidla ujedou, a cíl, kterého chceme řešením úlohy dosáhnout. [4]

3.3.1 Úloha okružních jízd

Úloha okružních jízd, známá jako VRP (Vehicle Routing Problem) je jednou z úloh lineárního programování, která se využívá pro určování tras vozidel, vykonávajících samotnou obsluhu zákazníka.

Cílem této úlohy je obsloužit všechny požadavky zákazníků tak, aby trasa vozidel, která obsluhu vykonávají, začínala a končila v depu, a aby náklady na rozvoz (či svoz) zboží byly minimální. Podmínkou však je, aby byl každý ze zákazníků navštíven právě jednou.

Každá z úloh disponuje svými charakteristickými rysy, jež vymezují její konečnou podobu. Tyto rysy také popsal Janáček [3, s. 163 - 164]:

A. Čas uspokojování požadavků
    - čas je přesně určen,
    - čas je dán časovým intervalem,
    - čas není určen.
B. Počet středisek
    - jedno středisko – předpokládáme, že zákazníci jsou obsluhováni z jednoho střediska,
    - více než jedno středisko – uvažujeme, že požadavky zákazníků jsou obsluhovány z více středisek.
C. Velikost dopravního parku
    - jedno vozidlo – dopravní park je tvořen pouze jedním vozidlem,
    - více vozidel – v dopravním parku se nachází více vozidel,
    - neomezený počet vozidel – počet vozidel dopravního parku není nijak omezený.
D. Typ dopravního parku
    - homogenní – předpokládáme, že všechna využívaná vozidla jsou stejného typu,
    - heterogenní – vozový park má několik druhů dopravních prostředků.

E. Povaha požadavků
   - deterministické – požadavky zákazníků jsou předem dány,
   - stochastické – požadavky zákazníků nejsou předem známy, přichází náhodně.

F. Poloha požadavků v dopravní síti
   - v uzlech – tzn. v jednotlivých místech,
   - na úsecích – na určitých částech dopravní sítě,
   - v uzlech a na úsecích – kombinace dvou předchozích.

G. Typ dopravní sítě
   - neorientovaná – silniční síť, jež neobsahuje jednosměrné silnice,
   - orientovaná – silniční síť, která je tvořená silničními pruhy,
   - smíšená – silniční síť zahrnující i jednosměrné silnice.

H. Maximální doba pro projetí jedné trasy
   - stejná pro všechna vozidla – předpoklad, že všechny vozidla jsou stejného typu,
   - každé vozidlo má obecně jinou dobu,
   - není zadána.

I. Operace prováděné u zákazníků
   - pouze nakládka – jde o rozvoz zboží zákazníkům,
   - pouze vykládka – týká se svozu zboží od zákazníků,
   - obě operace.

J. Kritérium kvality řešení
   - minimální součet ohodnocení úseků projetých vozidly (např. délka trasy, pracovní doba nebo spotřeba pohonných hmot),
   - minimální počet tras,
   - smíšené kritérium,
   - minimaxové kritérium.

Podle zmíněných charakteristik můžeme rozlišit několik variant úloh okružních jízd. Nejdůležitější varianty těchto úloh jsou popsány v následující části práce.

3.3.1.1 Formulace úlohy okružních jízd

Podle Janáčka [3, s. 24 - 25**]** lze úlohu okružních jízd zformulovat takto:

„K dispozici je náhradní dopravní síť s maticí vzdáleností {d_{ij}} mezi jednotlivými objekty sítě $J' = J \cup \{s\}$, kde J je množina zákazníků s aktuálními denními požadavky b_j a kde s je umístění skladu, z něhož mají být zákazníci zásobováni okružními jízdami vozidel. K dispozici je množina vozidel R, kde každé vozidlo $r \in R$ má kapacitu K_r. Každé vozidlo může být použito nejvýše jednou a v případě, že je použito, vyjíždí a vrací se do skladu s.“

Hledáme tedy takovou množinu tras vozidel, aby celková délka těchto tras byla minimální, aby každý zákazník byl navštíven právě jednou a zároveň nebyla překročena maximální kapacita vozidla. [3]

Po zavedení proměnné $x_{ijr} \in \{0,1\}$ nabývající hodnoty 0 v případě, že vozidlo nepojede z místa *i* do místa *j* a hodnoty 1 v případě, že ano, bude formulace úlohy vypadat následovně:

$$minimalizovat \sum_{r\in R}\sum_{i\in J'}\sum_{\substack{j\in J'\\ j\neq i}} d_{ij}x_{ijr} \tag{7}$$

$$\sum_{r\in R}\sum_{\substack{j\in J'\\ j\neq i}} x_{ijr} = 1 \qquad pro\ i \in J \tag{8}$$

$$\sum_{\substack{i\in J'\\ i\neq j}} x_{ijr} = \sum_{\substack{i\in J'\\ i\neq j}} x_{jir} \qquad pro\ j \in J', r \in R \tag{9}$$

$$\sum_{j\in J} b_j \sum_{\substack{i\in J'\\ i\neq j}} x_{ijr} \leq K_r \qquad pro\ r \in R \tag{10}$$

$$\sum_{j\in S}\sum_{\substack{i\in S\\ i\neq j}} x_{ijr} \leq |S| - 1 \qquad pro\ r \in R, S \subseteq J, |S| \geq 2 \tag{11}$$

$$x_{ijr} \in \{0,1\} \qquad pro\ r \in R, i \in J', j \in J', i \neq j \tag{12}$$

Výraz (7) vyjadřuje délku uskutečněných tras, podmínka (8) zajišťuje, že každé místo i z množiny J bude navštíveno právě jednou, podmínka (9) zabezpečuje, že každé vozidlo r, které pojede do místa j, z něj také odjede, podmínka (10) zajišťuje, že nebude překročena kapacita vozidla, podmínky (11) představují tzv. anticyklické podmínky, jež říkají, že mezi uzly dané podmnožiny můžeme jet méněkrát, než kolik jich v dané podmnožině je, poslední podmínka (12) nám říká, že proměnná x_{ijr} může nabývat pouze hodnot 0, 1.

3.3.1.2 Typy úlohy okružních jízd

- **Kapacitně omezená úloha okružních jízd**

Varianta této úlohy respektuje omezení kapacity jednotlivých vozidel. Rozvoz zboží je tedy prováděn množinou vozidel s danou kapacitou z jednoho či více výchozích míst (center). Předem dané jsou také vzdálenosti jednotlivých zákazníků od centra i mezi zákazníky navzájem a jejich požadavky. Úloha je vyřešena tehdy, pokud jsou sestaveny jednotlivé okruhy tak, aby nebyly překročeny kapacity vozidel uskutečňujících rozvoz a zároveň byly obslouženy všechny požadavky zákazníků s minimálními náklady. [9]

- **Úloha okružních jízd s časovými okny**

Tato varianta je rozšířením původní varianty úlohy o tzv. časová okna, která představují předem stanovené časové intervaly, ve kterých je možné jednotlivé zákazníky navštívit.

- **Úloha se současným svozem i rozvozem**

Tato úloha je opět variantou původní úlohy, rozdíl však spočívá v tom, že jednotlivá vozidla mohou uskutečňovat zároveň svoz i rozvoz. I zde je však zapotřebí respektovat jednotlivá omezení kapacity vozidel.

- **Úloha s více depy**

V případě varianty úlohy s více depy přepokládáme existenci více center, kterým je přidělen určitý počet vozidel. Cíl této úlohy spočívá v obsluze množiny zákazníků s co nejnižšími náklady tak, aby se každé vozidlo vrátilo zpět do svého výchozího centra.

3.3.2 Metody řešení úlohy okružních jízd

Vyřešit úlohu znamená obsloužit všechny zákazníky s minimálními náklady.

K řešení tohoto typu úloh nám mohou pomoci různé metody se svými charakteristickými rysy. Tyto metody lze rozdělit do dvou skupin.

3.3.2.1 Exaktní metody

První skupinou jsou **exaktní metody**, které využívají poznatků exaktních vědních oborů (zejména matematiky). Aplikace těchto metod vede k nalezení optimálního řešení. Jako příklad patřící do této skupiny můžeme uvést metodu větví a hranic (branch and bound) nebo metodu větví a řezů (branch and cut). My se v této práci budeme zabývat zejména další zmíněnou skupinou metod.

3.3.2.2 Heuristické metody

Druhou skupinu tvoří **heuristické metody** založené zčásti na subjektivním úsudku, jehož výsledky se následně zpracovávají podle exaktních postupů. Jejich časté využití lze zdůvodnit zejména tím, že jsou poměrně rychlé a jednoduché. Je však nutné zmínit, že vždy nezaručují nalezení nejlepšího řešení.

Níže uvedené členění heuristických metod je rozděleno do sedmi skupin dle Janáčka [3, s. 192 - 193].

- **Metody primárního shlukování**

Tyto metody spočívají v tom, že nejdříve vynechají podmínky spojené s trasou vozidla a zabývají se pouze rozdělením zákazníků do shluků, ve kterých se již řeší další fáze metody - úloha obchodního cestujícího.

V případě této skupiny metod je třeba zmínit, že jejich řešení je vhodné pro úlohy okružních jízd s homogenním dopravním parkem.

Nejznámějším algoritmem těchto metod je stírací algoritmus (Sweep Algorithm).

- **Metody primárního trasování**

Metody této skupiny jsou založeny na uvolnění kapacitních omezení vozidel, čímž se dostanou k řešení úlohy obchodního cestujícího. Další fáze spočívá v úpravě získané trasy tak, abychom dostali více okružních jízd, které již musí být v souladu s omezenou kapacitou vozidel.

- **Metody výhodnostních koeficientů a vkládání**

Řešení těchto metod může být založeno na primárním i duálním principu. V prvním případě je nové přípustné řešení nalezeno při spojení dvou (příp. více) okružních jízd v jednu, zatímco v případě druhém je trasa stavěna tak, že se po sobě vsouvají zákazníci do nynější nepřípustné trasy. Pro oba případy je lokálním kritériem (výhodnostním koeficientem) hodnota koeficientu, jenž odhaduje důsledky výběru pro hodnotu účelové funkce.

Nejznámější metodou výhodnostních koeficientů je Clark – Wrightova metoda**,** jež bude přiblížena níže.

- **Výměnné metody**

Tyto metody spočívají ve vyjmutí určité části trasy a jejím následném vsunutí na jiné místo.

- **Metody využívající matematického programování**

V první fázi těchto metod jde opět o zanedbání některých podmínek přípustnosti a následné rozložení úlohy na dvě jednodušší podúlohy, jež poté řeší prostředky matematického programování.

- **Interaktivní metody**

Tento případ není samostatnou metodou řešení úlohy okružních jízd. Jde spíše o vhodné doplnění metod o možnost zásahu uživatele do průběhu výpočtu, případně pouze do konečného tvaru výsledné trasy.

- **Přesné (exaktní) metody**

Skupina těchto metod je často založena na principu větví a hranic či na principu větví a řezů. [3]

3.3.2.3 Clark – Wrightova metoda

Princip této metody spočívá ve sdružování dvou tras $(V_0 - V_i - V_O)$ a $\left(V_0 - V_j - V_0\right)$ do jedné podle tzv. výhodnostního koeficientu, který získáme ze vztahu $v_{ij} = c_{i0} + c_{j0} - c_{ij}$, přičemž c_{i0} označuje vzdálenost uzlu V_i a výchozího uzlu V_0, c_{j0} vzdálenost z uzlu V_j do výchozího uzlu V_0 a c_{ij} vzájemnou vzdálenost uzlů V_i a V_j. Sdružujeme vždy ty dvě trasy, jež mají nejvyšší výhodnostní koeficient. Je však potřeba dbát na to, aby byly dodrženy všechny podmínky přípustnosti úlohy (nepřekročení kapacity vozidel a obsloužení každého zákazníka právě jednou). Zároveň v průběhu slučování tras kontrolujeme, zda nejsou porušeny další podmínky úlohy – např. doba trvání trasy, omezený počet vozidel apod.

Posloupnost jednotlivých kroků může být popsána takto:

„Krok 1. Podle vztahu $v_{ij} = c_{i0} + c_{j0} - c_{ij}$ vypočítej matici úspor. Inicializuj množinu aktivních uzlů $A = \{1, \ldots N\}$. Inicializuj množinu okružních jízd jízdami $O - j - O$, $j = 1, \ldots N$ se zátěžemi b_j a případně s jinými parametry.

Krok 2. Z matice $\left\{v_{ij}\right\}$ vyber největší kladnou hodnotu pro $i \in A$ a $j \in A$. Pokud takové v_{ij} neexistuje, konči. Současná množina okružních jízd je výsledkem algoritmu. V opačném případě jdi na krok 3.

Krok 3. Kontroluj, zda spojením uzlů i a j vznikne přípustná okružní jízda. Pokud nevznikne přípustná jízda, polož $v_{ij} = 0$ a jdi na krok 2. V opačném případě pokračuj krokem 4.

Krok 4. Aktualizuj množinu aktivních uzlů A vyjmutím uzlů i a j, pokud spojením jízd přestaly být krajními uzly cesty. Polož $v_{ij} = 0$. Aktualizuj množinu okružních jízd vyjmutím spojených jízd a vložením nové jízdy včetně aktualizace zátěže a jiných parametrů. Polož $v_{pz} = 0$ pro krajní uzly p, z nově vzniklé jízdy a jdi na krok 2“. [11, s. 252]

3.3.2.4 Stírací algoritmus

Stírací algoritmus patří do dekompozičních metod, založených na převedení úlohy okružních jízd na řešení několika úloh obchodního cestujícího. Podstatou je seskupení přepravců do shluků, ve kterých součet požadavků nepřekračuje kapacitu jednotlivých vozidel.

Algoritmus lze popsat jako rotaci pevně zvolené polopřímky s počátkem ve středisku. Každý z uzlů j je definován vzdáleností r_j od střediska a úhlem Φ_j svíraným spojnicí střediska a uzlu j, přičemž algoritmus postupně stírá jednotlivé uzly se zvyšující se hodnotou Φ_j do té doby, dokud součet požadavků zákazníků nepřekročí kapacitu vozidla. Všechny tyto uzly pak tvoří jeden shluk a vytváření dalšího shluku začíná prvním požadavkem zákazníka, který přesáhl volnou kapacitu daného shluku. Toto shlukování končí v okamžiku, kdy je do shluku přidán poslední zákazník. [11]

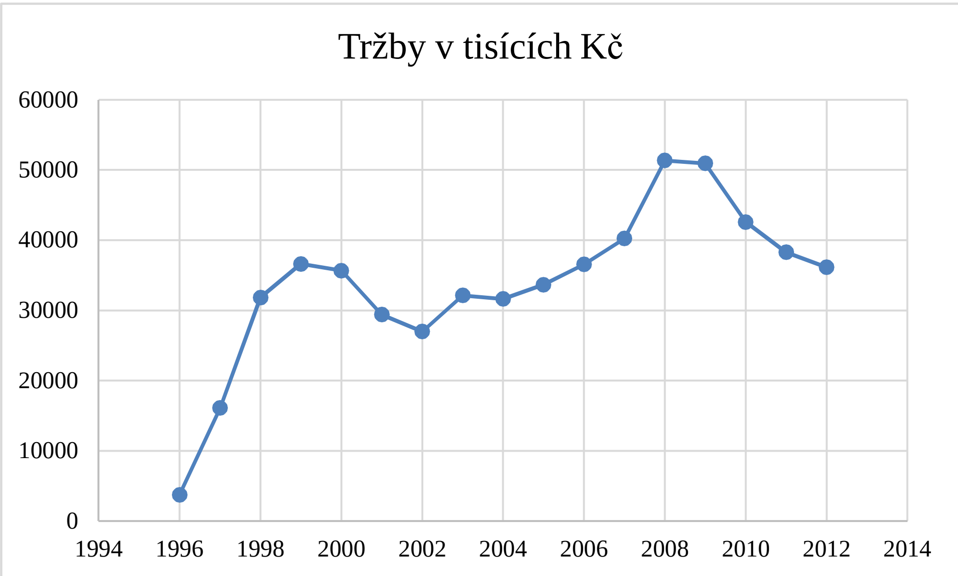
4 Představení podniku

4.1 Charakteristika společnosti

Firma OVIP s.r.o. byla založena 8. listopadu 1995 společenskou smlouvou dvou společníků. Předmětem podnikání se stala koupě zboží za účelem jeho dalšího prodeje a prodej v režimu živnosti volné. Sídlo společnosti se nachází v Chebu – Horních Dvorech. Základní kapitál společnosti, který představuje peněžité vklady zakladatelů, činil 100 000,- Kč.

12 let od založení se firma stala jedním z největších dodavatelů všech druhů alkoholických a nealkoholických nápojů, vín a tabákových výrobků v Karlovarském kraji. Tento fakt je doložen v následujícím grafu.

Graf. č. 1 – Tržby firmy za prodej zboží



Zdroj: účetní závěrky firmy

4.1.1 Nabízený sortiment

Jak již bylo zmíněno, firma OVIP s.r.o. nabízí široký sortiment nápojů a tabákových výrobků. Je také ochotná uspokojit speciální poptávku a dodat tak zákazníkům zboží, které běžně neobjednává.

V následující tabulce je zobrazený veškerý sortiment a jeho renomovaní výrobci a dodavatelé.

Tab. č. 1 – Výrobci a dodavatelé firmy OVIP s.r.o.

Pivo	Destiláty	Nelko nápoje	Cigarety	Víno
Krušovice	Jan Becher	Mattoni	Philip Morris ČR	Livi Dubňany
Bernard	Stock Plzeň	Coca - Cola	British American Tobaco	Gold Drink
Zlatý Bažant	Berentzen	Pepsi	Reemtsma	
Heineken	Brown - Forman	Kofola	JT International	
Pilsner Urquell	Maxximum	Tymbark + Maspex		
Budějovický Budvar	Drinks Union	Sodovkárna Příbram		
Gambrinus	Global Spirits			
Velkopopovícký Kozel	Dynybyl			
Amstel	Bohemia Sekt			
Starobrno	R. Jelínek			

Zdroj: vlastní zpracování

4.2 Charakteristika současného stavu distribuce

4.2.1 Dopravní park

Dopravní park společnosti tvoří čtyři vozidla – dvě vozidla značky Ford a dvě nedávno zakoupená vozidla značky Fiat. Jejich využití se odvíjí podle množství přepravovaného zboží – všechna vozidla mají maximální kapacitu 1600 kg. V následující tabulce jsou uvedeny jejich technické parametry.

Tab. č. 2 – Technické parametry vozidel

Značka	Ford	Fiat
Model	Tranzit	Ducato
Rok výroby	2005, 2009	2014
Spotřeba (l/100 km)	8,5	8,5
Palivo	Diesel	Diesel

Zdroj: Vlastní zpracování

4.2.2 Rozvoz zboží

Společnost OVIP s.r.o. rozváží zboží svým zákazníkům v Karlovarském kraji od pondělí do pátku (dle objednávek), a to obvykle od 8:00, příp. 8:30 hodin. Firma od zákazníků přijímá objednávky, na jejichž základě pak sestavuje jednotlivé trasy rozvozu zboží. Běžně jsou tedy požadavky předem známy.

5 Návrh rozvozu zboží zákazníkům

Na základě hledisek zmíněných v teoretické části a popisu činnosti firmy v kapitole 4 této práce je možné konstatovat, že úloha, která je předmětem této práce, spočívá v obsluze požadavků zákazníků z jednoho centra. Využívá se tří vozidel (nebylo nutné využití čtvrtého vozidla), přičemž požadavky zákazníků jsou nižší, než je kapacita těchto vozidel. Požadavky zákazníků jsou vždy známy před zahájením rozvozu zboží. Jedná se tedy o **kapacitně omezenou úlohu okružních jízd.**

Naším úkolem je vypočítat celkovou délku okružních tras tak, aby byly tyto trasy minimální a zároveň splňovaly všechny stanovené podmínky. Každá trasa musí zároveň začínat i končit ve skladu v Chebu – Horních Dvorech.

5.1 Současný způsob rozvozu

Pro účely této práce jsme analyzovali jízdy v průběhu jednoho vybraného týdne, tj. 5 pracovních dnů.

Na začátku každého dne jsou přijímány objednávky od zákazníků cca do 8:30 hod. Na základě těchto objednávek pak přepravci sami sestavují jednotlivé trasy.

Tab. č. 3 – Skutečné trasy

Den	Trasa	Počet km	Celkem km
1.	Cheb - Nové Sedlo - Hranice u Aše - Cheb	129,3	276,4
	Cheb - Habartov - Královské Poříčí - Loket - Cheb	69,5	
	Cheb - Třebeň - Lázně Kynžvart - Mariánské Lázně - Cheb	77,6	
2.	Cheb - Karlovy Vary - Luby - Cheb	109,3	317,4
	Cheb - Královské Poříčí - Chodov - Horní Slavkov - Cheb	90,4	
	Cheb - Františkovy Lázně - Aš - Lipová - Mariánské Lázně - Cheb	117,7	
3.	Cheb - Mariánské Lázně - Karlovy Vary - Cheb	120,3	305,2
	Cheb - Nové Sedlo - Královské Poříčí - Oloví - Kraslice - Cheb	105,9	
	Cheb - Františkovy Lázně - Hazlov - Libá - Dolní Žandov - Lipová - Cheb	79	
4.	Cheb - Královské Poříčí - Mariánské Lázně - Cheb	100,1	308,8
	Cheb - Horní Slavkov - Oloví - Kraslice - Cheb	120,8	
	Cheb - Aš - Vojtanov - Plesná - Luby - Cheb	87,9	
5.	Cheb - Karlovy Vary - Mariánské Lázně - Cheb	125,8	291,4
	Cheb - Kynšperk nad Ohří - Aš - Hranice u Aše - Cheb	95,4	
	Cheb - Františkovy Lázně - Hazlov - Libá - Plesná - Cheb	70,2	

Zdroj: vlastní zpracování

V tabulce č. 3 jsou znázorněny jednotlivé trasy pro každý den. Vždy byla využita tři vozidla s maximální kapacitou 1600 kg.

5.2 Nově navržené způsoby rozvozu

Nyní se budeme věnovat návrhu rozvozu zboží zákazníkům s ohledem na kapacitu jednotlivých vozidel. K tomu využijeme dvou metod – Clark – Wrightovy metody a stíracího algoritmu.

Pro obě zmíněné metody je potřeba nejdříve sestavit matici vzdáleností mezi místy jednotlivých zákazníků (tj. obcemi).

5.2.1 Clark – wrightova metoda

Podrobný popis rozvozu zboží zákazníkům touto metodou si ukážeme na příkladu 5. dne, kdy v původním způsobu rozvozu firmy byly realizovány následující trasy:

1. Cheb - Karlovy Vary - Mariánské Lázně – Cheb

2. Cheb - Kynšperk nad Ohří - Aš - Hranice u Aše – Cheb

3. Cheb - Františkovy Lázně - Hazlov - Libá - Plesná - Cheb

Nejdříve shrňme požadavky zákazníků, jež je nutné uspokojit. Ty jsou zřejmé z následující tabulky.

Tab. č. 4 – Požadavky zákazníků 5. dne

Obec	**Požadavek (kg)**
Karlovy Vary	850
Mariánské Lázně	350
Kynšperk nad Ohří	400
Aš	520
Hranice u Aše	370
Františkovy Lázně	690
Hazlov	220
Libá	150
Plesná	490

Zdroj: vlastní zpracování

Pro přehlednost si zavedeme také alternativní označení obcí, se kterým budeme nadále pracovat. U každého dne se označení jednotlivých obcí může lišit, neboť byl každý den propočítáván samostatně a bylo vždy zaváděno nové označení.

Tab. č. 5 – Označení obcí 5. dne

O_1	Aš
O_2	Františkovy Lázně
O_3	Hazlov
O_4	Hranice u Aše
O_5	Karlovy Vary
O_6	Kynšperk nad Ohří
O_7	Libá
O_8	Mariánské Lázně
O_9	Plesná
O_{10}	Cheb (sklad)

Zdroj: vlastní zpracování

Nyní si vytvoříme již zmiňovanou matici vzdáleností. Tu sestavíme pomocí www.maps.google.cz, kde vždy vyhledáme trasu z jednoho místa do druhého.

Tab. č. 6 – Matice vzdáleností mezi obcemi – 5. den

Km	$\mathbf{O_1}$	$\mathbf{O_2}$	$\mathbf{O_3}$	$\mathbf{O_4}$	$\mathbf{O_5}$	$\mathbf{O_6}$	$\mathbf{O_7}$	$\mathbf{O_8}$	$\mathbf{O_9}$	$\mathbf{O_{10}}$
$\mathbf{O_1}$	0	17,7	11,9	10,7	65,6	35,7	15,5	53,5	28,2	26,6
$\mathbf{O_2}$	17,7	0	7,3	27,5	47,3	17,4	11,7	35,2	13,8	8,3
$\mathbf{O_3}$	11,9	7,3	0	20,3	61,8	30,9	8,7	49,7	24,4	22,8
$\mathbf{O_4}$	10,7	27,5	20,3	0	72	45,5	25,4	63,3	32,6	37,1
$\mathbf{O_5}$	65,6	47,3	61,8	72	0	32,7	55,4	48,9	53,9	40,1
$\mathbf{O_6}$	35,7	17,4	30,9	45,5	32,7	0	27	25,7	22,6	10,1
$\mathbf{O_7}$	15,5	11,7	8,7	25,4	55,4	27	0	43,4	22,8	16,5
$\mathbf{O_8}$	53,5	35,2	49,7	63,3	48,9	25,7	43,4	0	52,6	31,3
$\mathbf{O_9}$	28,2	13,8	24,4	32,6	53,9	22,6	22,8	52,6	0	21,8
$\mathbf{O_{10}}$	26,6	8,3	22,8	37,1	40,1	10,1	16,5	31,3	21,8	0

Zdroj: vlastní zpracování

Matice je souměrná podle hlavní diagonály, takže vzdálenost z místa A do místa B je identická jako vzdálenost z místa B do místa A.

V této chvíli vytvoříme počáteční řešení naší úlohy, tzn. trasy z výchozího místa do jednotlivých obcí a následně zpět do výchozího místa. V tabulce č. 7 jsou uvedeny také požadavky zákazníků q a délky tras l.

Tab. č. 7 – Počáteční řešení 5. dne

Elementární trasy	q (kg)	l (km)
O_{10} - O_1 - O_{10}	520	53,2
O_{10} - O_2 - O_{10}	690	16,6
O_{10} - O_3 - O_{10}	220	45,6
O_{10} - O_4 - O_{10}	370	74,2
O_{10} - O_5 - O_{10}	850	80,2
O_{10} - O_6 - O_{10}	400	20,2
O_{10} - O_7 - O_{10}	150	33
O_{10} - O_8 - O_{10}	350	62,6
O_{10} - O_9 - O_{10}	490	43,6

Zdroj: vlastní zpracování

Pro výpočet koeficientu výhodnosti použijeme vzorec $v_{\mathrm{ij}} = c_{0\mathrm{i}} + c_{0\mathrm{j}} - c_{\mathrm{ij}}$. Například pro obce O_1 a O_2 bude výpočet následující: $v_{1,2} = 26{,}6 + 8{,}3 - 17{,}7 = 17{,}2$. Takto postupně získáme všechny hodnoty matice výhodnostních koeficientů.

Tab. č. 8 – Matice výhodnosti – 5. den

Km	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8	O_9
O_1	0	17,2	37,5	53	1,1	1	27,6	4,4	20,2
O_2	17,2	0	23,8	17,9	1,1	1	13,1	4,4	16,3
O_3	37,5	23,8	0	39,6	1,1	2	30,6	4,4	20,2
O_4	53	17,9	39,6	0	5,2	1,7	28,2	5,1	26,3
O_5	1,1	1,1	1,1	5,2	0	17,5	1,2	22,5	8
O_6	1	1	2	1,7	17,5	0	-0,4	15,7	9,3
O_7	27,6	13,1	30,6	28,2	1,2	-0,4	0	4,4	15,5
O_8	4,4	4,4	4,4	5,1	22,5	15,7	4,4	0	0,5
O_9	20,2	16,3	20,2	26,3	8	9,3	15,5	0,5	0

Zdroj: vlastní zpracování

Spojení obcí se záporným koeficientem by znamenalo zvýšení ceny daného okruhu. My tedy vyhledáme dvě obce (O_i,O_j) s nejvyšším kladným výhodnostním koeficientem.

Nyní můžeme začít se slučováním tras.

1.krok

Z tabulky č. 8 je zřejmé, že nejvyšší koeficient výhodnosti je mezi obcemi O_1 a O_4, konkrétně hodnota 53. Budeme tedy sdružovat trasu O_{10} - O_1 - O_{10} a O_{10} - O_4 - O_{10}.

Nejdříve si ověříme, zda je spojení možné tím, že sečteme požadavky zákazníků zmíněných obcí. Zároveň také sečteme délky tras z výchozího místa do obcí.

$q = 520 + 370 = 890$

Ověřili jsme si, že nebyla překročena kapacita vozidla, můžeme tedy spojit tyto trasy a vytvořit tak novou sdruženou trasu O_{10} - O_1 - O_4 - O_{10} a tabulku č. 7 doplníme o nové údaje, což je znázorněno v tab. č. 9.

Tab. č. 9 – Trasy po 1. kroku

Trasy	**q (kg)**	**l (km)**
O_{10} - O_1 - O_4 - O_{10}	890	74,3
O_{10} - O_2 - O_{10}	690	16,6
O_{10} - O_3 - O_{10}	220	45,6
O_{10} - O_5 - O_{10}	850	80,2
O_{10} - O_6 - O_{10}	400	20,2
O_{10} - O_7 - O_{10}	150	33
O_{10} - O_8 - O_{10}	350	62,6
O_{10} - O_9 - O_{10}	490	43,6

Zdroj: vlastní zpracování

Hodnoty výhodnostních koeficientů $v_{1,4}$ resp. $v_{4,1}$ položíme rovny nule.

2.krok

Nejvyšším koeficientem výhodnosti je nyní hodnota 39,6 pro obce O_3 a O_4. Budeme tedy spojovat trasy O_{10} - O_3 - O_{10} a O_{10} - O_1 - O_4 - O_{10}.

$q = 220 + 890 = 1110$

Součet požadavků zákazníků je nižší než kapacita vozidla, můžeme proto tyto trasy sloučit. Vznikne tedy nová sdružená trasa O_{10} - O_1 - O_4 - O_3 - O_{10} (viz tab. č. 10).

Tab. č. 10 – Trasy po 2. kroku

Trasy	**q (kg)**	**l (km)**
O_{10} - O_1 - O_4 - O_3 - O_{10}	1110	80,4
O_{10} - O_2 - O_{10}	690	16,6
O_{10} - O_5 - O_{10}	850	80,2
O_{10} - O_6 - O_{10}	400	20,2
O_{10} - O_7 - O_{10}	150	33
O_{10} - O_8 - O_{10}	350	62,6
O_{10} - O_9 - O_{10}	490	43,6

Zdroj: vlastní zpracování

Vynulujeme hodnoty výhodnostních koeficientů $v_{3,4}$ a $v_{4,3}$. Zároveň vidíme, že již s obcí O_4 nemůžeme spojovat žádné další obce, neboť sdružovat lze pouze krajní uzly tzn. ty, které jsou přímo spojeny se skladem. Proto vynulujeme i všechny další výhodnostní koeficienty obsahující obec 4.

3.krok

Nejvyšší hodnotu v tabulce výhodnosti mají obce O_1 a O_3, konkrétně 37,5. Z tabulky č. 10 ale vidíme, že tato dvě místa již byla sdružena v předchozím kroku, všechny trasy tudíž zůstávají po 3. kroku stejné.

4.krok

Dalším nejvýhodnějším spojením by podle tabulky č. 8 mohlo být sdružení obcí s číslem 3 a 7 s hodnotou 30,6. Spojíme tedy trasy O_{10} - O_1 - O_4 - O_3 - O_{10} a O_{10} - O_7 - O_{10}. Opět ověříme, zda by požadavky nepřekročily kapacitu vozidel: $q = 1110 + 150 = 1260$.

Množství nákladu nepřesahuje maximální kapacitu vozidel, je tedy možné vytvořit novou sdruženou trasu O_{10} - O_1 - O_4 - O_3 - O_7 - O_{10}.

Trasy po 4. kroku jsou uvedeny v tab. č. 11.

Tab. č. 11 – Trasy po 4. kroku

Trasy	**q (kg)**	**l (km)**
O_{10} - O_1 - O_4 - O_3 - O_7 - O_{10}	1260	82,8
O_{10} - O_2 - O_{10}	690	16,6
O_{10} - O_5 - O_{10}	850	80,2
O_{10} - O_6 - O_{10}	400	20,2
O_{10} - O_8 - O_{10}	350	62,6
O_{10} - O_9 - O_{10}	490	43,6

Zdroj: vlastní zpracování

Hodnoty $v_{3,7}$ a $v_{7,3}$ položíme rovny nule. Současně si opět můžeme všimnout, že k obci s číslem 3 již nelze přidat žádnou obec, je totiž vnitřním uzlem. Proto vynulujeme i všechny hodnoty výhodnostních koeficientů obsahující obec s číslem 3.

5.krok

Opakujeme postup a opět hledáme prvek s nejvyšší hodnotou v tabulce č. 8. Je zřejmé, že nyní bychom mohli sdružovat obce O_1 a O_7. Ty však již tvoří jednu trasu, proto se v tomto kroku nic nezmění.

6.krok

Nejvyšší hodnota výhodnostního koeficientu je nyní $v_{5,8}$ = 22,5. Budeme tedy sdružovat trasy O_{10} - O_5 - O_{10} a O_{10} - O_8 - O_{10}. Sečteme požadavky zákazníků a vypočítáme úsporu vzniklou spojením tras:

q = 850 + 350 = 1200

l = 40,1 + 48,9 + 31,3 = 120,3

Vše vyhovuje stanoveným podmínkám, vzniká proto nová trasa O_{10} - O_5 - O_8 - O_{10} (viz tab. č. 12).

Tab.č. 12 – Trasy po 6. kroku

Trasy	q (kg)	l (km)
O_{10} - O_1 - O_4 - O_3 - O_7 - O_{10}	1260	82,8
O_{10} - O_2 - O_{10}	690	16,6
O_{10} - O_5 - O_8 - O_{10}	1200	120,3
O_{10} - O_6 - O_{10}	400	20,2
O_{10} - O_9 - O_{10}	490	43,6

Zdroj: vlastní zpracování

Hodnoty $v_{5,8}$ a $v_{8,5}$ vynulujeme.

7.krok

Pokračujeme v hledání přípustných tras. Další nejvyšší hodnotou je dle matice výhodnosti 20,2 u obcí O_1 a O_9. Sdružujeme tedy trasy O_{10} - O_1 - O_4 - O_3 - O_7 - O_{10} a O_{10} - O_9 - O_{10}. Opakujeme postup jako v předchozích krocích:

q = 1260 + 490 = 1750

V tomto případě ale požadavky zákazníků převyšují maximální kapacitu vozidel, proto není možné zmíněné trasy sloučit. Řešení tedy zůstává stejné jako po předchozím kroku. Hodnoty $v_{1,9}$ a $v_{9,1}$ se vynulují.

8.krok

Dalším přípustným řešením by mohlo být sloučení tras O_{10} - O_5 - O_8 - O_{10} a O_{10} - O_6 - O_{10} s koeficientem výhodnosti 17,5 u obcí O_5 a O_6, který je nyní nejvyšší v matici výhodnosti. Po sečtení by požadavky činily 1600 kg, což vyhovuje podmínkám, proto tyto trasy sdružíme do jedné. Nová sdružená trasa vypadá takto: O_{10} - O_6 - O_5 - O_8 - O_{10} (viz tab. č. 13).

Aktualizujeme trasy:

Tab. č. 13 – Trasy po 8. kroku

Trasy	**q (kg)**	**l (km)**
O_{10} - O_1 - O_4 - O_3 - O_7 - O_{10}	1260	82,8
O_{10} - O_2 - O_{10}	690	16,6
O_{10} - O_6 - O_5 - O_8 - O_{10}	1600	123
O_{10} - O_9 - O_{10}	490	43,6

Zdroj: Vlastní zpracování

Vynulujeme hodnoty koeficientů výhodnosti $v_{5,6}$ a $v_{6,5}$. Zároveň již nelze sdružovat ani obec O_5, protože se po 8. kroku stala vnitřním uzlem. Vynulujeme tedy všechny hodnoty koeficientů výhodnosti týkající se 5. obce.

9.krok

Nyní je nejvyšší výhodnostní koeficient $v_{1,2}$ = 17,2 u obcí O_1 a $O_{2.}$ Sdružování se tedy týká tras O_{10} - O_1 - O_4 - O_3 - O_7 - O_{10} a O_{10} - O_2 - O_{10}. Po sečtení požadavků zákazníků však získáme vyšší hodnotu, než je maximální kapacita (q = 1260 + 690 = 1950), proto sloučení tras neuskutečníme. Trasy zůstávají totožné se stavem po 8. iteraci a hodnoty $v_{1,2}$ a $v_{2,1}$ vynulujeme.

10.krok

Opakujeme postup jako v předchozích krocích. Na základě tabulky č. 8 nalézáme další nejvyšší hodnotu výhodnostního koeficientu $v_{2,9}$ = 16,3. Spojujeme tedy trasy O_{10} - O_2 - O_{10} a O_{10} - O_9 - O_{10}.

q = 690 + 490 = 1180

l = 8,3 + 13,8 + 21,8 = 43,9

Z uvedených hodnot je zřejmé, že sloučení lze uskutečnit. Sdružením tedy vznikne nová trasa O_{10} - O_2 - O_9 - O_{10}, hodnoty $v_{2,9}$ a $v_{9,2}$ položíme rovny nule.

Aktuální stav tras zachycuje následující tabulka č. 14.

Tab. č. 14 – Výsledné trasy 5. dne – Clark – Wrigthova metoda

Trasy	**q (kg)**	**l (km)**
O_{10} - O_1 - O_4 - O_3 - O_7 - O_{10}	1260	82,8
O_{10} - O_2 - O_9 - O_{10}	1180	43,9
O_{10} - O_6 - O_5 - O_8 - O_{10}	1600	123
Celkem:		249,7

Zdroj: vlastní zpracování

Další pořadí hodnot výhodnostních koeficientů je následující:

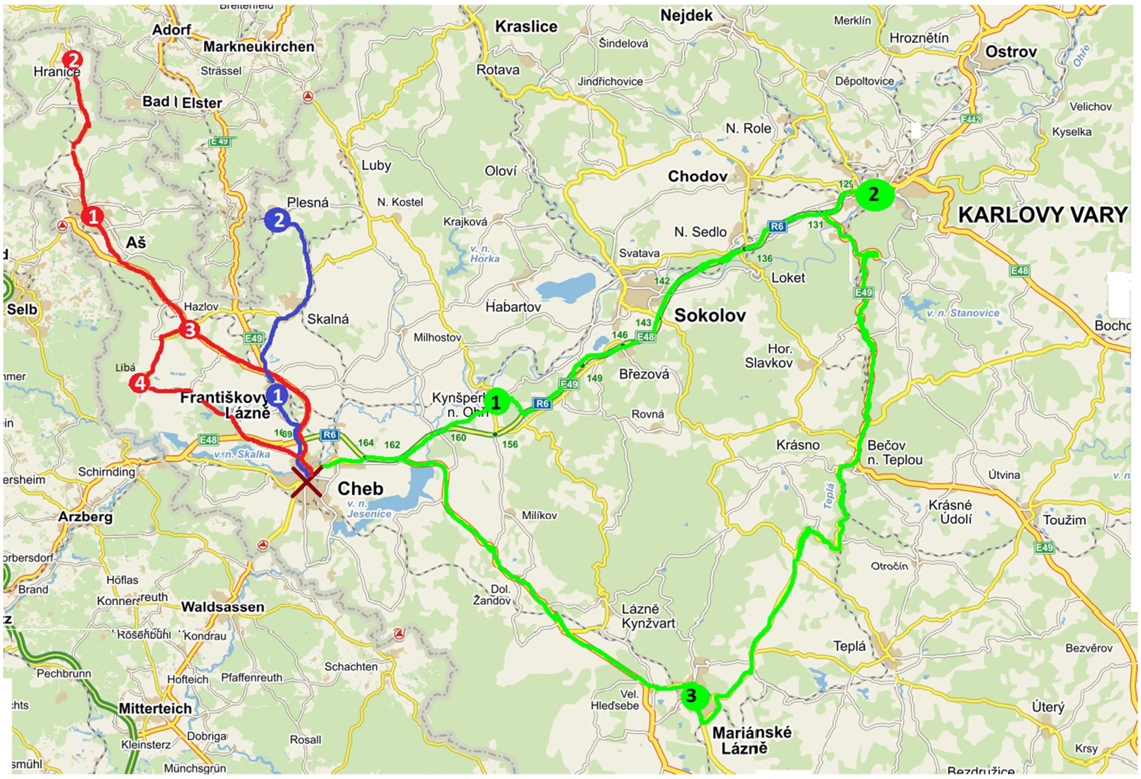
- $v_{6,8}$ = 15,7: tyto obce již jsou zařazeny ve společné trase;
- $v_{7,9}$ = 15,5
- $v_{2,7}$ = 13,1
- $v_{6,9}$ = 9,3
- $v_{1,8}$ = 4,4
- $v_{2,8}$ = 4,4
- $v_{7,8}$ = 4,4
- $v_{1,6}$ = 1
- $v_{2,6}$ = 1
- $v_{8,9}$ = 0,5

Ve všech těchto případech trasy nelze spojit, protože by byla překročena maximální kapacita vozidla.

Vzhledem k tomu, že v matici výhodnostních koeficientů již není žádná kladná hodnota, postup Clark – Wrightovy metody zde končí. Trasy v tabulce č. 14 lze považovat za výsledné.

Závěrem můžeme konstatovat, že na základě námi navržených tras jsou potřebná 3 vozidla, která by současně najela 249,7 km.

Obr. č. 3 – Mapa výsledných tras 5. dne – Clark – Wrightova metoda



Zdroj: vlastní zpracování

Na obrázku č. 3 jsou znázorněny nově navržené trasy pro 5. den. Jednotlivé barvy označují trasu jednoho vozidla. Číslo u každé obce popisuje pořadí, v němž byli zákazníci obslouženi.

Obdobně bychom postupovali u ostatních dnů, proto zde uvedeme pouze celkové výsledky a označení obcí pro každý den.

Tab. č. 15 – Označení obcí 1. dne

O_1	Habartov
O_2	Hranice u Aše
O_3	Královské Poříčí
O_4	Lázně Kynžvart
O_5	Loket
O_6	Mariánské Lázně
O_7	Nové sedlo
O_8	Třebeň
O_9	Cheb (sklad)

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. č. 16 – Výsledné trasy pro 1. den - Clark – Wrigthova metoda

Výsledné trasy	**q (kg)**	**l (km)**	**celkem (km)**
O_9 - O_2 - O_8 - O_1 - O_3 - O_9	1260	121,7	246,9
O_9 - O_4 - O_6 - O_9	1450	58,8	
O_9 - O_5 - O_7 - O_9	1130	66,4	

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. č. 17 – Označení obcí 2. dne

O_1	Aš
O_2	Františkovy Lázně
O_3	Horní Slavkov
O_4	Chodov
O_5	Karlovy Vary
O_6	Královské Poříčí
O_7	Lipová
O_8	Luby
O_9	Mariánské Lázně
O_{10}	Cheb (sklad)

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. č. 18 – Výsledné trasy pro 2. den – Clark – Wrightova metoda

Výsledné trasy	**q (kg)**	**l (km)**	**celkem (km)**
O_{10} - O_6 - O_8 - O_1 - O_2 - O_{10}	1240	114,7	281,5
O_{10} - O_4 - O_5 - O_3 - O_{10}	1600	99,4	
O_{10} - O_7 - O_9 - O_{10}	910	67,4	

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. č. 19 – Označení obcí 3. dne

O_1	Dolní Žandov
O_2	Františkovy Lázně
O_3	Hazlov
O_4	Karlovy Vary
O_5	Královské Poříčí
O_6	Kraslice
O_7	Libá
O_8	Lipová
O_9	Mariánské Lázně
O_{10}	Nové sedlo
O_{11}	Oloví
O_{12}	Cheb (sklad)

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. č. 20 – Výsledné trasy pro 3. den - Clark – Wrigthova metoda

Výsledné trasy	q (kg)	l (km)	celkem (km)
O_{12} - O_1 - O_9 - O_8 - O_{12}	980	64,1	267,4
O_{12} - O_2 - O_3 - O_7 - O_{12}	820	40,8	
O_{12} - O_4 - O_{10} - O_5 - O_{12}	1360	85,4	
O_{12} - O_6 - O_{11} - O_{12}	1060	77,1	

Zdroj: vlastní zpracování

V tomto dni by bylo nutné využití čtvrtého vozidla, příp. jedno z vozidel pojede dvakrát.

Tab. č. 21 – Označení obcí 4. dne

O_1	Aš
O_2	Horní Slavkov
O_3	Královské Poříčí
O_4	Kraslice
O_5	Luby
O_6	Mariánské Lázně
O_7	Oloví
O_8	Plesná
O_9	Vojtanov
O_{10}	Cheb (sklad)

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. č. 22 – Výsledné trasy pro 4. den - Clark – Wrigthova metoda

Výsledné trasy	q (kg)	l (km)	celkem (km)
O_{10} - O_1 - O_9 - O_8 - O_{10}	1100	73,8	297,3
O_{10} - O_2 - O_3 - O_{10}	690	79	
O_{10} - O_5 - O_4 - O_7 - O_{10}	1230	81,9	
O_{10} - O_6 - O_{10}	950	62,6	

Zdroj: vlastní zpracování

Stejně jako v předchozím dnu bude potřeba využít další vozidlo, či jet dvakrát jedním z využívaných vozidel.

5.2.2 Stírací metoda

Aplikaci této metody si ukážeme na příkladu požadavků pro 3. den. Označení obcí a požadavky zákazníků je uvedeno v tabulce č. 23.

Nyní opět uvedeme požadavky zákazníků:

Tab. č. 23 – Požadavky zákazníků – 3.den

	Město	Požadavek (kg)
O_1	Dolní Žandov	380
O_2	Františkovy Lázně	500
O_3	Hazlov	220
O_4	Karlovy Vary	820
O_5	Královské Poříčí	220
O_6	Kraslice	590
O_7	Libá	100
O_8	Lipová	260
O_9	Mariánské Lázně	340
O_{10}	Nové sedlo	320
O_{11}	Oloví	470
O_{12}	Cheb (sklad)	/

Zdroj: vlastní zpracování

Stejně jako v předchozí metodě budeme pracovat s maticí vzdáleností (tab. č. 24), s níž pak dopočítáme jednotlivé délky konkrétních tras.

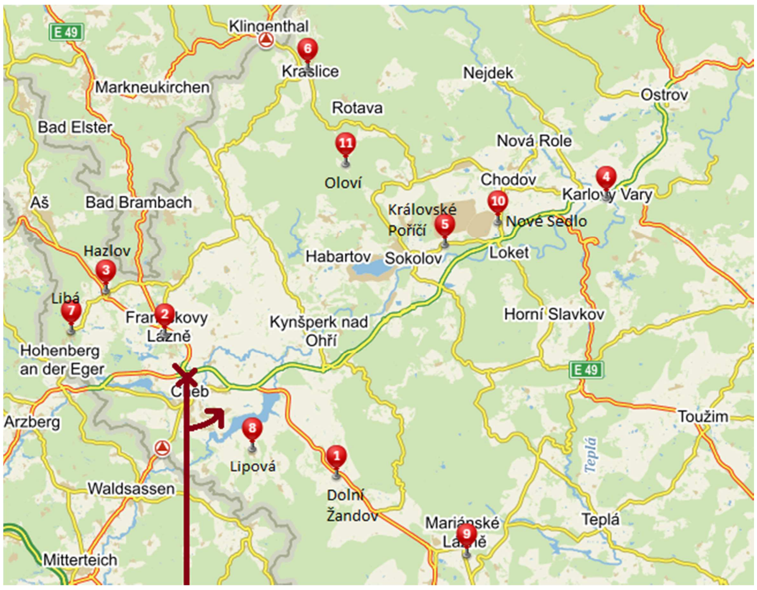
Tab. č. 24 – Matice vzdáleností – 3. den

Km	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8	O_9	O_{10}	O_{11}	O_{12}
O_1	0	21,8	29,6	41,2	28,7	45,7	30,3	13,1	13,2	31,8	35,4	14,8
O_2	21,8	0	7,3	47,3	34,8	35,6	11,7	15,9	35,2	37,9	28,7	8,3
O_3	29,6	7,3	0	61,8	49,3	46,2	8,7	30,4	49,7	52,4	40,8	22,8
O_4	41,2	47,3	61,8	0	16,4	36,5	55,4	41,7	48,9	12,5	28,2	40,1
O_5	28,7	34,8	49,3	16,4	0	24,6	41,6	35,4	41,6	5,6	14,4	27,2
O_6	45,7	35,6	46,2	36,5	24,6	0	42,7	44,7	54,7	29,5	10,8	38,5
O_7	30,3	11,7	8,7	55,4	41,6	42,7	0	24,2	43,4	46,1	39,2	16,5
O_8	13,1	15,9	30,4	41,7	35,4	44,7	24,2	0	24,8	38,2	33,2	11,3
O_9	13,2	35,2	49,7	48,9	41,6	54,7	43,4	24,8	0	48,2	51,8	31,3
O_{10}	31,8	37,9	52,4	12,5	5,6	29,5	46,1	38,2	48,2	0	19,2	30,5
O_{11}	35,4	28,7	40,8	28,2	14,4	10,8	39,2	33,2	51,8	19,2	0	27,8
O_{12}	14,8	8,3	22,8	40,1	27,2	38,5	16,5	11,3	31,3	30,5	27,8	0

Zdroj: vlastní zpracování

Pro lepší představu je zde přidána mapa s vyznačenými obcemi, do nichž je třeba doručit zboží, a pro ilustraci je postup vytváření 1. shluku doplněn názornými obrázky č. 4 až 7.

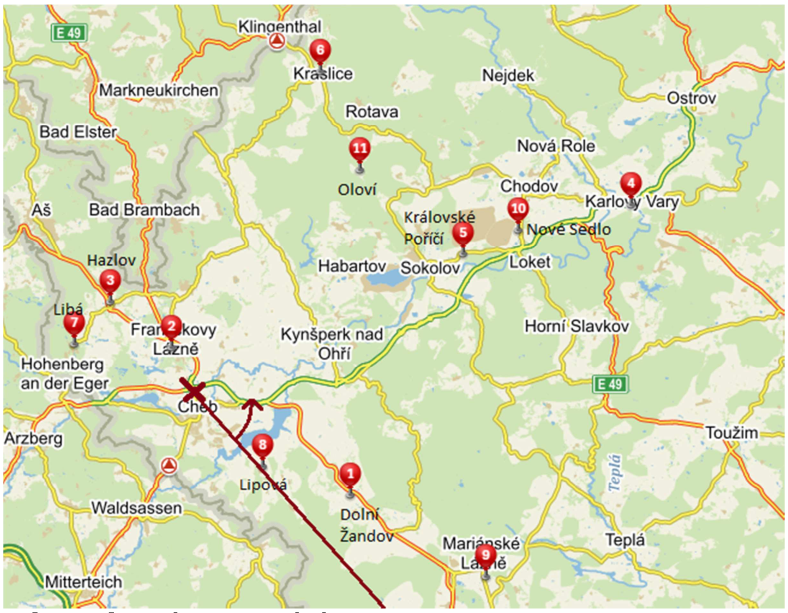
Obr. č. 4 – Mapa zákazníků s požadavky



Zdroj: vlastní zpracování

Ze střediska (Cheb – označený křížkem) vedeme pomyslnou polopřímku jižním směrem a následně ji „otáčíme" proti směru hodinových ručiček. První obcí, jíž polopřímka protne, je Lipová s požadavkem 260 kg (viz obr. č. 5). Tvoří tak uzel prvního shluku.

Obr. č. 5 – Zařazení obce Lipová do shluku

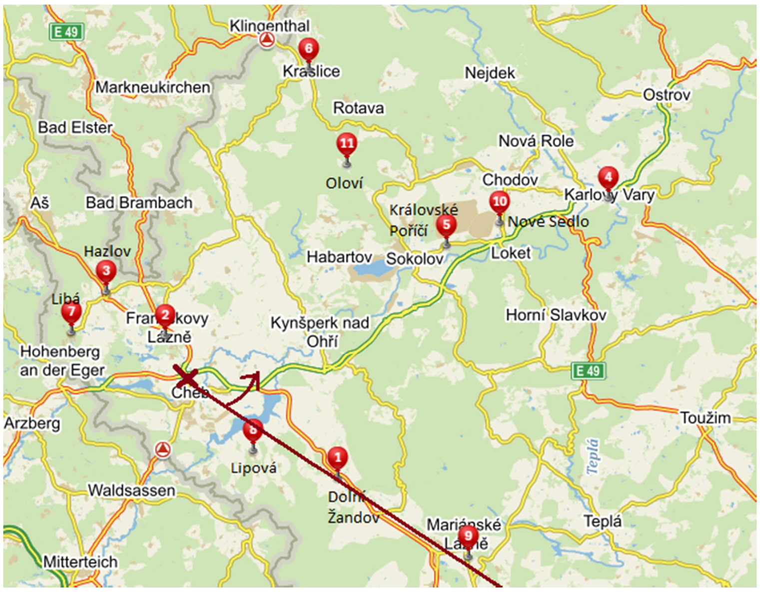


Zdroj: vlastní zpracování

Pokračujeme rotací polopřímky. Druhou obcí, jíž se polopřímka dotkne, je Dolní Žandov. Nyní však již musíme ověřit, zda tento uzel můžeme do daného shluku přidat.

Sečteme tedy požadavky obce Lipová a Dolní Žandov: $q = 260 + 380 = 640$. Součet požadavků nepřekročil kapacitu vozidla. Můžeme tedy obec přidat do shluku.

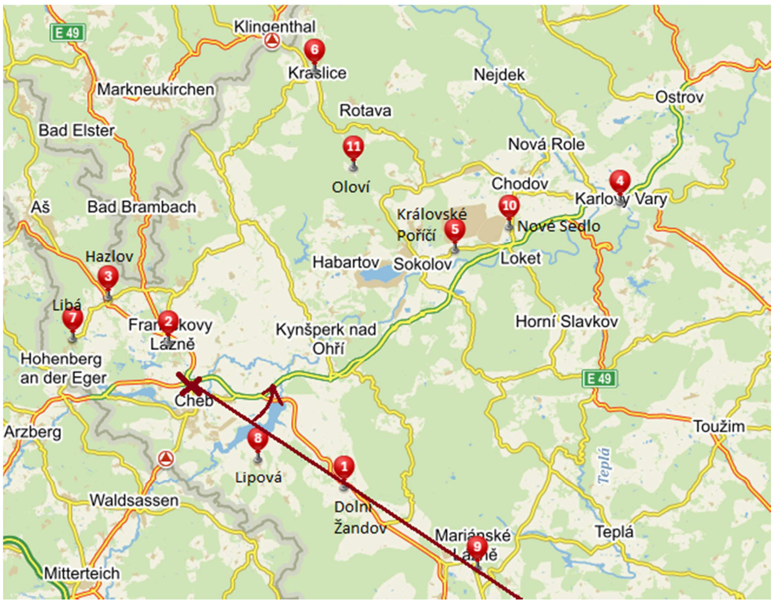
Obr. č. 6 – Zařazení obce Dolní Žandov do shluku



Zdroj: vlastní zpracování

Opakujeme postup rotací polopřímky, která dále „setře“ obec Mariánské Lázně s požadavkem 340 kg (viz obr. č. 7). Ten přičteme k součtu požadavků dvou předchozích obcí, které již tvoří jeden shluk. Dojdeme k číslu 980, což splňuje podmínku pro přiřazení tohoto uzlu do shluku.

Obr. č. 7 – Přidání obce Mariánské Lázně do shluku



Zdroj: vlastní zpracování

Další posun přímky se týká obce Karlovy Vary. Ověříme, zda splňuje podmínky pro přiřazení do shluku: q = 980 + 820 = 1800.

Přidáním tohoto uzlu by však již byla překročena kapacita vozidla, což znamená, že obec Karlovy Vary již nezle přidat do stávajícího shluku, který je tímto uzavřen a začíná vytváření dalšího shluku.

1. shluk je tedy tvořen obcemi Lipová, Dolní Žandov a Mariánské Lázně s celkovým součtem požadavků 980 kg.

Nyní začínáme tvořit druhý shluk, obcí Karlovy Vary počínaje. Další obcí zasaženou pomyslnou polopřímkou je Nové Sedlo s požadavkem 320 kg. Přičteme ji k požadavku Karlových Varů:

q = 820 + 320 = 1140 => splňuje podmínky, proto bude přiřazen do druhého shluku.

Stejným postupem budeme přidávat do shluku obec Královské Poříčí.

q = 1140 + 220 = 1360

Podmínka přípustnosti je opět splněna, přidáme tedy uzel do vytvářeného shluku.

Dalším posunem polopřímky se dostaneme k obci Oloví s požadavkem 470 kg, jenž po přičtení s požadavky tohoto shluku překračuje kapacitu vozidla. Uzavírá tak druhý shluk a je prvním uzlem shluku třetího.

2. shluk tak sestává z obcí Karlovy Vary, Nové Sedlo a Královské Poříčí s požadavkem 1360 kg.

Pokračujeme stejným způsobem při tvorbě třetího shluku. Z obr. č. 4 je zřejmé, že po obci Oloví polopřímka „stírá“ Kraslice. Sečtením požadavků těchto obcí dostaneme 1060 kg, což je přípustné. Poté se polopřímka dotkne obce Františkovy Lázně. Opět ověříme podmínku přípustnosti: q = 1060 + 500 = 1560. Tímto je tedy zmíněná obec dalším uzlem třetího shluku.

Při pohledu na tab. č. 23 s požadavky jednotlivých zákazníků vidíme, že přidání další obce tomuto shluku není možné, protože by vždy překročilo kapacitu vozidla. Uzavíráme tedy třetí shluk.

3. shluk tvoří obce Oloví, Kraslice a Františkovy Lázně s vytížením 1560 kg.

Jelikož jsme však ještě nesplnili požadavky všech obcí, je zapotřebí využít ještě čtvrté vozidlo firmy, příp. jet jedním z vozidel dvakrát.

4. shluk by byl spojením obce Hazlov a Libá se součtem požadavků 320 kg.

V tuto chvíli využijeme matici vzdáleností (tab. č. 25) a vypočítáme délku tras v rámci vytvořených shluků.

Nyní pro každý shluk řešíme úlohu obchodního cestujícího.

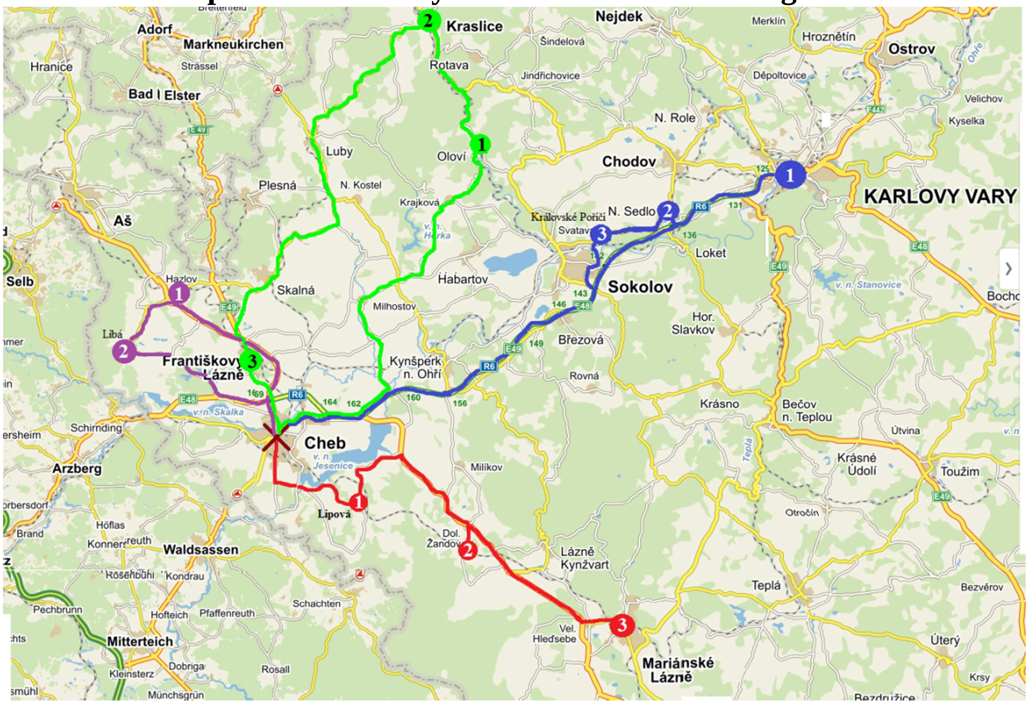
Tab. č. 25 – Výsledné trasy 3. dne – stírací algoritmus

Trasa	l (km)	celkem (km)
O_{12} - O_8 - O_1 - O_9 - O_{12}	68,9	284,8
O_{12} - O_4 - O_{10} - O_5 - O_{12}	85,4	
O_{12} - O_{11} - O_6 - O_2 - O_{12}	82,5	
O_{12} - O_3 - O_7 - O_{12}	48	

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě předchozí tabulky můžeme konstatovat, že celkový počet najetých kilometrů s využitím stíracího algoritmu je 284,8 km, což v porovnání se skutečným počtem najetých kilometrů znamená úsporu 20,4 km.

Obr. č. 8 – Mapa nově navržených tras 3. dne – stírací algoritmus



Zdroj: vlastní zpracování

U aplikace metody v některých dalších dnech bude potřeba využít upravený stírací algoritmus, neboť přiřazení další obce, které by se polopřímka dotkla, by znamenalo překročení kapacity, avšak obec následující by podmínku splnila. Toto řešení je využito také kvůli poměrně krátké vzdálenosti mezi obcemi, jichž se to týká, a možnosti přiřazení následující obce do dalšího shluku (nebude tedy potřeba vytvářet nový shluk). Postup bude ale naprosto totožný, proto zde opět uvedeme pouze výsledné trasy s počtem najetých kilometrů. Označení zůstává stejné pro každý den jako u předchozí metody.

Tab. č. 26 – Výsledné trasy 1. dne - stírací algoritmus

Trasa	l (km)	celkem (km)
O_9 - O_4 - O_6 - O_9	58,8	246,9
O_9 - O_5 - O_7 - O_9	66,4	
O_9 - O_3 - O_1 - O_8 - O_2 - O_9	121,7	

Zdroj: vlastní zpracování

Tab.č. 27 – Výsledné trasy 2. dne - stírací algoritmus

Trasa	l (km)	celkem (km)
O_{10} - O_7 - O_9 - O_3 - O_4 - O_{10}	110,8	281,1
O_{10} - O_5 - O_6 - O_{10}	83,7	
O_{10} - O_8 - O_1 - O_2 - O_{10}	86,6	

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. č. 28 – Výsledné trasy 4. dne - stírací algoritmus

Trasa	l (km)	celkem (km)
O_{10} - O_6 - O_2 - O_3 - O_{10}	99,5	253,4
O_{10} - O_3 - O_7 - O_4 - O_5 - O_8 - O_{10}	98,5	
O_{10} - O_9 - O_1 - O_{10}	55,4	

Zdroj: vlastní zpracování

Co se týče 5. dne, na základě výpočtu jsme zjistili, že by bylo výhodnější rotovat polopřímkou po směru hodinových ručiček.

Tab. č. 29 – Výsledné trasy 5. dne - stírací algoritmus

Trasa	l (km)	celkem (km)
O_{10} - O_7 - O_3 - O_1 - O_4 - O_{10}	84,9	251,8
O_{10} - O_2 - O_9 - O_{10}	43,9	
O_{10} - O_6 - O_5 - O_8 - O_{10}	123	

Zdroj: vlastní zpracování

5.3 Zhodnocení nově navržených tras

Při návrhu rozvozu zboží zákazníkům bylo vybráno pět dnů, u kterých jsme provedli analýzu skutečných tras. Následně jsme využili dvě metody pro řešení úlohy okružních jízd, a to stíracího algoritmus s následným řešením úlohy obchodního cestujícího a Clark – Wrightovu metodu. Při řešení úlohy jsme byli omezeni kapacitou vozidel, jež činí 1600 kg.

Protože již máme výsledky obou nově použitých postupů, můžeme je porovnat se skutečnými trasami firmy a zjistit tak, zda by námi navržené trasy mohly přinést úspory.

Tab. č. 30 – Porovnání výsledků v km

Metoda	1. den	2. den	3. den	4. den	5. den
Skutečnost	276,4	317,4	305,2	308,8	291,4
Sweep	246,9	281,1	284,8	253,4	251,8
C.W.	246,9	281,5	267,4	297,3	249,7

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě získaných výsledků je možné konstatovat, že obě metody by firmě přinesly poměrně znatelné úspory. Markantní rozdíl při aplikaci Clark – Wrightovy metody byl u tras 5. dne, kdy by úspora dosahovala až 41,7 km. Stírací algoritmus by se naopak nejvíce vyplatil v případě 4. dne s úsporou 55,4 km oproti skutečným trasám.

Shodně při aplikaci obou zmíněných metod vyšel výsledek u 1. dne. Podstatné ale je, že by oproti skutečnosti přinesl úsporu v počtu najetých kilometrů - 29,5 km.

Nepatrně lépe by v případě 2. dne vyšla metoda stíracího algoritmu. U 3. dne by byla naopak výhodnější aplikace Clark – Wrightovy metody.

Nyní se podíváme, jaké množství finančních prostředků by firma na základě námi navržených tras ušetřila. Celkové náklady tras vyjádříme jako přímé náklady na přepravu, které představuje spotřeba pohonných hmot za najeté kilometry. Pro jednoduchost žádné další přímé náklady nebudeme uvažovat.

Předpokládejme, že cena nafty 31,50 Kč za 1 litr je průměrná hodnota ke dni zpracování výpočtu 21.3.2015 – viz http://www.ccs.cz/pages/phm2.php. Spotřeba využívaných vozidel je 8,5 l/100 km. Během skutečných tras vozidla najela celkem 1 499,2 km za 5 dní, což je v přepočtu 4 014 Kč. Námi navržené trasy by měly celkem 1 298,5 km.

Náklady na přepravu zboží by tak činily 3 477 Kč, jen na pohonných hmotách by se tak uspořilo 537 Kč.

Vezměme jako příklad rok 2014, který měl celkem 252 pracovních dnů – tedy 50 týdnů. Kdyby byla úspora v každém týdnu stejná, firma by za rok ušetřila celkem 26 850 Kč, které by mohla investovat do jiných neméně důležitých činností. Zároveň je nutné konstatovat, že reálná úspora by byla mnohem vyšší, neboť do nákladů je potřeba zahrnout i řadu dalších položek než jen spotřebu pohonných hmot.

5.4 Návrh opatření pro daný podnik

V předchozí části jsme se zabývali aplikací dvou metod, které by mohly mít pro firmu značný přínos v podobě úspor nákladů na přepravu zboží. Je ale zřejmé, že ruční postup je poměrně zdlouhavý, na což žádná z firem jistě nemá dostatek časového prostoru.

Ukázali jsme však, že i při použití poměrně jednoduchých heuristických algoritmů lze sestavit výhodnější trasy, než firma v současnosti realizuje. Zřetelně zde tedy existuje prostor pro získání úspor.

Řešením by tak mohlo být zavedení nového SW aplikace, jež by řešila sestavování jednotlivých tras na základě vhodné optimalizační metody.

Tato SW aplikace by po zadání jednotlivých obcí, do nichž je potřeba zboží doručit, poskytla návrh nejlepšího způsobu rozvozu. Minimalizovaly by tak náklady na přepravu zboží a zároveň by se usnadnila práce přepravců.

Základem by však mělo být přijímání objednávek vždy do určité doby (např. den předem, či do 8:00 hodin ráno), aby stanovení tras pomocí informačního systému bylo efektivní a řídilo se přesným plánem vygenerovaným daným systémem.

Zavedení zmíněné SW aplikace by jistě vyžadovalo určité finanční prostředky, avšak v porovnání s úsporou nákladů za zbytečně najeté kilometry by tyto prostředky byly minimální.

Závěr

V této práci jsme řešili problematiku rozvozu zboží zákazníkům. Na základě poskytnutých údajů jsme analyzovali současný stav plánování tras firmy a následně jsme navrhli nový způsob sestavování tras. K tomu jsme využili dvou heuristických metod - Clark – Wrightovu metodu a stírací algoritmus s následným řešením úlohy obchodního cestujícího.

Aplikaci zmíněných metod jsme pro účely této práce provedli u jednoho vybraného týdne, tj. 5 pracovních dnů. Zjistili jsme, že nově navržené trasy s využitím jak Clark – Wrightovy metody, tak stíracího algoritmu by v porovnání se skutečnými trasami přinesly firmě znatelné úspory v počtu najetých kilometrů.

Úsporu najetých kilometrů jsme zhodnotili také po finanční stránce, kdy jsme celkové náklady tras vyjádřili jako přímé náklady na přepravu (spotřeba pohonných hmot za najeté kilometry). S využitím průměrné ceny nafty ke dni výpočtu zveřejněné na webových stránkách jsme zjistili, že by roční úspora činila přibližně 26 850 Kč.

Zároveň jsme navrhli opatření, které by pro firmu mohlo mít přínos v podobě úspor nákladů na přepravu zboží. Tímto opatřením by mohlo být např. zavedení SW aplikace, jež by řešila sestavování tras na základě vhodné optimalizační metody.

Seznam použité literatury

[1] DANĚK, J., PLEVNÝ, M., *Výrobní a logistické systémy*. 1. vydání, Plzeň: Západočeská univerzita, 2005, 222 s., ISBN 80-7043-416-3.

[2] PLEVNÝ, Miroslav a ŽIŽKA, Miroslav. *Modelování a optimalizace v manažerském rozhodování*. Vyd. 2. Plzeň: Západočeská univerzita, 2010. 296 s. ISBN 978-80-7043-933-3.

[3] JANÁČEK, Jaroslav. *Optimalizace na dopravních sítích.* Žilina: ŽU, 2002. ISBN 80-8070-031-1.

[4] FIALA, Petr a kol. *Operační výzkum: nové trendy*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2010. 239 s. ISBN 978-80-7431-036-2.

[5] KUČERA, L. *Kombinatorické algoritmy*. Praha: SNTL, 1983, 288 s.

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

[7] DOUGLAS, M. Lambert, James R. Stock, Lisa M. Ellram., Logistika, Praha: Computer Press, 2000

[8] Distribuční logistika. STŘEDNÍ ODBORNÁ ŠKOLA A STŘEDNÍ ODBORNÉ UČILIŠTĚ Jindřichův Hradec. [online]. [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: http://www.miras.cz/seminarky/logistika/distribucni-logistika.php

[9] TOTH, Paolo. VIGO, Daniele. Vehicle routing problem. [kniha online]. Google. Books. [cit. 2014-03-11] Dostupné z: http://books.google.com

[10] ŠIROKÝ, Vladimír. SLIVONĚ, Miroslav. Optimalizace svozu a rozvozu kusových zásilek. [online elektronický časopis]. Perner's contacts, 2010, 5(I), 17, ISSN 1801-674X [cit. 2014-03-15] Dostupné z: http://pernerscontacts.upce.cz/17_2010/Siroky.pdf

[11] CENEK, Petr, Jaroslav JANÁČEK, Valent KLIMA. *Optimalizace dopravních a spojových procesů*. Žilina : Vysoká škola dopravy a spojov, 1994. ISBN 80-7100-197-X.

[12] PERNICA, Petr. *Logistický management*. 1. vyd. Radix, Praha 1998. 664 s. ISBN 80-86031-13-6.

[13] SIXTA, Josef, MAČÁT, Václav. *Logistika – teorie a praxe*. 1. vyd. CP Books, 2005. 315 s. ISBN 80-251-0573-3.

[14] FÁBRY, Jan. *Dynamické okružní a rozvozní úlohy* [online prezentace]. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: http://slideplayer.cz/slide/2508482/

Seznam tabulek

Seznam obrázků

Seznam grafů

Seznam příloh

Přílohy

Příloha 1 - Matice vzdáleností obcí v km – 1. den

Km	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8	O_9
O_1	0	45	11,9	29,8	18,4	38,3	16,7	14,5	19
O_2	45	0	62,9	56,5	63,3	63,3	61,6	30,7	37,1
O_3	11,9	62,9	0	33,9	7,2	34,7	5,6	26,2	27,5
O_4	29,8	56,5	33,9	0	34,4	9,8	37,1	30,8	21,1
O_5	18,4	63,3	7,2	34,4	0	35,2	4,4	30,4	31,4
O_6	38,3	63,3	34,7	9,8	35,2	0	48,2	40,9	27,9
O_7	16,7	61,6	5,6	37,1	4,4	48,2	0	31,1	30,6
O_8	14,5	30,7	26,2	30,8	30,4	40,9	31,1	0	9,1
O_9	19	37,1	27,5	21,1	31,4	27,9	30,6	9,1	0

Příloha 2 - Matice výhodnosti – 1. den

Km	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8
O_1	0	11,1	34,6	10,3	32	8,6	32,9	13,6
O_2	11,1	0	1,7	1,7	5,2	1,7	6,1	15,5
O_3	34,6	1,7	0	14,7	51,7	20,7	52,5	10,4
O_4	10,3	1,7	14,7	0	18,1	39,2	14,6	-0,6
O_5	32	5,2	51,7	18,1	0	24,1	57,6	10,1
O_6	8,6	1,7	20,7	39,2	24,1	0	10,3	-3,9
O_7	32,9	6,1	52,5	14,6	57,6	10,3	0	8,6
O_8	13,6	15,5	10,4	-0,6	10,1	-3,9	8,6	0

Příloha 3 - Matice vzdáleností obcí v km – 2. den

Km	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8	O_9	O_{10}
O_1	0	17,7	60,4	59,2	65,6	53,1	39	34,3	53,5	26,6
O_2	17,7	0	45,7	40,9	47,3	34,8	15,9	20	35,2	8,3
O_3	60,4	45,7	0	14,4	18,5	14,2	39,7	40,6	26,8	37,6
O_4	59,2	40,9	14,4	0	9,8	9,7	41,7	34,2	47,9	33,5
O_5	65,6	47,3	18,5	9,8	0	16,4	48,3	42,9	48,9	40,1
O_6	53,1	34,8	14,2	9,7	16,4	0	35,4	27,2	41,6	27,2
O_7	39	15,9	39,7	41,7	48,3	35,4	0	31,7	24,8	11,3
O_8	34,3	20	40,6	34,2	42,9	27,2	31,7	0	46,9	26,3
O_9	53,5	35,2	26,8	47,9	48,9	41,6	24,8	46,9	0	31,3
O_{10}	26,6	8,3	37,6	33,5	40,1	27,2	11,3	26,3	31,3	0

Příloha 4 - Matice výhodnosti – 2. den

Km	**O_1**	**O_2**	**O_3**	**O_4**	**O_5**	**O_6**	**O_7**	**O_8**	**O_9**
O_1	0	17,2	3,8	0,9	1,1	0,7	-1,1	18,6	4,4
O_2	17,2	0	0,2	0,9	1,1	0,7	3,7	14,6	4,4
O_3	3,8	0,2	0	56,7	59,2	50,6	9,2	23,3	42,1
O_4	0,9	0,9	56,7	0	63,8	51	3,1	25,6	16,9
O_5	1,1	1,1	59,2	63,8	0	50,9	3,1	23,5	22,5
O_6	0,7	0,7	50,6	51	50,9	0	3,1	26,3	16,9
O_7	-1,1	3,7	9,2	3,1	3,1	3,1	0	5,9	17,8
O_8	18,6	14,6	23,3	25,6	26,3	26,3	5,9	0	10,7
O_9	4,4	4,4	42,1	16,9	16,9	16,9	17,8	10,7	0

Příloha 5 - Matice vzdáleností v km – 3. den

Km	**O_1**	**O_2**	**O_3**	**O_4**	**O_5**	**O_6**	**O_7**	**O_8**	**O_9**	**O_{10}**	**O_{11}**	**O_{12}**
O_1	0	21,8	29,6	41,2	28,7	45,7	30,3	13,1	13,2	31,8	35,4	14,8
O_2	21,8	0	7,3	47,3	34,8	35,6	11,7	15,9	35,2	37,9	28,7	8,3
O_3	29,6	7,3	0	61,8	49,3	46,2	8,7	30,4	49,7	52,4	40,8	22,8
O_4	41,2	47,3	61,8	0	16,4	36,5	55,4	41,7	48,9	12,5	28,2	40,1
O_5	28,7	34,8	49,3	16,4	0	24,6	41,6	35,4	41,6	5,6	14,4	27,2
O_6	45,7	35,6	46,2	36,5	24,6	0	42,7	44,7	54,7	29,5	10,8	38,5
O_7	30,3	11,7	8,7	55,4	41,6	42,7	0	24,2	43,4	46,1	39,2	16,5
O_8	13,1	15,9	30,4	41,7	35,4	44,7	24,2	0	24,8	38,2	33,2	11,3
O_9	13,2	35,2	49,7	48,9	41,6	54,7	43,4	24,8	0	48,2	51,8	31,3
O_{10}	31,8	37,9	52,4	12,5	5,6	29,5	46,1	38,2	48,2	0	19,2	30,5
O_{11}	35,4	28,7	40,8	28,2	14,4	10,8	39,2	33,2	51,8	19,2	0	27,8
O_{12}	14,8	8,3	22,8	40,1	27,2	38,5	16,5	11,3	31,3	30,5	27,8	0

Příloha 6 - Matice výhodnosti – 3. den

Km	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8	O_9	O_{10}	O_{11}
O_1	0	1,3	8	13,7	13,3	7,6	1	13	32,9	13,5	7,2
O_2	1,3	0	23,8	1,1	0,7	11,2	13,1	3,7	4,4	0,9	7,4
O_3	8	23,8	0	1,1	0,7	15,1	30,6	3,7	4,4	0,9	9,8
O_4	13,7	1,1	1,1	0	50,9	42,1	1,2	9,7	22,5	58,1	39,7
O_5	13,3	0,7	0,7	50,9	0	41,1	2,1	3,1	16,9	52,1	40,6
O_6	7,6	11,2	15,1	42,1	41,1	0	12,3	5,1	15,1	39,5	55,5
O_7	1	13,1	30,6	1,2	2,1	12,3	0	3,6	4,4	0,9	5,1
O_8	13	3,7	3,7	9,7	3,1	5,1	3,6	0	17,8	3,6	5,9
O_9	32,9	4,4	4,4	22,5	16,9	15,1	4,4	17,8	0	13,6	7,3
O_{10}	13,5	0,9	0,9	58,1	52,1	39,5	0,9	3,6	13,6	0	39,1
O_{11}	7,2	7,4	9,8	39,7	40,6	55,5	5,1	5,9	7,3	39,1	0

Příloha 7 - Matice vzdáleností v km – 4. den

Km	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8	O_9	O_{10}
O_1	0	60,4	53,1	40,9	34,3	53,5	44,6	28,2	14,2	26,6
O_2	60,4	0	14,2	38,1	40,6	26,8	27,8	46,8	52,1	37,6
O_3	53,1	14,2	0	24,6	27,2	41,6	14,4	33,3	35	27,2
O_4	40,9	38,1	24,6	0	17	54,7	10,8	23,1	33,9	38,5
O_5	34,3	40,6	27,2	17	0	46,9	19,9	7,3	17,4	26,3
O_6	53,5	26,8	41,6	54,7	46,9	0	51,8	52,6	44,5	31,3
O_7	44,6	27,8	14,4	10,8	19,9	51,8	0	26,3	31,6	27,8
O_8	28,2	46,8	33,3	23,1	7,3	52,6	26,3	0	11,2	21,8
O_9	14,2	52,1	35	33,9	17,4	44,5	31,6	11,2	0	14,6
O_{10}	26,6	37,6	27,2	38,5	26,3	31,3	27,8	21,8	14,6	0

Příloha 8 - Matice výhodnosti - 4. den

Km	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8	O_9
O_1	0	3,8	0,7	24,2	18,6	4,4	9,8	20,2	27
O_2	3,8	0	50,6	38	23,3	42,1	37,6	12,6	0,1
O_3	0,7	50,6	0	41,1	26,3	16,9	40,6	15,7	6,8
O_4	24,2	38	41,1	0	47,8	15,1	55,5	37,2	19,2
O_5	18,6	23,3	26,3	47,8	0	10,7	34,2	40,8	23,5
O_6	4,4	42,1	16,9	15,1	10,7	0	7,3	0,5	1,4
O_7	9,8	37,6	40,6	55,5	34,2	7,3	0	23,3	10,8
O_8	20,2	12,6	15,7	37,2	40,8	0,5	23,3	0	25,2
O_9	27	0,1	6,8	19,2	23,5	1,4	10,8	25,2	0

Abstrakt

Tato práce pojednává o rozvozu zboží zákazníkům, což je v dnešní době jedna z běžných činností mnoha firem.

Teoretická část je věnována základům logistiky, kde je zmíněn její předmět a cíl. Popsán je také samotný logistický řetězec, jenž je základem logistiky. Dále je diskutován distribuční systém, jeho součásti, strategie a problémy, patřící do této problematiky. V neposlední řadě jsou zde rozebrány distribuční úlohy, konkrétně úloha obchodního cestujícího a úloha okružních jízd.

V praktické části je provedena analýza současného stavu plánování tras firmy a následně navržen nový způsob sestavování jednotlivých tras pomocí Clark – Wrightovy metody a stíracího algoritmu.

Klíčová slova:

logistika, distribuční systém, úloha obchodního cestujícího, úloha okružních jízd, Clark – Wrightova metoda, stírací algoritmus

Abstract

This bachelor thesis deals with the distribution of goods to customers, which is nowadays one of the normal activities of many companies.

The theoretical part is devoted to the basics of logistics, where is mentioned its object and purpose. There is also described a logistic chain itself, which is the basis of logistics. Then we discuss the distribution system, its components, strategies and problems, which belong to this issue. Finally, there are analyzed the distribution tasks, the task of the Travelling Salesman Problem and the Vehicle Routing Problem.

In the practical part there is made an analysis of the current state route planning of firm and subsequently there is proposed a new method of assembling the particular routes using Clark - Wright's method and Sweep Algorithm.

Key words:

logistics, distribution system, Travelling Salesman Problem, Vehicle Routing Problem, Clark - Wright's method, Sweep Algorithm