

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

Plánování tras kamionové dopravy

Pavλίna Hraničková

© 2015 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra systémového inženýrství

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hraničková Pavlína

Provoz a ekonomika

Název práce

Plánování tras kamionové dopravy

Anglický název

Planning of routes for truck transport

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je navrhnout zlepšení kamionové přepravy pro firmu Brenntag ČR s. r. o. která rozváží zboží svým odběratelům po celé České republice.

Metodika

- nastudování odborné literatury
- výběr metod pro řešení dopravních úloh
- modelace tras pomocí vybraných metod
- zhodnocení výsledků
- výběr nejefektivnější trasy
- finanční zhodnocení

Harmonogram zpracování

11/2013 - výběr tématu

12/2013 - konzultace tématu s vedoucím práce

04/2014 - informační konzultace o práci

05/2014 - vyplnění základních informací o práci v systému badis

06/2014 - seznámení se systémem dopravy ve firmě Brenntag

07/2014 - modelace tras kamionové dopravy, vypracování rešerše pomocí literárních zdrojů

08/2014 - zpracování dat a interpretace výsledků

09-10/2014 - předložení práce vedoucímu

11-12/2014 - editace a zpracování připomínek

03/2015 - odevzdání kompletní práce

Rozsah textové části

30-40 stran

Klíčová slova

logistika, kamionová přeprava, plánování tras, okružní problém, distribuční úloha, Vogelova aproximační metoda, Mayerova metoda, metoda větví a mezí, přeprava nebezpečných věcí,

Doporučené zdroje informací

ŠUBRT, T., a kol. Ekonomicko-matematické metody, 1.vydání, Plzeň: Aleš Čeněk, 2011, 351s. ISBN 978-80-7380-345-2

PERNICE, P., a kol. Doprava a zasilatelství, 1. vydání, Praha: ASPI Publishing s.r.o., 2001, 479s. ISBN 80-8639513-8

DRAHOTSKÝ, I, ŘEZNÍČEK, B. Logistika: Procesy a jejich řízení, 1. vydání, Brno: Computer Press, 2003, 334s. ISBN 80-7226-521-0

ZÍSKAL, J, HAVLÍČEK, J. Ekonomicko matematické metody, 2.vydání, Praha : ČZU PEF Praha ve vyd. Credit, 2000, 191s. ISBN 80-213-0664-5

SVOBODA, V, LATÝN, P. Logistika, 2. vydání, Praha : ČVUT, 2003, 235s. ISBN 80-01-02735-X

Vedoucí práce

Houška Milan, doc. Ing., Ph.D.

Konzultant práce

Ing. Roman Kvasnička, Ph.D.

Termín odevzdání

březen 2015

Elektronicky schváleno dne 20.10.2014

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10.11.2014

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan fakulty

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Plánování tras kamionové dopravy" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 16.3.2015

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala Ing. Milanu Houškovi, Ph.D. za konzultace a odborné připomínky, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce. Rovněž bych chtěla poděkovat Václavu Vorlíčkovi z firmy Brenntag CR, s.r.o. za poskytnutí podkladů pro tuto práci.

Plánování tras kamionové dopravy

Souhrn

Bakalářská práce je zaměřena na plánování tras kamionové dopravy pro firmu Brenntag CR, s.r.o. Cílem práce je za pomoci ekonomicko matematických metod najít optimální plán rozvozu a minimalizovat náklady na dopravu. Z důvodu rostoucích nákladů na dopravu dochází ve firmě ke sledování a optimalizaci všech nákladů na logistiku.

V rešerši jsou popsány základní pojmy týkající se daného tématu jako např. logistika, doprava. Jsou zde vysvětleny jednotlivé metody a postupy dopravních úloh, z nichž byly vybrány nejvhodnější metody pro zefektivnění tras, které jsou použity v případové studii.

V praktické části je užito příkladu od firmy Brenntag CR, s.r.o. Daný příklad je konstruován jako dopravní problém. V příkladu jsou vypracovány vhodné trasy dopravy zboží k odběratelům, které byly nejprve rozděleny pomocí Mayerovy metody do okruhů, a za pomoci ekonomicko matematické metody bylo získáno optimální řešení logistiky pro výše zmíněnou společnost. V závěru práce jsou porovnány současné trasy s nově navrhovanými z hlediska vzdálenosti v kilometrech, a také dle kritéria finanční náročnosti. Ze všech porovnání vyplývá, že firma nevyužívá dané možnosti efektivně. Celkově najede více kilometrů, což představuje i větší finanční zátěž.

Klíčová slova

logistika, doprava, kamionová přeprava, plánování tras, okružní dopravní problém, distribuční problém, metoda nejmenšího suseda, Vogelova aproximační metoda, Mayerova metoda, metoda větví a mezí

Planning of Routes for Truck Transport

Summary

This bachelor's thesis is focused on lorry routes planning of the company Brenntag CR, s.r.o. The aim of the thesis is to find the most optimal plan of distribution and to minimize transportation costs by using economic mathematical methods. The Brenntag CR, s.r.o. is nowadays monitoring and optimizing all logistic costs because of its increasing transportation costs.

In the literary research there are firstly described basic key concepts of this theme, as e.g. logistic and transport. Then particular methods and procedures of transportation tasks are explained and the most suitable methods of efficiency improvement are chosen. These methods are used in the case study.

The practical part of the bachelor's thesis applies a given example of transportation task of the Brenntag CR, s.r.o. This example is arranged as a transportation issue. In the practical part the optimal transportation routes from the company to its purchaser are created. Firstly, these routes are divided into circles by using the Mayer's method. Secondly, the economic mathematical method to obtain optimal solution is used.

In the conclusion of the bachelor's thesis there are compared the current transportation routes with the newly suggested routes. As the comparison of the routes two points of view are used: the covered kilometres and the financial aspects. As emerged from all comparisons the current transportation routes of the company are inefficient. The company is planning routes with a high amount of covered kilometres in total which badly impacts also financial aspects of the transport.

Keywords

Logistics, Transport, Truck Routes, Route Planning, Travelling Salesman, Distribution problem, Nearest neighbour algorithm, Vogel's approximation method, Mayer's method, Branch and Bound method

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. CÍL A METODIKA	10
2.1. CÍL PRÁCE.....	10
2.2. METODIKA PRÁCE.....	10
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	11
3.1. LOGISTIKA A DOPRAVA.....	11
3.1.1. Dopravní trh.....	12
3.1.2. Dopravní politika.....	12
3.1.3. Dopravní soustava.....	12
3.1.4. Dopravní síť.....	12
3.1.5. Silniční doprava.....	13
3.2. MATEMATICKÉ METODY DOPRAVNÍ LOGISTIKY.....	13
3.2.1. Jednostupňová dopravní úloha.....	13
3.2.2. Jednookruhový okružní dopravní problém.....	14
3.2.3. Víceokruhový okružní dopravní problém.....	14
3.2.4. Přiřazovací metoda.....	14
3.2.5. Metoda nejbližšího souseda.....	15
3.2.6. Vogelova aproximační metody.....	15
3.2.7. Mayerova metoda.....	16
3.2.8. Metoda větví a mezí.....	16
3.2.9. Program TSPKOSA.....	16
3.3. PŘEHLED SOUVISEJÍCÍCH PRACÍ.....	17
4. PŘÍPADOVÁ STUDIE	19
4.1. CHARAKTERISTIKA PODNIKU.....	19
4.2. CHARAKTERISTIKA PROBLÉMU.....	22
4.3. ŘEŠENÍ PROBLÉMU.....	22
4.3.1. Vstupní data.....	22
4.3.2. Rozdělení míst do okruhů.....	26
4.3.3. Optimalizace jednotlivých okruhů.....	31
4.4. POROVNÁNÍ POUŽÍVANÉ TRASY A NAVRŽENÉ.....	34
4.5. POROVNÁNÍ UJETÝCH KILOMETRŮ.....	34
4.6. FINANČNÍ ZHODNOCENÍ.....	35
4.6.1. Výpočet ceny.....	36
4.7. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ.....	38
5. ZÁVĚR	39
6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	40
7. SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK A OBRÁZKŮ	42
7.1. SEZNAM TABULEK.....	42
7.2. SEZNAM OBRÁZKŮ.....	42

1. Úvod

V dnešní době je nákladní doprava velmi důležitá pro všechny vyspělé země. Žádná firma se neobejde bez logistiky; buď ji zabezpečuje sama, nebo najímá externí firmy. Logistika se zabývá pohybem zboží a materiálu z místa vzniku do místa spotřeby a s tím souvisejícím informačním tokem. Podle definice by se mohlo zdát, že logistika je doménou společností zabývajících se dopravou. Ale logistikou se samozřejmě musí zabývat všechny firmy, u kterých nastává potřeba přesunu materiálu, zboží, výrobků apod. ke svým odběratelům.

Ve vnitrozemských státech, mezi které patří Česká republika, se nejvíce využívá doprava silniční. Silniční doprava má mnoho výhod oproti dopravě železniční, která jí konkuruje. Přednostmi silniční dopravy jsou nízké náklady, rychlost a flexibilita. Flexibilitou se v tomto případě rozumí schopnost snadno se přizpůsobit změnám a případným problémům na trase. V případě silniční dopravy je ale potřeba zaměřit se na optimalizaci procesu logistiky, aby mohly být využity všechny výše uvedené výhody.

Toto si dnes již většina firem uvědomuje a optimalizaci procesu logistiky se věnuje, jelikož zákonitě vede k tolik potřebnému snížení nákladů. Tyto náklady se též dají označit za náklady neproduktivní a často je jejich snížení jedním z cílů firmy.

Firma Brenntag se specializuje na distribuci chemikálií pro průmyslové zákazníky a je nejstarší firmou působící na našem trhu. Provozuje celosvětovou síť s více než 400 lokalitami ve více než 60 zemích světa. V roce 2009 společnost dosáhla celkových tržeb ve výši 6,4 miliardy EUR (8,9 miliardy USD) při 11 tisících zaměstnanců.

Logistická infrastruktura Brenntag CR je tvořena dvěma obchodními kancelářemi a sklady, ležícími v Praze (pro Čechy) a v Chropyni (pro Moravu), ze kterých se pravidelně rozváží zboží po celé České republice. Tato práce se zaměřuje na pražskou pobočku. Pražská pobočka byla zvolena vzhledem k její dostupnosti, velikosti a větší míře rozvozu zákazníkům. Náklady na dopravu jsou ve firmě nezanedbatelnou položkou. Proto jsem se ve své práci zaměřila na optimalizaci logistického procesu.

2. Cíl a metodika

2.1. Cíl práce

Cílem této bakalářské práce bude nalézt co nejvhodnější dopravní trasu za použití ekonomicko matematických metod. Nalezené trasy budou porovnány s trasami již používanými dle kritérií financí a lokace.

2.2. Metodika práce

Prvním krokem je důkladné prostudování odborné literatury, a s její pomocí poté sestavení teoretické části, která je rozdělena do tří podkapitol. V první z nich jsou popsány pojmy logistika a doprava. V druhé části literární rešerše jsou přiblíženy ekonomicko matematické metody. Je zde hodnocen problém dopravních okružních cest a metody jako metoda nejbližšího souseda, Vogelova aproximační metoda, Mayerova metoda a metoda větví a mezí. Také je zde představen program TSPKOSA, který byl použit k výpočtům v praktické části. Poslední částí teoretické práce je přehled souvisejících prací, kde je popsáno, kdo se danou problematikou ve své práci zabývá a k jakému řešení dospěl.

Praktická část je rozdělena do sedmi podkapitol. V první kapitole se představí firma Brenntag, s.r.o. Dále navazuje charakteristika stanoveného problému, v níž shrneme, kam musí být zboží rozvezeno. Ve třetí části je řešen daný dopravní problém, přičemž je trasa rozdělena do okruhů za pomoci Mayerovy metody a dále je optimalizována metodou větví a mezí. Ve čtvrté části jsou porovnávány používané okruhy s okruhy nově nalezenými. Následně jsou okruhy porovnány z hlediska vzdálenosti v kilometrech. Předposlední oddíl praktické části je věnován hodnocení z hlediska finančního. Poslední část práce shrnuje veškeré dosažené výsledky.

3. Literární rešerše

3.1. Logistika a doprava

Drahotský a Řezníček (2003) popisují pojem logistika jako obor, který se zabývá pohybem zboží a materiálu z místa vzniku do místa spotřeby a s tím souvisejícím informačním tokem.

K pojmu logistika se vztahuje i doprava, řízení zásob, manipulace s materiálem, balení, distribuce a skladování. Nesmíme zapomenout také na informační, řídicí a komunikační systémy. Hlavní cílem logistiky je zajistit správný materiál na správném místě, v odpovídající kvalitě a včas.

V historii bylo slovo logistika poprvé použito řeckými filozofy, později se užívalo v aritmetice a znamenalo praktické počítání s čísly. V 9. století se pojem objevoval ve vojenství. Zajišťoval veškeré potřeby vojska: zásobování potravinami, municí, zbraněmi. Nejvíce pozornosti se začalo logistice věnovat v USA po druhé světové válce. Začaly se používat matematické metody, které pomáhaly řešit zásobovací problémy. Tyto metody poté našly uplatnění v podnikové logistice. (Drahotský, Řezníček 2003)

Logistika je soubor všech činností sloužících k poskytování potřebného množství prostředků s nejmenšími náklady tam a tehdy, kde a kdy je po nich poptávka. Zabývá se všemi operacemi, určujícími pohyb zboží (alokace výroby a skladů, zásob, řízení pohybu zboží ve výrobě, balení, skladování, dodávání odběratelům). (International Institut Applied Systems Analyses - IIASA - 1986)

V 50. letech se v USA začaly objevovat první teoretické práce. Logistika zde byla zkoumána na univerzitách, kde se zpracovává teorie logistických systémů jako vědní disciplína. Poté se pojem logistika vrací do Evropy a začíná se používat i mimo podnikovou sféru. (Svoboda, Latýn 2003)

V této práci je logistika považována za integrované plánování, formování, provádění a kontrolování hmotných a s nimi spojených informačních toků od dodavatele do podniku, uvnitř podniku a od podniku k odběrateli. (Schulte, 1991)

Doprava je odvětví národního hospodářství, které se zabývá přepravou osob a věcí. Jedná se o pohyb dopravních prostředků po dopravních cestách. V logistice má doprava

význam od přelomu 70. a 80. let, kdy nastává nárůst konkurence v různých způsobech dopravy. (Drahotský, Řezníček 2003)

Dopravu dělíme podle dopravních cest a dopravních prostředků na dopravu:

- železniční
- silniční
- vodní
- leteckou
- nekonvenční (potrubní doprava). (Synek, Kislingerová a kol. 2010)

3.1.1. Dopravní trh

Dopravní trh dělíme na dva oddělené trhy: trh osobní dopravy a trh nákladní dopravy. Trh osobní dopravy se zabývá přepravou osob. Nákladní doprava převáží materiál, zboží, výrobky atd. (Drahotský, Řezníček 2003)

3.1.2. Dopravní politika

Dopravní politika je oblast, v níž se stanovují cíle, nástroje ale i prostředky dopravy. Definice dopravní politiky může znít takto: Dopravní politika je cílené působení na uspořádání a rozvoj dopravního systému. Dopravní systém se skládá z prostředků a činností všech druhů dopravy na určitém území, kde se váže na oblast života společnosti, odvětví národního hospodářství a na obyvatelstvo. (Drahotský, Řezníček 2003)

3.1.3. Dopravní soustava

Jedná se o soustavu prostředků a činností všech druhů dopravy, která umožňuje kvalitativní a kvantitativní uspokojení potřeb trhu. Tvoří ji doprava veřejná (dopravní obory: železniční, silniční, letecká, vodní doprava a MHD) a neveřejná (druhy dopravy: závodová doprava, individuální motorismus). (Drahotský, Řezníček 2003)

3.1.4. Dopravní síť

Pojem dopravní síť lze definovat, jako množinu uzlů a úseků, které představují část dopravního systému. Je zapotřebí, aby dopravní síť byla souvislá, což znamená, že každé

dva uzly musí být spojeny alespoň jednou cestou, přičemž uzlem rozumíme středisko v síti a úsekem je cesta spojující dva uzly. (Tuzar, Maxa, Svoboda 1997)

3.1.5. Silniční doprava

Silniční doprava fungovala od počátku 20. století, byla však dále rozvíjena. Ze začátku se jednalo zejména o koňské potahy. Doprava pomocí automobilů byla zahájena až po 2. světové válce. Upravovaly se povrchy silnic, s výstavbou dálnic se začalo až v 60. letech. Silniční dopravci nabízejí vnitrostátní i mezinárodní, nákladní i osobní dopravu, většinou se ale zaměřují jen na jednu z nich. (Synek, Kislingerová a kol. 2010)

Silniční doprava je nejflexibilnější, nejlépe se dokáže přizpůsobit požadavkům zákazníků, a právě proto se neustále zvyšuje objem zboží přepraveného autodopravci. (Drahotský, Řezníček 2003)

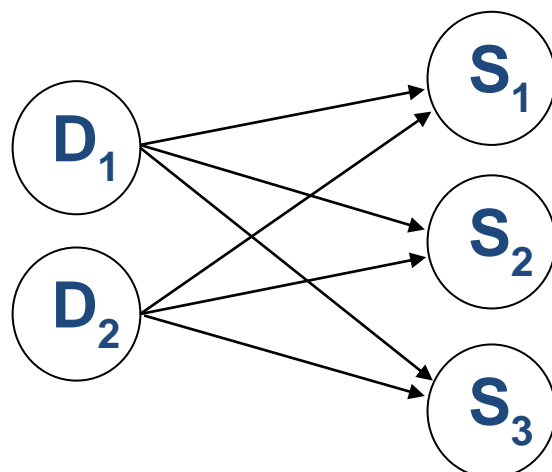
3.2. Matematické metody dopravní logistiky

Distribuční úlohy jsou tvořeny skupinou úloh lineárního programování. Patří mezi ně problémy jednostupňové, dvoustupňové, přiřazovací, zobecnění, okružní, trasovací. Všechny řešíme pomocí lineárního programování; u některých, vzhledem k jejich specifickým vlastnostem, lze použít specifické metody, které jsou jednodušší než simplexová metoda. (Šubrt a kol. 2011)

3.2.1. Jednostupňová dopravní úloha

Jedná se o nejjednodušší z distribučních úloh. Cílem je nalézt co nejlepší plán přepravy, kdy je vyčerpána kapacita dodavatelů a jsou uspokojeny potřeby odběratelů. (Brožová, Houška 2003)

Tato úloha řeší problém, jak vyřešit přepravu stejnorodého produktu od dodavatele k odběratelům s co nejnižšími náklady na přepravu. Předpokládáme, že při přepravě je použit stejný typ dopravních prostředků a že existuje pouze jedna dopravní cesta mezi dodavatelem a odběratelem. (Šubrt a kol. 2011)



Obrázek 1: Jednostupňový dopravní problém (Brožová, Houška 2003)

3.2.2. Jednookruhový okružní dopravní problém

Okružní dopravní problémy se vyskytují v praxi celkem často. Používají se tehdy, je-li zapotřebí rozvést zboží od jednoho dodavatele k několika odběratelům (nebo naopak od více dodavatelům k jednomu odběrateli). Nejjednodušší je jednookruhový okružní dopravní problém. Přeprava zboží bude realizována jedním jediným okruhem. Cílem je najít takový okruh, kdy bude rozvezeno veškeré zboží nejkratší možnou trasou. Každé místo se vyskytuje na okruhu pouze jednou, kromě počátečního místa, které je zároveň místem konečným. (Šubrt a kol. 2011)

3.2.3. Víceokruhový okružní dopravní problém

Nejčastějším důvodem, proč se musí přeprava rozdělit do několika okruhů, bývá kapacitní omezení. Ve většině případů nestačí kapacita vozidla k uspokojení potřeby rozvést či dovést veškeré zboží. Je zapotřebí naplánovat několik okruhů tak, že budou uspokojeny veškeré požadavky odběratelů, za předpokladu dodržení kapacity vozidel, s co nejkratšími trasami. (Šubrt a kol. 2011)

3.2.4. Přiřazovací metoda

Přiřazovací metoda patří k nejjednodušším distribučním úlohám, v této metodě přiřazujeme jednotlivé prvky k jiným prvkům (např. traktor k polím) za předpokladu, že náklady budou co nejnižší. (Šubrt a kol. 2011)

3.2.5. Metoda nejbližšího souseda

Metoda nejbližšího souseda je nejjednodušší aproximační metoda využívaná pro okružní dopravní problémy. (Šubrt a kol. 2011)

Tato metoda je považována za takzvanou hladovou metodu, kdy se do okruhu zařazuje vždy nejvhodnější prvek v danou chvíli. Tyto metody dostávají poměrně přesné výsledky v krátkém čase. Metodu nejbližšího souseda lze využít i v případě s nesymetrickou maticí sazeb. (Kučera, 1999)

Popis řešení:

- 1) Nejprve si zvolíme výchozí místo.
- 2) Jako další vybereme místo které je nejbliže k výchozímu místu.
- 3) Pokračujeme dále, dokud nejsou vybrána všechna místa.
- 4) Celý postup opakujeme do doby, než jsou všechna místa použita jako výchozí místo.
- 5) Nakonec spočítáme sazby a vybereme tu s nejkratší vzdáleností.

Tato metoda je sice nejjednodušší a časově nejméně pracná, ale nikoli nejpřesnější. (Šubrt a kol. 2011)

U této metody je důležité místo, které bude zvoleno jako výchozí. Proto se výpočet trasy několikrát opakuje pokaždé s jiným výchozím místem, a nakonec se vybere trasa s výchozím místem, které vykazuje nejlepší výsledek. (Hanuš, 1992)

3.2.6. Vogelova aproximační metody.

Vogelova aproximační metoda je jednou z nejpoužívanějších aproximačních metod, jelikož udává výsledky blížící se optimu. U této metody není nejdůležitější absolutní výše její sazby ale relativní výhodnost s ohledem na zvýšení nákladu, za předpokladu, že by muselo být využito až druhé nejvýhodnější řešení. (Brožová, Houška 2003)

Základním krokem VAM je vypočítáním řádkových i sloupcových diferencí mezi nejvýhodnější a druhou nejvýhodnější sazbou. V řadě, kde je největší diference, obsadíme buňku s nejvýhodnější sazbou co největším množstvím produktu. Ve chvíli, kdy je vyčerpána kapacita dodavatele, vyškrtneme daný řádek a přepočítáme sloupcové diference. Pokud je uspokojen požadavek, vyškrtneme sloupec a přepočítáme řádkové

diference. Celý postup se opakuje až do okamžiku, kdy je vyčerpána kapacita dodavatele a uspokojeny veškeré požadavky. Objevuje-li se největší diference ve více řadách, doporučuje se obsadit buňku, která obsahuje nejvýhodnější sazbu. (Šubrt a kol. 2011)

3.2.7. Mayerova metoda

Mayerova metoda se používá u okružních problémů s centrálním místem, kdy se sestavují okruhy s výběrem minimálních prvků. Jedná se o úlohy s úplnou sítí cest a omezenou kapacitou. Musí se vybrat místa pro jednotlivé okruhy. Jako první se zařadí nejvzdálenější místo od centrálního. Dále se k vybranému místu přiřazují nejbližší místa, tak aby nebyla překročena kapacita. Postup je stejný až do vyčerpání kapacity okruhu. Po vyčerpání kapacity se sestavuje další okruh z míst, která nebyla zařazena do okruhu stejným postupem, až do té doby kdy jsou zařazena všechna rozvozová místa. (Brožová, Houška 2003)

3.2.8. Metoda větví a mezí

Metoda větví a mezí (Branch and Bound) je metoda využívaná při řešení kombinatorických úloh. Tato metoda ale nehledá ve všech přípustných řešeních, jelikož jich je takové množství, že nepřipadá v úvahu, že by mohla být prohledána všechna v přijatelném čase. Metoda je založena na prohledávání množin přípustných řešení ve směru největšího zlepšení účelové funkce. Metoda větví a mezí využívá dělení množin přípustného řešení na menší podmnožiny a výpočtem horního (dolního) odhadu účelové funkce všech řešení v jednotlivých podmnožinách. Je to využito k vyloučení podmnožin, které nemohou obsahovat optimální řešení. Cílem je nalézt podmnožinu s nejmenší účelovou funkcí. Tato účelová funkce musí mít nejmenší hodnotu vzhledem ke všem přípustným řešením. (Tuzar, Maxa, Svoboda 1997)

3.2.9. Program TSPKOSA

Program TSPKOSA je výpočetní program určený k řešení okružních dopravních problémů. Byl vytvořen v programovacím jazyku Microsoft Visual Basic 6.5. Program byl vytvořen s podporou Fondu rozvoje vysokých škol, projekt 2678/2010.

Program navrhli:

- Katedra systémového inženýrství: Ing. Igor Krejčí, RNDr. Petr Kučera, Ph.D.
- Katedra statistiky: Ing. Hana Vydrová

Pro výpočet je k dispozici několik metod:

- 1) Aproximační
 - Metoda nejbližšího souseda
 - Vogelova aproximační metoda pro ODP
 - Metoda výnosnosti čísel
- 2) Optimalizační
 - Metoda větví a mezí pro ODP (Krejčí, Kučera 2010)

3.3. Přehled souvisejících prací

Řešení dopravních problémů je v dnešní době důležité pro většinu firem. Janouch (2013) ve své bakalářské práci řeší naplánování tras svozu ovoce a zeleniny z Holandska. V první části se zabývá jednodružným dopravním problémem, kdy se počet palet vejde na 1 automobil. Optimální trasu řeší s pomocí metody nejbližšího souseda, Vogelovy aproximační metody a metody větví a mezí. Jako nejkratší trasa byla vyhodnocena metoda nejbližšího souseda a metoda větví a mezí. Při porovnání s použitou trasou firmy, byla nalezená trasa o 197 km kratší.

V druhé části práce je množství palet dvojnásobné, proto bylo zapotřebí nejdříve použít Mayerovy metody a trasu rozdělit do několika okruhů. Pomocí Mayerovy metody byly nalezeny dva okruhy, tato metoda určí zařazení do okruhů, nikoliv však pořadí nakládek. K tomu byly dále využity metoda nejbližšího souseda a Vogelova aproximační metoda. U prvního okruhu našly obě metody shodnou trasu dlouhou 1835 km. U druhého okruhu našla Vogelova aproximační metoda o 10 km kratší cestu než metoda nejbližšího souseda. (Janouch, 2013)

Dopravní problém ve firmě AWT Čechofracht, a.s ve své práci popisuje Kubisková (2011). Problém se zabývá rozvozem zásilek zákazníkům firmy. K řešení dopravního problému zde byl využit program TSPKOSA. Byly zde užity tři metody. Jednalo se

o metodu nejbližšího souseda, Vogelovu aproximační metodu a metodu větví a mezí. Nejkratší trasu shodně vyhodnotila metoda nejbližšího souseda a metoda větví a mezí. Tato trasa byla o 33 km kratší než trasa nalezená Vogelovou aproximační metodou. V uvedené bakalářské práci je dále porovnána nově nalezená trasa s použitou trasou firmy. Při porovnání se ukázalo, že trasy všech tří metod jsou optimálnější než trasa použitá. Při využívání ekonomicko matematických metod by firma snížila své náklady na dopravu. (Kubisková, 2011)

4. Případová studie

Na začátku případové studie se blíže seznámíme s firmou Brenntag CR, s.r.o. Veškeré informace jsou čerpány z interních zdrojů firmy.

4.1. Charakteristika podniku

Brenntag CR, s.r.o. je firma, která se specializuje na distribuci chemikálií pro průmyslové zákazníky a je nejstarší firmou působící na našem trhu.

Její činnost lze rozdělit do několika hlavních oblastí:

- distribuce standardních chemikálií běžně používaných v celé řadě odvětví,
- distribuce speciálních chemikálií vyráběných pro konkrétní odvětví,
- distribuce průmyslových obalů,
- poskytování služeb s přidanou hodnotou, například míchání a výroba směsí na přání zákazníka.

Logistická infrastruktura firmy je tvořena dvěma obchodními kancelářemi a sklady, ležícími v Praze pro Čechy a v Chropyni pro Moravu. Tato práce je zaměřena na plánování tras pro pražskou kancelář.

Brenntag CR je společnost se zahraničí kapitálovou účastí a spolupracuje s dalšími společnostmi ze skupiny Brenntag Group. Společnost je v měřítku tržeb globální jedničkou na trhu distribuce chemikálií. Společnost sídlí v německém Mülheim an der Ruhr provozuje celosvětovou síť s více než 400 lokalitami ve více než 60 zemích světa. V roce 2009 společnost dosáhla celkových tržeb ve výši 6,4 miliardy EUR (8,9 miliardy USD) při 11 tisících zaměstnanců.

V roce 1993 byla založena firma Neuber Praha a v roce 1994 začala s prvními obchodními aktivitami. V roce 1995 byl vytvořen joint venture Brenntag AG a Neuber GmbH, v roce 1996 byl Neuber Praha přejmenována na Neuber Brenntag a byl opatřen areál v Horních Počernicích. V roce 2000 získala firmu HCI a v roce 2002 byla firma přejmenována na dnešní Brenntag CR, s.r.o. V roce 2003 byl pořízen nový areál v Chropyni a v roce 2004 v něm zahájili provoz. V roce 2013 se Brenntag CR stal součástí Brenntag Macroregion Central North.

Název:	Brenntag CR s.r.o.
Adresa:	Mezi Úvozy 1850 193 00 Praha 9 Česká republika
Telefon:	+420 283 096 111
Fax:	+420 281 920 839
E-mail:	office@brenntag.cz
Datum založení:	1993
Základní kapitál:	170 000 000 Kč
Akcionáři:	100% BRENNTAG CEE GmbH (Rakousko)
Představenstvo:	Jerzy Ireneusz Jasiński – předseda představenstva & generální ředitel Ing. Viktor Janouškovec – člen představenstva Andrzej Wojtaś – člen představenstva
Obchodní aktivity:	Distribuce standardních a speciálních chemikálií pro různá průmyslová odvětví

Pobočky a dceřiné společnosti:	Praha, Chropyně
DIČ:	CZ49613464
IČO:	49613464
Zápis v obchodním rejstříku:	Společnost je zapsána v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 20937
Bankovní účet:	Raiffeisenbank a.s., 10 0104 4253 / 5500
Členství v organizacích a asociacích:	Svaz chemického průmyslu České republiky
Certifikáty a ceny:	<ul style="list-style-type: none"> • Responsible Care (2010) • ISO 9001 : 2008 (2007) • Certifikace ESAD (2010)



Obrázek 2: Brenntag CR s.r.o

4.2. Charakteristika problému

Firma Brenntag rozváží ke svým odběratelům po celé ČR. V České republice mají 2 pobočky, v Praze, která obstarává dopravu v Čechách, a v Chropyni, která rozváží na Moravě. Informace o dopravě jsou získány v pražské pobočce, tudíž se tato práce zaměří na dopravu v Čechách.

Firma má rozdělenou dopravu po krajích. V pondělí rozváží do Karlovarského, Libereckého, Královéhradeckého, Středočeského, Ústeckého kraje a také do Prahy. V úterý jezdí do Jihočeského, Libereckého, Středočeského kraje, do Prahy a na Vysočinu. Ve středu je to Ústecký, Liberecký, Středočeský kraj a Praha. Ve čtvrtek se dováží do Pardubického, Královéhradeckého, Plzeňského, Karlovarského, Jihočeského kraje a na Vysočinu. V pátek se jezdí kraje: Praha a Středočeský, Ústecký a Liberecký. V každém kraji má firma své pravidelné zákazníky. Doprava se téměř každý týden opakuje. Jsou zde samozřejmě občas nějaké změny, liší se jen množství a druh zboží.

Společnost vlastní 7 aut, z čehož 3 jsou cisterny. Pokud je potřeba víc aut, než kolik je v majetku společnosti, spolupracují s firmou Ronytrans, od které si pronajímají nákladní auta. Používají auta v různých váhových kategoriích. Jsou to automobily typu 3,5t, 5,2t, 8t, 10t, 13t a 24t. Každý den jezdí z firmy kolem 10 aut, každé z nich odjíždí z centrály v Praze - Horních Počernicích, kde je naloženo a kam se také každý den vrací.

Pro firmu Brenntag znamenají náklady na dopravu měsíčně podstatnou část nákladu a proto je zapotřebí zabývat se problémem jejich optimalizace. V České republice nepoužívá firma žádný program na optimalizaci tras. Pouze naloží zboží do aut, a poté je již zcela v kompetenci řidiče, jak daný okruh pojede. Bylo by zapotřebí optimalizovat trasy a při osvědčení daných modelů je zavést i v dalších zemích, kde firma působí.

4.3. Řešení problému

4.3.1. Vstupní data

Množství přepravovaného materiálu je zde na jednookružní dopravní problém příliš velké, proto bude zapotřebí rozdělit pomocí Mayerovy metody trasu do více okruhů.

Tabulka 1 – množství dodávaného materiálu a označení míst číslem

číslo	Místo	množství (t)
1	Centrála, Praha Horní Počernice	-
2	Inchema, Praha Horní Počernice	5,945
3	P. S. R. Praha 9	1,664
4	Techneco, Praha - Běchovice	1,462
5	Pepsico, Praha 9	0,808
6	Pragochema, Praha Uhřetěves	0,349
7	Coca- Cola, Praha Kyje	7
8	Inx, Brandýs nad Labem	0,825
9	Alcan, Kamenice	0,5
10	Plzeňský prazdroj, Velké Popovice	3,552
11	Eson, Lety u Dobřichovic	1,232
12	Chalk, Příbram	0,638
13	Nová Ves pod Pleší	1,673
14	ZOD, Starosedlský hrádek	0,88
15	Biso, Hostomice	1,166
16	ekoFrukt, Slaný	9,042
17	CzechiaChem, Tišice	0,248
18	Vavruška, Kolín	2
19	Chocoland, Kolín	0,06
20	TPCA, Kolín	0,4
21	OTK Grup, Kolín	0,18
22	Lonza Biotec, Kouřim	9,812
23	Sant Globain, Kozojedy	1,2
24	AFT, Lysá nad Labem	1,166
25	Reticel, Mladá Boleslav	1,2
26	Bestaring, Kosmonosy	0,02

27	Škoda, Mladá Boleslav	2,29
28	Labar, Ústí nad Labem	4,928
29	Spolek pro chemickou a hutní výrobu	2,004
30	AUDO victoria- Děčín	1,116
31	Chemotex, Děčín	4,6
32	Lovochemie – Lovosice	16,3
33	Flexfill – Lovosice	2,5
34	Mondi, Štětí	5,128
35	Czech Aerosol, Rtyně nad Bílinou	0,67
36	Unitransport – Teplice	3,498
37	AGC Flat glas, Dubí 3 Pozorka	5
38	Het, Ohníč	0,95
39	M+L Most	1,116

Tabulka 2 – vzdálenost mezi městy (km)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
1-	2.1	2.2	3.9	8.8	12	8.6	9	31	26	40	60	53	87	61	49	22	48	49	52	48	21	26	22	43	4	44	87	86	94	67	67	49	84	91	81	81	86	98
2	2.1		0.6	4.3	12	6.4	9.5	32	33	27.5	32	41	73	51	50	60	50	50	54	50	36	26.5	24	46	44.5	88	87	89	88	95	85	65	47	81	88	81	86	96
3	2.2	0.6		4.9	7.1	7	9.6	33	29	7	62	39	60	48	26	45	46	55	51	37	23	38	46	47	42	88	85	97	88	88	66	66	47	81	80	80	84	97
4	3.9	4.3	4.9		10	8.9	7.2	13	29	23	29.5	48	85	50	26	45	47	51	47	32	22	28	47	48	88	88	91	93	69	69	52	84	93	84	93	88	99	
5	8.8	6.5	7.1	10		10	4.8	15	29.5	7.2	33	61	44	80	54	41	24	59	54	39	29	20	30	51	53	49	81	80	61	60	60	61	60	60	86	80	91	
6	12	12	13	8.9	10		7.9	21	20	17	34	59	42	78	55	48	48	54	49	32	19	37	59	57	56	90	89	102	94	70	69	55	86	93	95	89	99	
7	8.6	6.4	7	7.2	4.8	7.9		15	28	25	34	62	44	81	55	44	27	49	53	30	32	30	51	53	52	84	83	96	91	64	64	50	81	88	88	88	94	
8	9	9.5	9.6	13	15	21	15		40	34	46	73	56	93	66	49	14	49	50	36	30	18	37	38	37	83	82	87	82	64	65	41	82	88	91	85	96	
9	31	32	33	29	29.5	20	28	40		6.2	35	54	34	73	55	59	52	60	64	58	38	26	48	75	77	109	108	122	117	88	88	76	106	113	114	108	110	
10	26	27	27.5	23	27.2	17	25	34	6.2		36	50	39	78	57	60	47	52	54	58	33	20	46	69	71	107	106	119	113	87	86	72	103	110	110	112	105	111
11	40	41	39	33.5	33	34	34	46	35	36		16	52	21	46	54	80	82	86	81	61	61	81	84	84	105	105	123	114	84	83	75	99	107	109	102	95	
12	60	73	66	66.5	61	59	62	73	54	39	33		21	16	72	105	107	111	106	85	73	89	110	112	110	133	132	148	141	110	109	125	132	133	132	127	120	
13	53	51	49	48	44	42	44	56	34	31	16	21	40		40	64	88	89	94	89	68	55	72	94	99	118	117	132	126	98	85	113	132	124	124	117	110	
14	87	90	88	85	80	78	81	91	73	78	78	52	21	40		35	92	101	125	126	131	125	104	92	109	129	131	152	151	167	161	130	129	145	148	151	144	136
15	61	60	59	60.5	54	55	55	66	55	57	21	16	21	35	54	74	101	102	107	102	82	69	82	103	105	104	117	116	132	126	95	99	109	109	116	119	111	104
16	49	55	47	50	41	48	44	49	59	60	46	72	61	92	56	46	92	94	98	99	79	68	78	78	79	82	82	86	71	48	39	48	57	64	65	59	53	
17	22	23	21	26	24	33	27	34	33	27	14	53	47	54	46	64	101	74	64	63	48	49	44	44	44	70	88	73	68	51	52	27	49	76	77	71	83	
18	48	49	50	45	53	48	49	58	52	48	80	106	88	126	101	92	82		2.4	6.8	1.8	21	34	38	55	58	129	129	112	112	88	129	136	131	131	143	143	
19	49	50	51	47	54	50	50	60	54	50	82	107	90	128	102	94	61	2.4		4.6	3	21	35	38	55	59	131	130	113	113	88	130	137	139	139	144		
20	52	54	55	51	59	54	55	52	64	59	86	111	94	131	107	64	64	6.8	4.6		7.2	26	39	54	57	130	129	128	111	113	113	108	130	137	138	143	143	
21	49	50	51	47	54	49	50	59	54	81	108	98	102	92	99	1.8	1.8	7.2			21	22	34	39	55	59	131	130	112	113	88	130	137	138	132	143		
22	36	37	32	38	32	36	38	38	32	32	61	82	104	82	79	48	61	22	22	26		13	27	55	58	57	118	116	121	116	99	98	75	116	123	124	118	129
23	26	26.5	27	23	29	27	23	26	20	20	49	73	55	92	69	68	48	34	35	39	34	13	26	56	57	109	108	116	111	89	89	70	106	113	114	108	118	
24	21	24	24	26	30	30	37	30	49	49	61	83	72	103	82	66	28	38	39	39	21	26	29	31	30	94	99	97	77	52	94	101	102	94	107	107		
25	43	46	45	47	51	59	51	57	75	69	82	110	92	129	103	78	40	55	54	55	55	56	54	4.2	87	86	78	84	79	82	58	100	104	105	102	113	113	
26	46	48	47	49	53	57	53	39	77	71	84	112	94	131	105	78	44	39	57	57	57	57	54	31	5.4	83	82	75	76	77	79	57	97	100	100	100	114	
27	44	44.5	42	45	49	56	52	37	76	70	83	110	93	130	104	79	44	57	58	57	57	57	57	3.2	4.2	84	82	75	76	77	79	57	97	100	100	113	113	
28	87	88	88	89	81	90	84	80	109	107	106	133	118	153	117	62	61	130	131	129	118	108	94	87	83	84		1.4	27	22	24	42	44	17	18	19	41	
29	86	87	85	88	80	89	83	82	108	106	105	132	117	151	116	61	68	129	130	116	116	106	86	82	82	84		25	20	23	23	41	15	19	19	20	42	
30	96	97	95	99	102	96	122	119	120	148	132	167	132	174	129	73	73	129	129	129	121	116	97	78	75	75	77	25	5.4	41	43	46	40	38	39	45	63	
31	89	89	88	93	88	96	91	82	117	113	114	141	126	161	126	71	68	129	129	116	111	99	80	76	76	76	22	5.4	36	38	41	35	39	40	40	40	62	
32	67	65	66	69	61	70	64	64	89	87	84	110	98	134	95	40	51	112	113	111	112	89	76	77	77	24	35		2.2	28	21	28	28	29	29	37		
33	67	65	66	69	60	69	64	65	88	86	86	109	97	129	99	52	112	113	113	99	89	77	79	79	24	23	2.4		30	19	26	27	27	21	21	33		
34	49	48	47	52	47	55	50	44	76	72	75	103	85	122	92	40	40	88	88	70	70	58	57	57	42	42	41	41	30	34	34	34	48	48	55	57	62	
35	84	80	81	84	84	84	84	82	106	109	99	125	113	145	109	49	129	130	130	116	106	94	100	97	97	14	15	40	35	21	19	48	7.6	9	6.6	28	28	
36	91	89	90	93	83	93	88	88	113	110	107	132	122	148	116	64	76	136	137	137	123	113	101	104	101	101	17	19	38	29	26	55	7.6	3.2	10	10	26	
37	93	91	92	94	86	95	89	94	114	112	109	133	124	151	119	65	77	138	138	124	114	102	105	101	102	18	19	38	40	29	27	57	9	3.2	12	28		
38	86	85	84	88	88	89	83	83	108	105	102	127	117	144	111	71	131	133	132	118	108	96	102	100	100	19	20	45	40	23	21	51	6.6	10	12	22	22	
39	98	96	97	99	91	99	110	111	123	123	123	159	143	163	143	143	144	143	143	129	118	107	113	113	41	42	63	62	37	35	62	28	28	28	28	22	22	

4.3.2. Rozdělení míst do okruhů

Mayerova metoda rozděluje trasu do několika okruhů a určuje počet aut, který bude k rozvozu zapotřebí. Zohledňuje se kapacita vozidla podle maximální hmotnosti vozidel.

Dopravní problém je zde rozdělen do jednotlivých okruhů, které jsou dále optimalizovány podle další modelů. U Mayerovy metody se postupuje tak, že se z výchozího místa – tedy Prahy, vybere nejvzdálenější místo (M+L Most) a vyškrtne se sloupec i trasa v opačném směru. Dále se pokračuje vybráním nejkratší vzdálenosti od cílového místa (M+L Most) a k tomuto novému cíli nalezneme další rozvozová místa stejným způsobem, až do naplnění kapacity vozidla.

Při rozdělování do jednotlivých okruhů se musí brát v úvahu i několik omezení. Do Unitransportu a Audo dováží pouze auta do hmotnosti 13t. TPCA požaduje pouze malé auto do 3,5t. Alcan a Chalk vyžadují vykládku maximálně do 13:00.

Tabulka 3 - 1. trasa

	Praha	M+L	Het	Czech aer	Unitrans	AGC flat
Praha	-	98	86	84	91	93
M+L	98	-	22	28	26	28
Het	86	22	-	6,6	10	12
Czech aer	84	28	6,6	-	7,6	9
Unitrans	91	26	10	7,6	-	3,2
AGC flat	93	28	12	9	3,2	-

Při 1. okruhu je použit 13t automobil a okruh je označen modrou barvou. Vytížení automobilu je 11,284t, není plně využito jeho kapacity, ale přidáním dalšího místa by byla překročena. Řidič zvolil cestu z Prahy do Czech Aerosol, dále do Unitransport Teplice přes ACG Flat glas do Het a naposledy M + L Most a zpět do Prahy. Tato cesta je dlouhá 236 km.

Tabulka 4 - 2. trasa

	Praha	Audo	Chemotex	Spolek	Labar
Praha	-	96	90	86	87
Audo	96	-	5,4	25	27
Chemotex	90	5,4	-	20	22
Spolek	86	25	20	-	1,4
Labar	87	27	22	1,4	-

U 2. okruhu je využito 13t vozidlo, okruh je označen hnědou barvou. Vozidlo veze náklad o hmotnosti 12,698t, auto opět není plné, ale přidáním dalšího místa by byla kapacita překročena. Byla použita trasa, kdy se z Prahy jelo do Spoleku pro chemickou do Labaru, nadále do Chemotex a do AUDO Victoria a zpět do Prahy. Trasa měří 238 km.

Tabulka 5 - 3. trasa

	Praha	ZOD	Chalk	Biso	Eson	Nová Ves
Praha	-	87	68	61	40	53
ZOD	87	-	21	35	52	40
Chalk	68	21	-	16	33	21
Biso	61	35	16	-	21	21
Eson	40	52	33	21	-	16
Nová Ves	53	40	21	21	16	-

3. okruh je označen růžovou barvou a je použito vozidlo typu 5,2t. Vozidlo veze hmotnost 5,0833t. Další místo není možné přidat, jelikož by nebyla dodržena maximální kapacita vozidla. Okruh začíná v Praze, odkud dále pokračuje do Esonu a do Nové Vsi pod Pleší. Jako další je na trase Biso, Hostomice a Chalk a poslední je na trase ZOD, Starosedlský Hrádek.

Okruh měří 265 km.

Tabulka 6 - 4. trasa

	Praha	Lovochemie	Flexfill	Mondi
Praha	-	67	67	49
Lovochemie	67	-	2,2	28
Flexfill	67	2,2	-	30
Mondi	49	28	30	-

4. trasa je vyznačena oranžovou barvou a jedná se o vozidlo typu 24t, které veze náklad o hmotnosti 23,93t. Přidáním dalšího místa by byla překročena kapacita vozidla. Z centrály se jede do Lovosic, kde se nejprve vyloží v Lovochemii a poté ve Flexfillu, a po cestě zpět do centrály se vyloží v Mondí ve Štětí. Okruh je dlouhý 164 km.

Tabulka 7 - 5. trasa

	Praha	TPCA	Chocoland	Vavruška	OTK Grup
Praha	-	52	49	48	49
TPCA	52	-	4,6	6,8	7,2
Chocoland	49	4,6	-	2,4	3
Vavruška	48	6,8	2,4	-	1,8
OTK Grup	49	7,2	3	1,8	-

Okruh 5 je označen světle zelenou barvou, veze náklad o hmotnosti 2,649t a je použito vozidlo o hmotnosti 3,5t. Další místo není možné přidat. Řidič firmy Brenntag jel z centrály do Kolína, kde se nejprve vykládalo v TPCA, poté v Chocolandu, pak v OTK a posledním místem vykládky bylo ve firmě Vavruška. Trasa měla 118 km.

Tabulka 8 - 6. trasa

	Praha	Ekofrukt	Pepsico	Coca-Cola
Praha	-	49	8,6	8,6
Ekofrukt	49	-	41	44
Pepsico	8,6	41	-	4,8
Coca cola	8,6	44	4,8	-

U trasy 6 je použito vozidlo typu 24t a má naloženo 16,848t. Je označen fialovou barvou. Z hlediska vzdálenosti a hmotnosti není možno přidat další místo do okruhu. Okruh začíná v centrále, odkud pokračuje do EkoFruktu Slaný, do Coca-Coly a Pepsica v Praze. Trasa je dlouhá 126 km.

Tabulka 9 - 7. trasa

	Praha	Bestaring	Škoda	Reticel	AFT	Inx	Inchema
Praha	-	45	44	43	22	9	2,1
Bestaring	45	-	1,2	5,4	31	39	48
Škoda	44	1,2	-	1,2	30	37	44,5
Reticel	43	5,4	1,2	-	29	37	46
AFT	22	31	30	29	-	18	24
Inx	9	39	37	37	18	-	9,5
Inchema	2,1	48	44,5	46	24	9,5	-

Trasa 7 je označena červenou barvou a byl použit automobil typu 13t vezoucí zboží o hmotnosti 11,396t. Z hlediska povolené hmotnosti není možné přidat další místo. Z centrály se jede do Inchemy, dále do Inxu v Brandýse, pak do Mladé Boleslavi, kde se nejdříve vykládalo v Reticelu a poté ve Škodě. Další místo vykládky bylo v Bestaringu a poté AFT v Lysé nad Labem. Okruh má 117 km.

Tabulka 10 - 8. trasa

	Praha	Lanza Biotec	Saint Globain	Pragochema	Techneco
Praha	-	35	26	12	3,9
Lanza Biotec	35	-	13	32	32
Saint Globain	26	13	-	19	23
Pragochema	12	32	19	-	8,9
Techneco	3,9	32	23	8,9	-

U okruhu číslo 8 je využito vozidlo typu 13t, které má naloženo 12,823t; okruh je označen žlutou barvou. Není možno přidat další místo z hlediska kapacity. Prvním místem vykládky bylo Techneco a dále Pragochema. Dalším místem byla Lanza Biotec a posledním místem bylo Sant Globain. Okruh měří 103 km.

Tabulka 11 - 9. trasa

	Praha	Alcan	Popovice	PSR	CzechiaChem
Praha	-	31	26	2,2	22
Alcan	31	-	6,2	33	53
Popovice	26	6,2	-	27,5	47
PSR	2,2	33	27,5	-	21
CzechiaChem	22	53	47	21	-

Trasa 9 je označena tmavě zelenou barvou. Veze náklad o hmotnosti 5,964t a bylo použito vozidlo typu 8t. Další místo je z hlediska kapacity možné, ale všechna místa už byla zařazena do okruhů. Trasa číslo 9 začíná v centrále, odkud pokračuje do Tišic a dále do P. S. R. a do Alcanu a jako poslední jsou na trase Velké Popovice. Okruh je dlouhý 162 km.

Při dodržení všech omezujících podmínek jsou dané trasy optimální, pokud by neexistovaly, bylo by možné některé okruhy spojit. Okruh 1 a 2 by bylo možné spojit dohromady za předpokladu, že by neexistovala omezující podmínka pro Unitrans a Audo.

Dále by bylo možné připojit k okruhu číslo 3 okruh číslo 9, ale jelikož u míst Chalk

a Alcan existuje časové omezení, není toto spojení možné. U trasy 5 je omezení u místa TPCA, kam je zapotřebí poslat pouze 3,5t auto.

Mayerova metoda zařadila místa do jednotlivých okruhů, ale neurčila nám jednotlivá pořadí vykládek. K tomu dále poslouží metoda větví a mezí, která bude řešena přes program TSPKOSA.

4.3.3. Optimalizace jednotlivých okruh

Postup metody větví a mezí je podrobněji popsán v kapitole č. 3.2.8. Je to jedna z nejpoužívanějších metod, jelikož její výsledky se nejvíc blíží optimálnímu řešení. Každá trasa musí začínat v centrále v Praze. K řešení byl využit program TSPKOSA.

Jako nejvhodnější trasy nám program vyhodnotil:

1. trasa:

Czech Aerosol, Rtně nad Bílinou - AGC Flat glas, Dubí 3 Pozorka - Unitransport Teplice - Het, Ohníč - M+L Most - Centrála, Praha Horní Počernice - Czech Aerosol, Rtně nad Bílinou

Celková délka trasy = 226,2 km

Centrálu je nutno preferovat jako výchozí bod, proto je nezbytné trasu upravit.

Upravená trasa:

Centrála, Praha Horní Počernice - Czech Aerosol, Rtně nad Bílinou - AGC Flat glas, Dubí 3 Pozorka - Unitransport Teplice - Het, Ohníč - M+L Most - Centrála, Praha Horní Počernice

2. trasa:

Chemotex, Děčín - AUDO victoria, Děčín - Spolek pro chemickou - Labar, Ústí nad Labem - Centrála, Praha Horní Počernice - Chemotex, Děčín

Celková délka trasy = 208,8 km

Upravená trasa:

Centrála, Praha Horní Počernice - Chemotex, Děčín - AUDO victoria, Děčín - Spolek pro chemickou - Labar, Ústí nad Labem - Centrála, Praha Horní Počernice

3. trasa:

Chalk, Příbram - ZOD, Starosedlský hrádek - Biso, Hostomice - Eson, Lety u Dobřichovic - Centrála, Praha Horní Počernice - Nová ves pod Pleší - Chalk, Příbram

Celková délka trasy = 191 km

Upravená trasa:

Centrála, Praha Horní Počernice - Nová ves pod Pleší - Chalk, Příbram - ZOD, Starosedlský hrádek - Biso, Hostomice - Eson, Lety u Dobřichovic - Centrála, Praha Horní Počernice

4. trasa:

Mondi, Štětí – Lovochemie, Lovosice - Flexfill – Lovosice - Centrála, Praha Horní Počernice - Mondi, Štětí

Celková doba trasy = 146,2 km

Upravená trasa:

Centrála, Praha Horní Počernice - Mondi, Štětí - Lovochemie, Lovosice - Flexfill – Lovosice - Centrála, Praha Horní Počernice

5. trasa:

Vavruška, Kolín - OTK Grup, Kolín - Chocoland, Kolín - TPCA, Kolín - Centrála, Praha Horní Počernice - Vavruška, Kolín

Celková délka trasy = 109,4 km

Upravená trasa:

Centrála, Praha Horní Počernice - Vavruška, Kolín - OTK Grup, Kolín - Chocoland, Kolín
- TPCA, Kolín - Centrála, Praha Horní Počernice

6. trasa:

Pepsico, Praha 9 - EkoFrukt, Slaný – Coca-Cola, Praha Kyje - Centrála, Praha Horní
Počernice - Pepsico, Praha 9

Celková délka trasy = 102,2 km

Upravená trasa:

Centrála, Praha Horní Počernice - Pepsico, Praha 9 -- EkoFrukt, Slaný – Coca-Cola, Praha
Kyje - Centrála, Praha Horní Počernice

7. trasa:

AFT, Lysá nad Labem - Centrála, Praha Horní Počernice - Inchema, Praha Horní
Počernice - Inx, Brandýs nad Labem - Bestaring, Kosmonosy - Škoda, Mladá Boleslav -
Reticel, Mladá Boleslav - AFT, Lysá nad Labem

Celková délka trasy = 104 km

Upravená trasa:

Centrála, Praha Horní Počernice - Inchema, Praha Horní Počernice - Inx, Brandýs
nad Labem - Bestaring, Kosmonosy - Škoda, Mladá Boleslav - Reticel, Mladá Boleslav -
AFT, Lysá nad Labem - Centrála, Praha Horní Počernice

8. trasa:

Lonza Biotec, Kouřím - Sant Globain, Kozojedy - Pragochema, Praha Uhřetěves -
Techneco, Praha Běchovice - Centrála, Praha Horní Počernice - Lonza Biotec, Kouřím

Celková délka trasy = 79,8 km

Upravená trasa:

Centrála, Praha Horní Počernice - Lonza Biotec, Kouřim - Sant Globain, Kozojedy - Pragochema, Praha Uhřetěves - Techneco, Praha - Běchovice - Centrála, Praha Horní Počernice

9. trasa:

Alcan, Kamenice - Plzeňský prazdroj, Velké Popovice - CzechiaChem, Tišice - P. S. R. Praha 9 - Centrála, Praha Horní Počernice - Alcan, Kamenice

Celková délka trasy = 107,4 km

Upravená trasa:

Centrála, Praha Horní Počernice - Alcan, Kamenice - Plzeňský prazdroj, Velké Popovice - CzechiaChem, Tišice - P. S. R. Praha 9 - Centrála, Praha Horní Počernice

4.4. Porovnání používané trasy a navržené

Pokud porovnáme trasy, které jsme získali z výpočtů metody větví a mezí, která byla vypočítána za pomoci programu TSPKOSA, s trasami, které byly použity řidiči firmy Brenntag, dojdeme k závěru, že ani jedna z 9 tras není shodná. Pořadí vykládek se liší.

V další kapitole, nalezneme porovnání kilometrů jednotlivých tras a zhodnocení, jaké řešení je výhodnější z hlediska vzdálenosti, zda jsou to řešení firmy nebo nově navrhovaná.

4.5. Porovnání ujetých kilometrů

Tabulka č. 12 – Porovnání km

	Používaná trasa (km)	Navržená trasa (km)	Úspora (km)
1. trasa	236	226,2	9,8

2. trasa	238	208,8	29,2
3. trasa	265	191	74
4. trasa	164	146,2	17,8
5. trasa	118	109,4	8,6
6. trasa	126	102,2	23,8
7. trasa	117	104	13
8. trasa	103	79,8	23,2
9. trasa	162	107,4	54,6

Podle uvedené tabulky jsou nově navrhované okruhy kratší. V prvním sloupci jsou označené trasy, druhý ukazuje počet kilometrů u používaných tras, ve třetím sloupci je znázorněn počet kilometrů nové trasy a poslední sloupec určuje rozdíl mezi trasami. U používaných tras se celkem ujelo 1529 km a u navržených tras je to 1275 km.

V celkovém součtu by se při používání nově navrhovaných tras ujelo o 254 km méně než při současných trasách.

4.6. Finanční zhodnocení

Finanční náklady na dopravu se liší podle druhu automobilu, který je k dopravě použit. Ceny níže uvedené jsou smluvní ceny mezi firmou Brenntag a Ronytrans.

Tabulka č. 13 - Náklady na dopravu

druh automobilu	cena za km
3,5 t	18,06 Kč
5,2 t	18,69 Kč
8 t	20,37 Kč
10 t	21,53 Kč
13 t	23,42 Kč
24 t	26,04 Kč

4.6.1. Výpočet ceny

Pro výpočet nákladů je použita smluvní cena za km (viz tabulka č. 13) dle tonáže vozu a počet kilometrů ujetých v rámci trasy.

Tabulka č. 14 – Jednotlivé náklady na trasy u nově navržených tras

Označení trasy	hmotnost vozidla	vzdálenost km	cena za km	cena celkem
1. trasa	13t	226,2	23,42 Kč	5 297,60 Kč
2. trasa	13t	208,8	23,42 Kč	4 890,10 Kč
3. trasa	5,2t	191	18,69 Kč	3 569,79 Kč
4. trasa	24t	146,2	26,04 Kč	3 807,05 Kč
5. trasa	3,5t	109,4	18,06 Kč	1 975,76 Kč
6. trasa	24t	102,2	26,04 Kč	2 661,29 Kč
7. trasa	13t	104	23,42 Kč	2 435,68 Kč
8. trasa	13t	79,8	23,42 Kč	1 868,92 Kč
9. trasa	8t	107,4	20,37 Kč	2 187,74 Kč

Tabulka ukazuje, jak nákladné budou jednotlivé navržené trasy. Celkové finanční náklady na rozvoz veškerého zboží u navržené trasy činí 28 693,92 Kč.

Tabulka č. 15 – Jednotlivé náklady na trasy u použitých tras

označení trasy	hmotnost vozidla	vzdálenost km	cena za km	cena celkem
1. trasa	13t	236	23,42 Kč	5 527,12 Kč
2. trasa	13t	238	23,42 Kč	5 573,96 Kč
3. trasa	5,2t	265	18,69 Kč	4 952,85 Kč
4. trasa	24t	164	26,04 Kč	4 270,56 Kč
5. trasa	3,5t	118	18,06 Kč	2 131,08 Kč
6. trasa	24t	126	26,04 Kč	3 281,04 Kč
7. trasa	13t	117	23,42 Kč	2 740,14 Kč

8. trasa	13t	103	23,42 Kč	2 412,26 Kč
9. trasa	8t	162	20,37 Kč	3 299,94 Kč

Ve výše uvedené tabulce je uvedena nákladnost používaných tras. Celkové finanční náklady doposud používaných okruhů jsou 34 188,95 Kč.

Tabulka č. 16 – Finanční zhodnocení

	Použita trasa	Navržená trasa	Úspora
1. trasa	5 527,12 Kč	5 297,60 Kč	229,52 Kč
2. trasa	5 573,96 Kč	4 890,10 Kč	683,86 Kč
3. trasa	4 952,85 Kč	3 569,79 Kč	1 383,06 Kč
4. trasa	4 270,56 Kč	3 807,05 Kč	463,51 Kč
5. trasa	2 131,08 Kč	1 975,76 Kč	155,32 Kč
6. trasa	3 281,04 Kč	2 661,29 Kč	619,75 Kč
7. trasa	2 740,14 Kč	2 435,68 Kč	304,46 Kč
8. trasa	2 412,26 Kč	1 868,92 Kč	543,34 Kč
9. trasa	3 299,94 Kč	2 187,74 Kč	1 112,20 Kč

Tabulka č. ukazuje finanční úsporu na jednotlivých trasách. Celková finanční úspora činí 5495,02 Kč.

4.7. Zhodnocení výsledků

Při použití ekonomicko matematických modelů, byly nalezeny kratší trasy pro všech 9 okruhů, než byly doposud používány. K nalezení optimálního řešení byla nejprve použita Mayerova metoda k rozdělení rozvozových míst do jednotlivých okruhů. Dále byla využita metoda větví a mezí, která byla řešena za pomoci programu TSPKOSA.

Celkově byly vypočítány trasy kratší o 254 km, což vedlo i k finanční úspoře u jednotlivých tras, celkově tato úspora činí 5495,02 Kč. Z čehož vyplývá, že by se měla firma Brenntag zaměřit na optimalizaci všech svých rozvozových dnů pomocí optimalizačních metod. Využití u všech rozvozových dní by vedlo k finanční úspoře.

5. Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo pomocí známých ekonomicko matematických metod pro řešení okružních dopravních problémů, najít optimální trasy, které by byly vhodnější než původní trasy zvolené řidiči společnosti, a zároveň zajistit co největší finanční úsporu.

Nejprve byly za pomoci Mayerovy metody rozřazeny trasy na jednotlivé okruhy. Na okruzích byly použity dopravní automobily s různou přepravní hmotností a různými náklady na přepravu. Firma rozváží po celé České republice a u některých adresátů existují omezení na hmotnost automobilu či jiná omezení, která neumožňují spojení jednotlivých rozvozových míst. Z této metody jsme vyvodili 9 tras, které nejlépe splňovaly veškeré podmínky, které má firma stanovené. Cílem bylo zajistit na trasách co největší finanční úsporu. Následně byl využit výpočetní program TSPKOSA pro hledání optimálního řešení. Byly provedeny výpočty pro všech 9 okruhů za pomoci metody větví a mezí, která je ze všech ekonomicko matematických metod nejlepší pro daný dopravní problém. Výsledkem bylo, že je možné ujet celkovou trasu za 1 275 km, což je o 254 km méně než při současných trasách, jejichž celková délka činí 1 529 km. Po vypočítání finančních položek tras činí finanční úspora 5 495,02 Kč. Celkově vyjde nově navržený okruh na 28 693,92 Kč a původně použité trasy na 34 188,95 Kč.

Po zhodnocení výsledků, jsem dospěla k závěru, že trasy zvolené řidiči nebyly nejefektivnější a že existují lepší řešení z hlediska vzdálenosti a nákladů. Při využívání daných metod při plánování tras je vidět, že by došlo ke zlepšení dopravy a k finanční úspoře nákladů. Dále bych firmě doporučila použít ekonomicko matematické metody na všechny rozvozové dny a veškeré okruhy. Myslím si, že by firma snížila ročně svojí částku na dopravu velice výrazně. Což by přirozeně vedlo i k úspoře na vozový park, jelikož by automobily ujely výrazně méně kilometrů, snížilo by to i jejich opotřebenost. Doporučovala bych využívat metodu větví a mezí, která je z ekonomicko matematických metod pro daný dopravní problém nejlepší, protože nám vyhodnotí optimální trasy. Pro firmu by určitě bylo dobrou investicí zakoupení nějakého programu, který pracuje s navrženými algoritmy a do kterého stačí pouze zadat data a omezení, daný program by určitě ulehčil celý proces plánování dopravy.

6. Seznam použitých zdrojů

1. DRAHOTSKÝ I., ŘEZNÍČEK B., 2003. Logistika – procesy a jejich řízení. 1.vyd., COMPUTER PRESS, Brno, ISBN 80-7226-521-0.
2. SVOBODA V., LATÝN P., 2004. Logistika. 2. vyd., ČVUT, Praha, ISBN 80-01-02735-X.
3. SCHULTE CH., 1991. Logistika. Mnichov, Verlag Franz Vahlen GmbH, ISBN 80-85605-87-2 .
4. SYNEK M., KISLINGEROVÁ E a kol., 2010. Podniková ekonomika. 5. vyd., C. H. Beck, Praha, ISBN 978-80-7400-336-3.
5. ŠUBRT T a kol., 2011. Ekonomicko – matematické metody. Aleš Čeněk, Plzeň, ISBN 978-80-7380-345-2.
6. TUZAR A., MAXA P., SVOBODA V., 1997. Teorie dopravy. 1.vyd., ČVUT, Praha, ISBN 80-01-01637-4.
7. JANOUCHE L., 2013. Plánování tras kamionové dopravy. Bakalářská práce, Česká zemědělská univerzita, Praha.
8. KUBISKOVÁ V., 2011. Racionalizace distribučních plánů vybrané společnosti. Bakalářská práce, Česká zemědělská univerzita, Praha.
9. Brenntag [Online] Brenntag CR s.r.o. [Citace: 11. 10. 2014.] <http://www.brenntag.cz/brenntag-cr/>.
10. Maps, Google. Mapy Google. [Online] Google Maps - ©2014 Google. [Citace: 19. 10. 2014.] <https://maps.google.com/>.

11. BROŽOVÁ H., HOUŠKA M., 2003. Základní metody operační analýzy. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, ISBN 80-213-0951-2
12. KREJČÍ I., KUČERA P., 2010. Program TSPKOSA. Vytvořeno s podporou Fondu rozvoje vysokých škol, projekt 2678/2010, Praha
13. HANUŠ F., 1992. Systémová a operační analýza. 1. vydání. Praha: Editační středisko ČVUT, 196 s. ISBN 80-01-00760-X.

7. Seznam použitých tabulek a obrázků

7.1. Seznam tabulek

Tabulka 1 – množství dodávaného materiálu a označení míst číslem

Tabulka 2 – vzdálenost mezi městy (km)

Tabulka 3 – 1. trasa

Tabulka 4 – 2. trasa

Tabulka 5 – 3. trasa

Tabulka 6 – 4. trasa

Tabulka 7 – 5. trasa

Tabulka 8 – 6. trasa

Tabulka 9 – 7. trasa

Tabulka 10 – 8. trasa

Tabulka 11 – 9. trasa

Tabulka 12 – Porovnání km

Tabulka 13 – Náklady na dopravu

Tabulka 14 – Jednotlivé náklady na trasy u nově navržených tras

Tabulka 15 – Jednotlivé náklady na trasy u použitých tras

Tabulka 16 – Finanční zhodnocení

7.2. Seznam obrázků

Obrázek 1 – Jednostupňový dopravní problém

Obrázek 2 – Brenntag CR s.r.o