

Využití metod lineárního programování při optimalizaci distribuce vína ve vybraném podniku

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

Ing. Pavel Kolman, Ph.D.

Karina Švancarová

Brno 2015

Ráda bych tímto poděkovala Ing. Pavlu Kolmanovi, Ph.D., za jeho ochotu a rady týkající se mé bakalářské práce. Velké poděkování také patří Ing. Ivu Štorkovi za poskytnutá data.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Využití metod lineárního programování při optimalizaci distribuce vína ve vybraném podniku**

vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 22. května 2015

Abstract

ŠVANCAROVÁ, K. *Application of linear programming in optimization of wine distribution in selected company*. Bachelor thesis. Brno: Mendel University, 2015.

This bachelor thesis deals with an application of linear programming used to reinforce wine distribution in company Vinice-Hnanice, Ltd. It is a matter of multi-circuit transport problem. The aim of this thesis is to construct an optimized distribution network for delivering wine products. For these purposes is to be used Mayer's method, Little's method and program LINGO. The major intent is to improve the state of the current distribution.

Keywords

Multi-circuit transport problem, Mayer's method, LINGO, Little's method.

Abstrakt

ŠVANCAROVÁ, K. *Využití metod lineárního programování při optimalizaci distribuce vína ve vybraném podniku*. Bakalářská práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015.

Bakalářská práce se zabývá využitím metod lineárního programování při řešení distribuce vína ve společnosti Vinice-Hnanice, s. r. o. Jedná se o víceokruhový dopravní problém a cílem práce je navrhnout optimalizovanou distribuční síť pro rozvoz vína. Pro tyto účely bude využito Mayerovy metody, Littlovy metody a programu LINGO. Snahou bude dospět k lepšímu než současnému řešení distribuce.

Klíčová slova

Víceokruhový dopravní problém, Mayerova metoda, LINGO, Littlova metoda.

Obsah

1	Úvod a cíl práce	10
1.1	Úvod.....	10
1.2	Cíl práce.....	11
2	Literární přehled	12
2.1	Logistika.....	12
2.2	Doprava.....	12
2.3	Operační výzkum.....	12
2.4	Lineární programování.....	14
2.5	Distribuční úlohy.....	16
2.5.1	Dopravní problém.....	17
2.5.2	Okružní problém.....	19
2.6	Metody řešení okružního problému.....	21
2.6.1	Mayerova metoda.....	21
2.6.2	Littleova metoda.....	22
2.7	Počítačové zpracování úloh LP.....	23
2.7.1	STORM.....	23
2.7.2	LINDO.....	24
2.7.3	LINGO.....	24
3	Materiál a metodika	25
4	Vlastní práce	26
4.1	Charakteristika společnosti.....	26
4.1.1	Základní informace.....	26
4.1.2	Současné řešení distribuce.....	26
4.2	Zpracování získaných dat.....	27
4.3	Tvorba okružních jízd pomocí Mayerovy metody.....	34
4.4	Seřazení prvků okružních jízd.....	41
4.4.1	Řešení problému v programu LINGO.....	41

4.4.2	Seřazení odběratelských míst pomocí Littlovy metody	47
4.5	Srovnání současného řešení distribuce a získaných výsledků	47
5	Diskuse	50
6	Závěr	52
7	Literatura	53
A	Seřazení prvků okruhu A za pomoci Littlovy metody	56

Seznam obrázků

Obr. 1	Schéma rozhodovacího procesu	13
Obr. 2	Definice zdrojových a cílových míst	31
Obr. 3	Část kódu v programu LINGO	42
Obr. 4	Seřazení odběratelských míst okruhu A	43

Seznam tabulek

Tab. 1:	Formulace modelu dopravního problému	17
Tab. 2	Základní informace o dopravních prostředcích	27
Tab. 3	Seznam měsíců seřazený vzestupně dle hmotností objednávek za jednotlivé měsíce	28
Tab. 4	Seznam extrémních hodnot	29
Tab. 5	Přiřazení extrémních objednávek k vozidlům	30
Tab. 6	Ukázka matice vzdáleností v km s příslušnými požadavky v kg	32
Tab. 7	Ukázka časové matice s vykládkami v min	33
Tab. 8	Matice vzdáleností a výběr nejvzdálenějšího místa od Areálu Devět mlýnů v Hnanicích	35
Tab. 9	Ověření nepřekročení stanovených limitů	35
Tab. 10	Ověření možného překročení stanovených limitů po přidání dalšího místa do okruhu	36
Tab. 11	Ověření nepřekročení daných limitů po přidání třetího místa do okruhu	36
Tab. 12	Ověření možného překročení daných limitů	36
Tab. 13	Souhrn informací o okruhu A	37
Tab. 14	Souhrn informací o okruhu B	37
Tab. 15	Souhrn informací o okruhu C	38
Tab. 16	Souhrn informací o okruhu D	38
Tab. 17	Souhrn informací o okruhu E	39
Tab. 18	Souhrn informací o okruhu F	39
Tab. 19	Souhrn informací o okruhu G	40

Tab. 20	Souhrn informací o okruhu H	40
Tab. 21	Souhrn informací o okruhu I	41
Tab. 22	Matice vzdáleností okruhu A v km	42
Tab. 23	Řešení okružního problému v programu LINGO	44
Tab. 24	Souhrn nejdůležitějších informací o seřazených okružních trasách	46
Tab. 25	Vyčíslení kilometrové, nákladové a časové náročnosti všech tras	48
Tab. 26	Vyčíslení náročnosti tras společností	49
Tab. 27	První krok Littlovy metody	56
Tab. 28	Druhý krok Littlovy metody	57
Tab. 29	Poslední krok Littlovy metody	57

1 Úvod a cíl práce

1.1 Úvod

V dnešním světě globalizace má velký vliv na úspěšnost podniku každodenní rozhodování. Často je na management firem vyvíjen tlak, aby se rychle a zároveň správně rozhodl. To je zapříčiněno nutností být na obsazovaném trhu konkurenceschopným, popřípadě být před konkurencí o krok napřed. Je důležité podotknout, že zdravá konkurence je pro každý podnik přínosná, jelikož vede jednotlivé subjekty k vývoji a ke zdokonalování celého systému podniku, jeho dílčích složek i jednotlivých procesů.

Řadu rozhodnutí je potřeba udělat i v oblasti logistiky, jelikož pouze z dobře propracovaného logistického systému může firma čerpat výhody ať už v rámci zmiňované konkurence, nebo vlastních zájmů snižování nákladů. Musí tedy brát zřetel na vnější i vnitřní prostředí podniku.

V současnosti, kdy jsou jednotlivé trhy poměrně rozvinuté a nasycené, bývá i pro samotného zákazníka obtížné vybrat si svého dodavatele. V nabídce je spousta zboží podobné kvality i ceny, proto rozhodujícím aspektem často bývá zákaznický servis. Jedním ze způsobů, jak se k zákazníkům přiblížit, je právě vhodná logistika. Správnost, včasnost a rychlost dodané objednávky každý z klientů ocení a zároveň to posílí dodavatelsko-odběratelské vztahy.

Když se zaměříme na další náplň logistického řetězce, a to přepravu zboží, kterou se v této práci budu zabývat, tak zjistíme, že jde o jednu z finančně nejnákladnějších složek logistiky. Cenu pohonných hmot v České republice ovlivňuje dohoda Evropské unie o jednotnosti cen rafinérií, které se řídí cenou dosaženou na komoditní burze v Rotterdamu. Konečná cena však závisí na výši stanovené marže, kterou určují samotní prodejci benzínu a nafty. Cenový vývoj lze tedy pouze předvídat. Proto je vhodné se nespolehat na nízké ceny pohonných hmot, ale vytvořit si pro přepravu zboží vhodnou distribuční síť, která zajistí přiměřený počet najetých kilometrů při rozvozu objednávek a s tím spojené úměrné náklady.

Některé podniky, pokud nevyužívají služeb externích dopravců, sestavují trasy rozvozu zboží na základě vlastních zkušeností, subjektivního uvážení či za pomoci GPS navigace. To nemusí být vždy dostatečně úsporné, proto je příhodné v dnešním světě technologií a výpočetní techniky budovat informační systémy, využívat softwarových produktů a s jejich pomocí vytvářet optimální přepravní trasy.

U zmiňované problematiky je vhodné využít metod lineárního programování operačního výzkumu. Pro jejich aplikaci je potřeba nastudovat a pochopit algoritmy vhodných metod, avšak se softwarovou podporou dochází k rychlému zpracování dat se skvělými výsledky.

1.2 Cíl práce

Bakalářská práce se bude zabývat využitím zvolených metod lineárního programování a jejich aplikací na data získaná od vybrané společnosti Vinice-Hnanice, s. r. o., který distribuuje víno po celé České republice.

Hlavním cílem této práce je vytvoření návrhu optimálních distribučních tras pro daný podnik za časové období 1 měsíc. Trasy budou sestaveny tak, aby řidič najel co možno nejmenší počet kilometrů. Důraz je tedy kladen na snižování nákladů.

Aby toho bylo možné dosáhnout, musí být splněny tyto **dílčí cíle**:

- Zpracování dostupných dat, což zahrnuje vytvoření matice vzdáleností mezi jednotlivými odběrateli a matice časové.
- Tvorba jednotlivých okružních tras.
- Seřazení odběratelských míst vzniklých okruhů jak s využitím dostupného počítačového systému, tak za pomoci aplikování vhodné metody.
- Porovnání navrženého řešení se současným stavem řešení distribuce, kdy dojde k ekonomickému zhodnocení nákladů a úspor.

2 Literární přehled

2.1 Logistika

Logistika, jak ji známe dnes, se začala vyvíjet v USA po konci druhé světové války v návaznosti na takzvanou logistiku vojenskou. Ta se vztahovala pouze na řízení vojenských potřeb jako je zásobování potravinami, zbraněmi či municí a na přípravu vojenských akcí, avšak vstupem logistiky do podnikové sféry se začalo pracovat se zbožím, surovinami, polotovary, výrobky, relevantními daty a informacemi týkající se zásobování, přepravy, skladování, manipulace a balení. (Stehlík a Kapoun, 2008, s. 15)

Jedna z mnoha definic logistiky zní takto: „*Logistika uvádí do vztahů zboží, lidi, výrobní kapacity a informace, aby byly na správném místě, ve správném čase, ve správném množství, ve správné kvalitě a za správnou cenu.*“ (Institute of Logistics, 1995)

Se stále rostoucí globalizací musí být firmy konkurenceschopné a tak nesmí být význam logistiky opomíjen. Z marketingového hlediska se dnes klade velký důraz na spokojenost koncového zákazníka a právě logistika výrazně ovlivňuje úroveň zákaznického servisu. Dobře nastavený logistický systém napomáhá snižovat náklady firem. (Drahotský a Řezníček, 2003, s. 2)

2.2 Doprava

Doprava je dle Vaněčka a Kalába (2004, s. 56) záměrná činnost, která spočívá v přemístování osob nebo věcí, jež se uskutečňuje různými dopravními prostředky a dopravními technologiemi po dopravních cestách a to v prostoru a čase. Zdůrazňuje, že produktem dopravy je nehmotný, užitečný efekt přemístění, nikoliv přepravované hmotné statky.

To poukazuje na vztah mezi logistikou a dopravou. Doprava je součástí, respektive jednou z náplní, logistiky.

Dopravní soustavu České republiky tvoří silniční, železniční, vnitrozemský vodní, letecký systém, dále systém městské hromadné dopravy a další již méně využívané systémy, které jsou mezi sebou propojeny a zároveň dochází k jejich vzájemnému ovlivňování. (Čujan a Tomek, 2010, s. 4).

Doprava v logistickém systému tvoří finančně nákladnou položku, kterou je snaha snižovat. Promyšlený a detailně propracovaný dopravní systém může být v oběhovém procesu velkým přínosem. (Čujan a Tomek, 2010, s. 4)

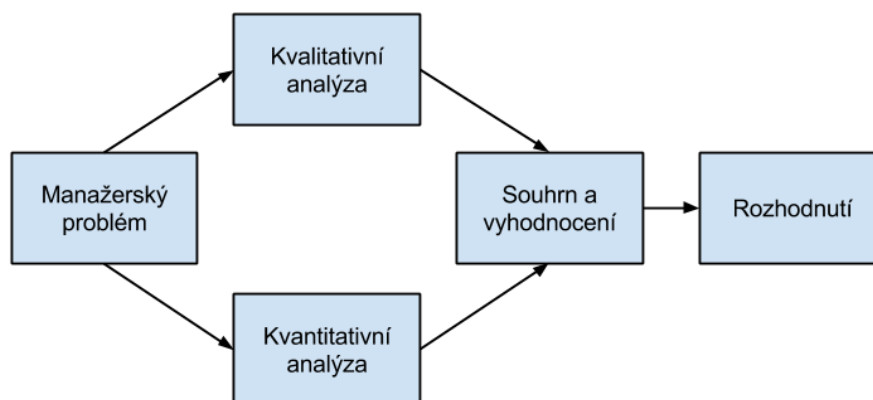
2.3 Operační výzkum

Nejprve by bylo vhodné tento termín definovat. Dle Jablonského (2007, s. 9) je možné operační výzkum charakterizovat jako „*soubor relativně samostatných disciplín, které jsou zaměřeny na analýzu různých typů rozhodovacích problémů*“. Lze

aplikovat u analýzy a koordinace operací, které jsou prováděny v rámci nějakého systému. Při tom je nutné nastavit vysokou úroveň vykonávání operací a také stanovit vzájemný vztah probíhajících operací, aby kompletní systém fungoval co nejlépe.

Operační výzkum se začal vyvíjet ve 30. letech 20. století a je neodmyslitelně spojen s nositeli Nobelovy ceny za ekonomii G. B. Dantzingem a L. Kantorovičem. Vzhledem k vládnoucímu socialismu té doby na Východním bloku měly ekonomicko-matematické metody své využití a to především v souvislosti s dlouhodobým plánováním. K výraznému rozvoji dále došlo za 2. světové války. Jelikož se v současnosti mnoho zemí potýká s ekonomickou krizí a výrazně se lpí na snižování nákladů, mohou být nyní optimalizační metody ekonomickým subjektům velice přínosné. (Kolčavová, 2011, s. 9)

Jak již bylo naznačeno v definici operačního výzkumu, důležitou roli zde hraje rozhodovací proces. V každém systému, představit si nyní můžeme jakýkoliv podnik nebo národní hospodářství, se čas od času objeví nějaký problém, který je potřeba vyřešit. Tento problém, předpokládejme manažerský, se může analyzovat kvalitativně, tedy na základě manažerových zkušeností a úsudku, a kvantitativně, pomocí matematických technik. Důležité je shrnout a vyhodnotit obě dvě analýzy a následně provést rozhodnutí. Manažeři se musí každodenně správně a rychle rozhodovat, proto je tento proces klíčový. (Plevný a Žižka, 2007, s. 10)



Obr. 1 Schéma rozhodovacího procesu

Zdroj: Plevný a Žižka (2007, s. 10)

Při realizaci kvantitativní analýzy je dodržován následující postup. Zároveň musíme mít na mysli, že po celý čas této analýzy je nutné ověřovat, jestli vytvářený model odpovídá zkoumanému systému. V počáteční fázi dochází k důkladnému pozorování systému, aby byl odhalen problém a mohl být definován a zkonstruován. Významným bodem je příprava dat, kdy je potřeba mít k dispozici veškeré nezbyt-

né informace. Ve fázi řešení modelu dochází k výběru programového prostředku a následnému nalezení optimálního řešení. Bez správné interpretace výsledků je model sám o sobě bezvýznamný, proto je tento bod tím nejdůležitějším. Následně je třeba získané výsledky implementovat do ekonomické reality. (Plevný a Žižka, 2007, s. 11-12)

Mezi hlavní disciplíny operačního výzkumu Jablonský (2007, s. 13-16) řadí:

- matematické programování,
- vícekriteriální rozhodování,
- teorii grafů,
- teorii zásob,
- teorii hromadné obsluhy,
- modely obnovy,
- markovské rozhodovací procesy,
- teorii her,
- simulaci.

2.4 Lineární programování

Lineární programování se řadí mezi disciplíny operačního výzkumu a úlohy matematického programování. Podle Jablonského (2007, s. 19) řeší rozhodovací problémy, v rámci kterých jde o určení intenzit realizace procesů, jež probíhají v nějakém systému. Je nutné tolerovat veškeré podmínky ovlivňující probíhající procesy a zabezpečit nalezení takového optimálního výsledku, aby byl cíl rozhodování splněn co nejlépe.

Danou úlohu považujeme za lineární, pokud jsou veškeré proměnné v celém modelu ve formě první mocniny, nejsou argumentem žádné nelineární funkce a nemohou se mezi sebou roznásobit. (Plevný a Žižka, 2007, s. 27)

Důležitým krokem je formulace ekonomického a matematického modelu. Kolčavová (2011, s. 18) přirovnává ekonomický model k podobě zadání slovní úlohy. Obsahuje jak slovní, tak číselné údaje. Plevný a Žižka (2007, s. 28) dodávají, že by tento model měla sestavovat osoba znající fungování zkoumaného systému včetně veškerých souvislostí a která disponuje důvěryhodnými daty. Stevenson a Ozgur (2007, s. 107) zdůrazňují nutnost brát v úvahu ekonomický model, aby bylo možné vidět rámeček modelu lineárního programování. Je nápomocné nejprve o problému mluvit a až poté ho popisovat matematicky.

V rámci formulace matematického modelu se definují proměnné včetně jejich jednotek, omezující podmínky ze strany vstupu i výstupu, podmínky nezápornosti a stanoví se účelová funkce. (Kolčavová, 2011, s. 18)

Když začínáme sestavovat matematický model, Šubrt (2011, s. 15) uvádí, že vždy nejprve formulujeme takzvané rozhodovací proměnné, které zastupují jednotlivé procesy probíhající ve zkoumaném systému, a zároveň určíme jednotky. Po

vyřešení modelu získáme na místo proměnných výsledné číselné hodnoty. Příklad definice proměnné:

x_j ...počet vyrobených židlí v kusech

Zápis omezujících podmínek je v podobě lineárních nerovnic, výjimečně rovnic. Levou stranu zápisu tvoří skalární součin definované proměnné x_j a technicko-ekonomického koeficientu a_{ij} a pravou stranu konstanta znázorňující stanovený požadavek b_i . Tímto způsobem se dá vymezit například minimální výše požadovaného zisku nebo minimální počet oslovených zákazníků v rámci marketingové propagace. Používá se tento zápis, přičemž n ve vzorečku značí počet strukturních proměnných modelu: (Šubrt, 2011, s. 15-16)

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad (3)$$

Stevenson a Ozgur (2007, s. 106) tato omezení dělí na vnitřní a vnější. Jako vnitřní omezení uvádí množství surovin, které je pro dané oddělení dostupné, což může dále udávat limit týkající se možného množství vyprodukovaného výrobku. Také sem řadí pracovní dobu nebo technické požadavky, jako je doba sušení, či rozpočet. Do vnějších omezení dle nich spadají pracovněprávní předpisy týkající se práce přesčas či požadavků na školení. To vše ovlivňuje rozhodovací pravomoci a celý proces.

Účelová (kriteriální) funkce oceňuje kvalitu či efektivnost přípustných kombinací procesu pomocí cenového koeficientu c_j a reprezentuje cíl řešení problému. Tato funkce je závislá na definovaných proměnných. Můžeme se setkat s funkcí maximalizační, která se využívá například za účelem maximalizace zisku, produktivity či objemu výroby, nebo s funkcí minimalizační, kterou je vhodné použít v případě, kdy nám jde o minimalizaci ať už nákladů, nebo počtu kazových kusů. (Plevný a Žižka, 2007, s. 29)

$$z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \text{MAX} / \text{MIN} \quad (4)$$

Podmínky nezápornosti zabezpečují interpretovatelnost řešení. Definované proměnné bývají zadané v takových jednotkách, že kdyby výsledné hodnoty nabývaly záporných hodnot, v praxi by jejich splnění bylo nerealizovatelné. Například není možné zasadit minus 5 hektarů brambor. Dalším opodstatněním podmínek nezá-

pornosti je fakt, že se pro výpočty modelu lineárního programování často využívá simplexová metoda, která pracuje pouze s kladnými čísly proměnných. (Šubrt 2011, s. 17)

$$x_j \geq 0 \quad (5)$$

Kompletní obecný zápis matematického modelu úlohy lineárního programování Kolčavová (2011, s. 21) zapisuje následujícím způsobem, kdy m zastupuje počet vlastních omezení.

$$z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (6)$$

za podmínek

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1 \quad (7)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2 \quad (8)$$

⋮

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m \quad (9)$$

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

Do přehledu typických úloh lineárního programování, který uvádí Jablonský (2007, s. 26-28) spadají:

- úlohy výrobního plánování,
- úlohy finančního plánování,
- úlohy reklamního plánování,
- úlohy nutriční,
- úlohy směšovací,
- úlohy o dělení materiálu,
- úlohy o rozvrhování pracovníků,
- úlohy distribuční.

2.5 Distribuční úlohy

Jisté typy lineárního programování, jako je například dopravní, přiřazovací nebo okružní problém, mohou být řešeny použitím speciálních algoritmů namísto použití univerzální simplexové metody. Tyto algoritmy dávají možnost získat řešení s mnohem menší výpočetní zátěží, než jak by tomu bylo při použití simplexového algoritmu. (Stevenson a Ozgur, 2007, s. 276)

2.5.1 Dopravní problém

Dopravní problém představuje snahu najít nejlepší možný způsob přepravy zboží od dodavatelů (zdrojů) k odběratelům (cílovým místům) při minimálních nákladech. Dodavatelé, ať už továrny nebo regionální sklady, mají danou kapacitu nebo určité množství zboží k dispozici, tudíž jsou dodávky v některém směru omezeny. Stejně tak odběratelé, velkoobchodníci, maloobchodníci či přímo spotřebitelé, mají omezené kapacity. S těmito faktory se musí v rámci dopravního problému počítat a je potřeba určit jaký objem zboží bude od kterého dodavatele ke kterému odběrateli převezen. (Hanna, 1996, s. 137)

Šubrt (2011, s. 79) dodává platné předpoklady, které je nutno v průběhu řešení problému akceptovat:

- zboží je přepravováno za pomoci stejných dopravních prostředků,
- mezi jednotlivými dodavateli a odběrateli existuje pouze jedna dopravní cesta,
- mezi náklady na přepravu a množstvím přepravovaného produktu je přímá úměra.

Co se týče postupu řešení, vždy je v prvním kroku definováno m -zdrojů D_1, D_2, \dots, D_m s omezenými kapacitami a_1, a_2, \dots, a_m , s cílovými místy O_1, O_2, \dots, O_n a se stanovenými požadavky b_1, b_2, \dots, b_n . Jednotlivým dodavatelsko-odběratelským vztahům je přidělena hodnota c_{ij} , $i=1, 2, \dots, m$, $j=1, 2, \dots, n$, vypovídající o výši nákladů na přepravu zboží, případně o kilometrové vzdálenosti. Cílem je určit hodnoty proměnných x_{ij} , $i=1, 2, \dots, m$, $j=1, 2, \dots, n$, tedy stanovit přepravovaný objem zboží mezi i -tým dodavatelem a j -tým cílovým místem. Pro lepší srozumitelnost a přehlednost je vše znázorněno v následující Tab. 1.

Tab. 1: Formulace modelu dopravního problému

Zdroje	Cílová místa				Kapacity zdrojů
	O_1	O_2	...	O_n	
D_1	c_{11} x_{11}	c_{12} x_{12}	...	c_{1n} x_{1n}	a_1
D_2	c_{21} x_{21}	c_{22} x_{22}	...	c_{2n} x_{2n}	a_2
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\vdots
D_m	c_{m1} x_{m1}	c_{m2} x_{m2}	...	c_{mn} x_{mn}	a_m
Požadavky cíl. míst	b_1	b_2	...	b_n	$\sum_{j=1}^n b_j = \sum_{i=1}^m a_i$

Zdroj: Jablonský (2007, s. 92)

Jak již bylo naznačeno, předpokládá se, že celková kapacita všech dodavatelů je rovna celkové kapacitě všech odběratelů. Pokud tomu tak je, můžeme úlohu pova-

žovat za vyváženou a zároveň za řešitelnou. V praxi se většinou setkáme s úlohou nevyváženou. V případě, kdy dojde k převisu nabídky, doplníme k modelu fiktivního odběratele, jehož požadavek se rovná přebytečnému množství produktu ze strany nabídky. Tabulka se rozšíří o nový sloupec. V opačném případě, tedy když se vyskytne převis poptávky, přidáme fiktivního dodavatele s kapacitou chybějícího množství produktu a tabulka bude obsahovat nový řádek. (Šubrt, 2011, s. 79-80)

Při definování proměnných x_{ij} , říká Šubrt (2011, s. 81), že je vhodné zvolit dva indexy z důvodu lepší orientace v modelu. Index i značí číslo dodavatele a index j číslo odběratele.

Dále Šubrt (2011, s. 80-81) uvádí, že zápis prvních m rovnic soustavy omezujících podmínek vyjadřuje, že každý dodavatel doručí odběratelům tolik produktu, jaká je jeho kapacita. Zbýlých n rovnic určuje, že každý odběratel obdrží od dodavatelů zboží v požadovaném objemu. Plevný a Žižka (2007, s. 132) poukazují právě na tu skutečnost, že obě skupiny omezujících podmínek jsou zapsány v podobě rovnic.

Účelová funkce je zpravidla minimalizační, avšak Plevný a Žižka (2007, s. 131) uvádí i možnost formulace maximalizačního tvaru funkce a to v případě, že jednotlivé trasy jsou ohodnoceny jako zisk za převezenou jednotku produktu.

Podmínky nezápornosti zde samozřejmě musí platit.

„Základní řešení vyrovnaného dopravního problému má $(m+n-1)$ základních proměnných, které navzájem nevytvářejí okruh. Je-li počet kladných základních proměnných nižší než $(m+n-1)$, jedná se o degenerované základní řešení.“ (Jablonský, 2007, s. 95)

Zde je celá formulace matematického modelu dopravního problému dle Jablonského (2007, s. 94):

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (13)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (14)$$

Dále je shrnutý algoritmus řešení dopravní úlohy včetně výčtu metod, které je možné při řešení použít, jak ho uvádí Šubrt (2011, s. 83) ve své publikaci. Popisem jednotlivých metod se zde nebudeme zabývat, algoritmus slouží pouze pro nastínění situace.

1. Vyvážení dopravní úlohy
2. Nalezení výchozího bazického řešení
 - 2.1. Metoda severozápadního rohu
 - 2.2. Indexová metoda
 - 2.3. Vogelova aproximační metoda
3. Test optimality
 - 3.1. MODI metoda
 - 3.2. Dantzigova metoda
4. Přechod na lepší řešení

2.5.2 Okružní problém

Okružní problém bývá také označován jako problém obchodního cestujícího. Rais (2005, s. 62) uvádí, že tento optimalizační problém je kombinatorického charakteru, jelikož se v úloze hledá absolutní minimum účelové funkce na množině všech $n!$ permutací posloupnosti přirozených čísel 1, 2, ..., n .

Rašovský a Šišláková (1999, s. 153) tvrdí: „*Obchodní cestující má za úkol postupně navštívit určená místa (v libovolném pořadí přesně jedenkrát) a poté se vrátit zpět do výchozího místa tak, aby délka trasy byla co nejkratší.*“, kdy Rais (2005, s. 62) dodává, že v praxi má velký význam zobecnění úlohy. Může jít často o vytvoření více uzavřených okruhů vycházející z jednoho místa. Často se také kladou podmínky zahrnující limitující počet navštívených míst nebo maximální dobu, za jakou je daný okruh obslužen.

Šubrt (2011, s. 102-108) dělí okružní dopravní problém na jednookruhový a víceokruhový. Co považuje za jednookruhový dopravní problém, se shoduje s definicí obchodního cestujícího uvedenou v odstavci výše od zmíněných autorů (1999, s. 153), kdy je přeprava mezi obsluhovanými místy realizována jedním okruhem.

V některých situacích je však třeba přepravu rozdělit do více okruhů. Důvodem může být kapacitní omezení vozidla či časové omezení. To Šubrt (2011, s. 102-108) nazývá víceokruhovým okružním problémem neboli trasovacím problémem.

Nejjednodušší okružní problém zaznamenává dle Rašovského a Šišlákové (1999, s. 153-154):

- n návštěvních míst, kdy vyjíždíme z i -tého místa a jedeme do j -tého místa,
- n kroků trasy, $k=1, 2, \dots, n$,
- vzdálenost mezi i -tým a j -tým návštěvním místem c_{ij} ,
- uskutečněnou nebo neuskutečněnou cestu mezi i -tým a j -tým návštěvním místem v k -tém kroku x_{ijk} .

Výše uvedená proměnná x_{ijk} spadá do takzvaných bivalentních proměnných, jež může nabývat dvou hodnot. Hodnota 1 udává, že mezi místy n_i a n_j bude v rámci okruhu cesta a hodnota 0 naopak značí, že mezi danými místy cesta nebude. (Jablonský, 2007, s. 112)

Obecnou formulaci úlohy okružního problému lze dle Rašovského a Šišlákové (1999, s. 154) zachytit takto:

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n c_{ij} x_{ijk} \quad (15)$$

při omezeních

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ijk} = 1 \quad (k = 1, 2, \dots, n) \quad (16)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n x_{ijk} = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n x_{ijk} = 1 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ijk} = \sum_{j=1}^n x_{ijk+1} \quad (i, j, k = 1, 2, \dots, n) \quad (19)$$

při $k=n$ je $k+1=1$

$$x_{ijk} = 1 \quad (0) \quad (i, j, k = 1, 2, \dots, n) \quad (20)$$

Okružní dopravní problém může být v praxi uplatněn tam, kde dochází k pravidelnému rozvozu či svozu produktů. Mezi typické subjekty, kterých se tato problematika dotýká, patří například pekárny, mlékárny, pivovary nebo firmy zabývající se svozem komunálního odpadu. (Jablonský, 2007, s. 112)

2.6 Metody řešení okružního problému

Metod řešení okružního problému existuje hned několik, například Mayerova metoda, Habrova metoda, metoda nejbližšího souseda, Vogelova metoda, metoda větví a mezí, Littlova metoda. Pro účely bakalářské práce budou blíže představeny jen ty z nich, které budou využity při vypracování praktické části této práce.

2.6.1 Mayerova metoda

Mayerova metoda neboli metoda sestavení okružních jízd výběrem minimálních prvků se typicky využívá u víceokruhového okružního dopravního problému s úplnou sítí cest (uzlů) a s omezenou kapacitou, s jejíž pomocí lze vytvořit rozvozní plán vztahující se ke kratšímu období. (Získal a Havlíček, 2000, s. 68)

Řešení problému víceokruhové úlohy se dle Získala a Havlíčka (2000, s. 68) zhotovuje na základě matice vzdáleností mezi jednotlivými uzly. Matice je symetrická a hodnoty, které obsahuje, jsou nejčastěji uváděny v kilometrech. Hodnoty zastupující kilometrovou vzdálenost uzlů od centrálního místa jsou v řádcích i sloupcích matice seřazeny sestupně, nejbližší uzel je tedy uveden jako první a místo centrálního svozu jako poslední. Šubrt (2011, s. 108-109) dodává, že řádek a sloupec místa centrálního svozu můžeme z tabulky vynechat a pokračovat přidáním sloupce, který obsahuje požadavky jednotlivých míst.

Metodu provádíme ve dvou krocích. Nejprve, jak uvádí Získal a Havlíček (2000, s. 68-69), vybereme místa pro jednotlivé okružní trasy a to tím způsobem, že do prvního okruhu zařadíme uzel s největší kilometrovou vzdáleností od centrálního svozu. K tomuto vybranému místu přidáváme další uzly, které k němu mají nejmenší vzdálenost. Pokud v daném řádku či sloupci narazíme na uzly se stejnou vzdáleností od tohoto místa, platí zásada postupného přiřazení míst s největší vzdáleností od centrálního svozu. Zároveň musíme neustále ověřovat, zda není překročena kapacita dopravního prostředku, kterým budeme náklad přepravovat. V případě že nikoliv, přiřadíme další místo s nejmenší vzdáleností vzhledem ke všem již zařazeným místům. Pokud však kapacita není dostatečná, začneme vytvářet novou okružní trasu dle stejného algoritmu. Šubrt (2011, s. 109) doporučuje postupné vyškrtávání přiřazených prvků z tabulky.

V druhém kroku dochází k seřazení jednotlivých uzlů ve vytvořených trasách. Výhodné bývá, pokud vozidlo jede větší část okruhu s menším naplněním v souvislosti s nižší spotřebou pohonných hmot. (Získal a Havlíček, 2000, s. 68-70)

Jak uvádí Šubrt (2011, s. 109), je nutné mít na mysli, že Mayerova metoda neposkytne kompletní řešení daného problému. Metoda slouží pouze k rozdělení uzlů do jednotlivých okruhů. Na tyto okruhy se dále aplikuje jiná metoda okružního dopravního problému, která uzly seřadí, což vede k optimalizování zhotovených okruhů.

2.6.2 Littlova metoda

Získal a Havlíček (2000, s. 67) zmiňují, že Littlova metoda je založena na metodě větvení a mezí, kdy se množina přípustných řešení rozděluje na zmenšující se podmnožiny, přičemž pro každou z nich musí být vypočítána hranice minimální dosažitelná délky řešení. Tento algoritmus je prováděn do doby, kdy je nalezeno řešení s nejmenší hodnotou spojení, která je shodná s nejnižší určenou hranicí. Tato metoda je určena pro řešení úloh, ve kterých nepočítáme s kapacitním omezením vozidel.

Na začátku, jak uvádí Holoubek (2010, s. 106), je vhodné si úlohu zaznamenat do čtvercové matice, která bude obsahovat kupříkladu kilometrové vzdálenosti mezi jednotlivými odběrateli a koeficienty účelové funkce. Zmíněná matice bývá buď symetrická či nesymetrická. Její podoba je závislá na tom, zda jsou vzdálenosti mezi jednotlivými odběrateli v obou směrech stejné. Zároveň platí, že z matice musíme vyloučit:

- trasu z místa i tam i zpět do něho samého, přičemž v matici bude toto vyloučení zaznamenáno pomlčkou v každém řádku a sloupci,
- trasy, jejichž zařazení by vedlo k předčasnému ukončení okruhu, které označíme znakem ∞ .

Zjednodušený algoritmus Littlovy metody popisuje Rašovský a Šišláková (1999, s. 154-155) následujícím způsobem.

V prvním kroku je potřeba zredukovat matici vzdáleností, ze které vycházíme. To je možné udělat tak, že od každého řádku a každého sloupce odečteme transformační konstantu. Za transformační konstantu považujeme nejnižší sazbu vyskytující se v příslušném řádku a sloupci. Jde pouze o úpravu pro snazší práci s úlohou, řešení takto upravené matice je totožné s řešením původní matice.

Při odpočtu příslušných transformačních konstant dojde ke snížení hodnoty účelové funkce a to o hodnotu Z_0 , kterou je nutné v tomto kroku vypočítat.

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n a_i + \sum_{j=1}^n b_j \quad (21)$$

- a_i ...transformační konstanta odpovídající i -tému řádku ($i=1, 2, \dots, n$)
- b_j ... transformační konstanta odpovídající j -tému sloupci ($j=1, 2, \dots, n$)

Pro všechny vzdálenosti c_{ij} rovné nule, které byly redukovány, určíme hodnoty.

$$\phi_{ij} = c'_{i,\min} + c'_{j,\min} \quad (22)$$

- $c'_{i,\min}$...nejmenší redukováná vzdálenost v i -tém řádku
- $c'_{j,\min}$...nejmenší redukováná vzdálenost v j -tém sloupci

Ze stanovených hodnot vybereme tu, která je maximální a která zároveň určuje zařazení cesty z i -tého místa do j -tého místa do okruhu.

Následně vypočítáme hodnotu účelové funkce v případě nezařazení cesty do okruhu z i -tého místa do j -tého.

$$Z_{i\bar{j}} = Z_0 + \phi_{\max} \quad (23)$$

V dalším kroku vynecháme daný řádek a sloupec z redukované matice vzdáleností a také si označíme vratnou cestu symbolem ∞ , aby bylo zřejmé, že tuto kombinaci i -tého řádku a j -tého sloupce již nemůžeme použít.

Pokud se již v celé redukované matici vzdáleností nevyskytuje žádné $c_{ij}=0$, stejně jako v prvním bodě zredukujeme vzdálenosti za pomoci nových transformačních konstant.

Jestliže je cesta z i -tého místa do j -tého zařazena korektně, platí následující vztah:

$$Z_{ij} \leq Z_{i\bar{j}} \quad (24)$$

$$Z_{ij} = \text{hodnota přecházející účelové funkce} + \sum_{i=1}^n a_i + \sum_{j=1}^n b_j \quad (25)$$

V případě, že se nám dostane matice o rozměrech 2×2 , okruh je kompletní. Pokud nikoliv, postup od třetího kroku opakujeme.

2.7 Počítačové zpracování úloh LP

V dnešní době plné technologií je nemyslitelné, aby se data nedala zpracovávat pomocí programových prostředků. I v oblasti operačního výzkumu existuje řada vhodných výukových a profesionálních systémů pro práci s daty. V následujících podkapitolách je uvedeno hned několik z nich. (Jablonský, 2007, s. 135)

2.7.1 STORM

Rašovský a Šišlákova (1999, s. 169) popisují STORM jako výukový systém pro řešení úloh lineárního programování a statistiky. Je poměrně lehký na ovládání, nenáročný na hardwarové vybavení počítače. Uživatel musí ovládat alespoň základní terminologii v angličtině.

Uživatel si po spuštění systému vybírá z v rámci menu konkrétní modul pro řešení daného problému. Učiní tak za pomoci světelného kurzoru nebo směrových či číselných kláves. (Lauber a Jablonský, 1997a, s. 27)

Prostřednictvím STORMu lze dle Rašovského a Šišlákové (1999, s. 169) řešit úlohy lineárního a celočíselného programování, přiřazovací problém, dopravní problém, grafické optimalizační úlohy, optimální toky sítí, řízení projektů, modely hromadné obsluhy, řízení zásob, úlohy optimálního rozmístění, optimalizaci výrobních linek, analýzu investic, prognózování, rozvrhování výroby, plánování po-

třeb materiálu, statistické řízení procesů, statistiku, rozhodovací analýzu a rozhodovací stromy

2.7.2 LINDO

LINDO spadá mezi profesionální optimalizační systémy. Nejčastěji řeší úlohy lineárního programování, kdy je umožněno doplnit podmínky celočíselnosti. Na webových stránkách firmy LINDO Systems, Inc. lze stáhnout zkušební verzi a pracovat s maximálním rozsahem 500 proměnných a 250 omezujících podmínek. V plné verzi může uživatel vytvořit desítky tisíc proměnných i omezujících podmínek. (Jablonský, 2011, s. 127-128)

Na rozdíl od systému STORM se LINDO ovládá používáním příkazů, které se zapisují za znak „:“. Pokud se v LINDU objeví znak „?“ , je to znamení, že systém očekává číselná data či odpovědi typu *yes* nebo *no*. (Lauber a Jablonský, 1997b, s. 149)

Jablonský (2011, s. 129) uvádí, že v případě, kdy pracujeme s menším rozsahem vstupních dat, je vhodné tato data zadávat přímo do okna systému. Jestliže se bavíme o řešení středních či velkých úloh, doporučuje se načíst data ve formátu MPS.

2.7.3 LINGO

Jablonský (2011, s. 166) řadí LINGO mezi systémy na podporu modelování. Tento systém má v sobě zabudované automaticky volené solvery (řešitele) pro:

- lineární optimalizační úlohy nebo soustavy lineárních rovnic,
- nelineární optimalizační úlohy nebo soustavy nelineárních rovnic,
- úlohy s podmínkami celočíselnosti.

Uživatelské prostředí systému LINGO je velice podobné jako u systému LINDO, avšak jeho možnosti jsou širší. LINGO obsahuje speciální jazyk pro matematické programování, což je jeho výhodou a zároveň odlišností od většiny optimalizačních systémů včetně systému LINDO. Uživatel zapíše model pomocí tohoto speciálního jazyka, což se velmi podobá běžnému matematickému zápisu modelu, a spojí ho s datovým souborem, u něhož nejsou zvláštní požadavky na jeho formát. (Jablonský, 2011, s. 166)

3 Materiál a metodika

Tato práce je rozdělena do dvou hlavních oblastí. V první z nich je nastíněna teoretická rovina problematiky týkající se operačního výzkumu. Na základě studia odborné literatury na dané téma byly objasněny základní pojmy jako například matematický a ekonomický model, lineární programování, dopravní problém, okružní problém a s tím spojené metody řešení. Zmínka je také o možnostech počítačového zpracování úloh.

Ve druhé hlavní části práce bude charakterizována zkoumaná společnost Viniče-Hnanice, s. r. o., řeč bude o historickém vývoji firmy, kapacitě podniku, současném stavu produkce, hektarové dispozici, pěstovaných odrůdách a oceněních firmy. Blíže se může čtenář seznámit se způsobem současného řešení distribuce, který bude detailněji popsán.

Získaná data, která jsem obdržela od společnosti v podobě dvou tabulkových procesorů Microsoft Excel a během rozhovoru při osobním setkání s vedoucím obchodu dané firmy, budou následně zpracována. Jeden tabulkový procesor obsahuje abecední seznam veškerých odběratelů včetně jejich adres a druhý představuje souhrn všech objednávek za předchozí rok 2014. Aby bylo možné na data aplikovat vhodné metody, je zapotřebí vytvořit matici vzdáleností zachycující kilometrovou vzdálenost mezi jednotlivými odběratelskými místy a matici časovou, která zaznamená náročnost rozvozu vína v minutách.

Až budou mít data požadovanou podobu, začnu s návrhy okruhů určených pro distribuci lahví vína. Okružních tras bude dosaženo za pomoci Mayerovy metody, v rámci které bude bráno v potaz kapacitní a časové omezení.

Prvky, tedy odběratelská místa, jednotlivých okruhů budou seřazeny s důrazem na co nejmenší počet najetých kilometrů. Při této příležitosti využiji optimalizačního programu LINGO a také algoritmu Littlovy metody.

Důležitým bodem druhé části práce bude vyhodnocení jednotlivých vytvořených okružních jízd a ekonomické porovnání nákladů současného řešení distribuce a navrženého řešení. Budou zhodnoceny finanční a časové úspory.

V závěru práce navrhnu v rámci vyhodnocení modelu doporučení pro firmu.

4 Vlastní práce

4.1 Charakteristika společnosti

4.1.1 Základní informace

Jak již bylo uvedeno, v této práci budou zpracována data poskytnutá od společnosti Vinice-Hnanice, s. r. o.

Co se historického vývoje týče, toto vinařství bylo založeno v roce 2001, kdy začalo obnovovat hnanickou tradici vinohradnictví. O 9 let později byla vybudována jejich vlastní produkční kapacita na zpracovávání vína. Současná roční produkce je okolo 300 000 lahví vína, což je vzhledem k poptávce dostačující. Prodaný objem produkce se však rok od roku zvyšuje. Vinařství je schopné vyprodukovat až půl milionu lahví vína za rok, tudíž je zde prostor pro další růst a rozvoj společnosti. (HOTEL Vinice Hnanice, 2015)

Firma disponuje v Hnanicích 150 ha vlastních mladých vinic na tratích Knížecí vrch, Fládnická, U Chlupa a U Kapličky, které leží v ochranném pásmu Národního parku Podyjí, proto musí být zajišťováno šetrné a ekologické zacházení s hrozny. Mimo Hnanice obhospodařují 114 ha ve Vrbovci a v Jaroslavicích.

Mezi pěstované odrůdy patří Sauvignon, Ryzlink rýnský, Ryzlink vlašský, Rulandské bílé, Rulandské šedé, Irsai Oliver, Sylvánské zelené, Veltlínské zelené, Tramín červený, Chardonnay, Pálava, André, Rulandské modré, Frankovka, Svatoavřinecké, Zweigeltrebe. (HOTEL Vinice Hnanice, 2015)

V sortimentu nabízených vín nalezneme pouze přívlastková vína vysoké kvality a řada vín byla ohodnocena jako vína originální certifikace (VOC). Vína společnosti Vinice-Hnanice, s. r. o., pravidelně získávají řadu ocenění. Nejnovější ocenění je označení firmy titulem Salon vín ČR 2015. (HOTEL Vinice Hnanice, 2015)

4.1.2 Současné řešení distribuce

Společnost Vinice-Hnanice, s. r. o., se zabývá distribucí a prodejem lahvového vína po celé České republice. Z 98 % se jedná o lahve o objemu 0,7 litrů a hmotnosti 1,3 kilogramů. Průměrná cena jedné lahve je vyčíslena na 125 korun, přičemž tato hodnota byla vypočtena na základě ročních údajů za rok 2014.

Celá distribuce začíná přípravami ve skladě, který se nachází v Areálu Devíti mlýnů v Hnanicích, kde se do ručně poskládaných papírových krabic vkládají lahve vína. Ke každé takto připravené krabici se přiloží dodací list s informacemi o objednávce. Naplněné krabice se naskládají na palety a ty jsou za pomoci vysokozdvíhových vozíků přemístěny do zvoleného dopravního prostředku tak, aby zboží vykládané na prvním stanovišti bylo pro řidiče přístupné ihned bez zbytečné manipulace s ostatními krabicemi. Objednávka vykládaná jako poslední je umístěna v automobilu co nejhluběji. Pro samotný rozvoz firma používá dvě dodávky a to Ford Tranzit a Iveco Daily a dva osobní automobily značky Škoda Roomster. Doba nakládky celého vozu je vedoucím obchodu odhadnuta na 30 minut v případě

osobního automobilu a 40 minut pokud se jedná o dodávku. Určení časové náročnosti vykládky je o něco složitější. Tato doba je stanovena na 6 až 8 minut jak u dodávek, tak u osobních vozů a to v případě průměrné hmotnosti objednávky, která je 40 kilogramů. Navíc musí být brána v potaz drobná administrativa, tedy podepisování dodacích listů a komunikace se zákazníkem v rámci dodavatelsko-odběratelských vztahů, kdy je nutno počítat se 3 až 6 minutami. **Podotýkám, že při zpracování dat se bude počítat s horní hranicí těchto rozmezí, což povede ke vzniku jisté časové rezervy.** Pokud dochází k vykládání celého vozu na jednom místě, doba vykládky je stejná jako u nakládky.

Souhrn informací o nosnosti, době nakládky a vykládky zboží u jednotlivých typů dopravních prostředků je možné vidět v následující Tab. 2.

Tab. 2 Základní informace o dopravních prostředcích

Typ vozu	Nosnost v kg	Doba nakládky v min	Doba prům. vykládky v min
Ford Tranzit	1 750	40	8+6
Iveco Daily	2 000	40	8+6
Škoda Roomster	640	30	8+6

Zdroj: Interní data společnosti

Samotný rozvoz si firma ve většině situací zajišťuje sama a to zhruba jednou za týden. V případě drobných zásilek je využíváno z úsporných důvodů externího dopravce.

Nutností je se také zmínit o zaměstnancích, kteří víno rozváží. Společnost má sjednanou smlouvu se 4 řidiči. Dle nařízení vlády č. 168/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, mohou být řidiči na cestě 12 hodin s půlhodinovou bezpečnostní přestávkou po 4,5 hodinách. Během ní je řidič povinen dělat dozor nad vozidlem a nákladem. Krom toho by neměl vykonávat žádnou z jeho pracovních povinností. Nejčastěji se bezpečnostní přestávka a přestávka na jídlo a oddech slučují. To je potřeba započítat do pracovní doby. Za dobu řízení se počítají i přestávky kratší než 15 minut, což se týká zmíněných vykládek. Dle §90 odst. 1 zákona č. 262/2006 Sb., ve znění pozdějších předpisů, musí mít zaměstnanec starší 18 let odpočinek mezi koncem jedné směny a začátkem druhé nejméně 11 hodin.

Podstatnou skutečností je, že firma nemá zavedený žádný propracovanější informační systém nebo pevně stanovené okruhy, které by dodržovala. Rozvoz zboží je řízen intuitivně na základě zkušeností a dovedností pracovníků a pomocí plánovačů tras na internetu nebo GPS navigace.

4.2 Zpracování získaných dat

V rámci spolupráce s Vinice-Hnanice, s. r. o., mi byly poskytnuty 2 sešity Microsoft Excel. Jeden byl tvořen abecedním seznamem všech odběratelů včetně jejich adres a druhý obsahoval seznam veškerých objednávek za uplynulý rok 2014 seřazený dle data objednání.

Dokumenty bylo nejprve potřeba upravit za účelem snazší práce s daty. Postup byl následující. Jednotlivé objednávky byly evidovány v kusech, tudíž je bylo potřeba převést na kilogramy, jelikož se bude později pracovat s nosností vozidel uváděnou právě v těchto jednotkách. Sloupce byly jednoduše vynásobeny hodnotou 1,3.

Dále musela být data za pomoci filtru očištěna o dodání vína na jednorázové akce, jako jsou svatby a degustace, o zaslané vzorky před nákupem většího množství lahví vína, o doplněné zboží do hotelu Vinice-Hnanice, který se nachází v areálu vinařství a který může být obsloužen kdykoliv nezávisle na vozidlech. Vymazány byly také záznamy týkající se reklamace, tedy vyskytující se záporné hodnoty, drobného prodeje, který je zajišťován prostřednictvím externího dodavatele, odložení lahví do archivu, jelikož nejde o prodej, ale o dočasné odložení vína za účelem jeho zhodnocení. Všechny tyto údaje mají jeden společný znak, kterým je nepravidelnost objednávek, proto byly odstraněny.

V dalším kroku byly vypočítány sumy objednávek vyjádřené v kilogramech za jednotlivé měsíce. Tento krok byl důležitý pro výběr vhodného měsíce, jelikož cílem práce je zpracovat data právě za toto časové období. Výpočtem se dospělo k průměrné hodnotě pravidelných měsíčních objednávek za rok 2014, která činí 16 373,5 kilogramů. Jak je možné vidět v Tab. 3, vypočítaný průměr se nejvíce blíží sumě za měsíc únor, proto bude považováno toto období za výchozí. Pro zajímavost byla data seřazena vzestupně a za pomoci funkce procesoru Microsoft Excel byl zjištěn medián. Ten leží mezi hodnotami měsíců březen a květen a jeho hodnota je 9 109,1 kilogramů. Tato skutečnost je v Tab. 3 vyznačena modře.

Tab. 3 Seznam měsíců seřazený vzestupně dle hmotností objednávek za jednotlivé měsíce

Měsíc	Suma v kg
Leden	5 211,7
Duben	5 470,4
Červen	5 623,8
Červenec	6 158,1
Srpen	7 871,5
Květen	8 681,4
Březen	9 536,8
Září	12 333,1
Únor	18 187,0
Prosinec	36 936,9
Říjen	38 351,3
Listopad	42 120,0

Zdroj: Interní data společnosti

Průměrná hodnota je větší než medián. K tomu dochází v případě, že se v souboru dat vyskytuje hodně nadprůměrných hodnot, anebo málo, ale vysoce nadprůměrných, což se shoduje s touto situací. Roční rozložení objednávek lze jednoduše vy-

světlit. Podzimní měsíce jsou obdobím vína, tudíž se nemůžeme divit zvýšenému odbytu. Vzhledem k vánočním svátkům v měsíci prosinci je výše sumy také lehce odůvodnitelná. Nejmenší hodnoty dosáhl součet objednávek v měsíci lednu a to 5 211,70 kilogramů, což je zhruba 8× méně než v případě sumy s maximální hodnotou. To přisuzuji skutečnosti, že v lednu odběratelé, kteří víno nakupují za účelem dalšího prodeje, čerpají ze zásob nakoupených na konci předešlého roku, aby uspokojili zvýšenou poptávku zákazníků v tomto období, a počátkem roku pouze zboží doplňují. Teprve v únoru se setkáváme s větší nakoupenou zásobou na následující rok 2015.

Poté byly přiřazeny adresy odběratelů z prvního tabulkového procesoru k jednotlivým objednávkám za měsíc únor vyskytující se ve druhém dokumentu za pomoci funkce SVYHLEDAT. Aby toho bylo možné dosáhnout, bylo nutné pracovat i s funkcemi PROČISTIT a DOSADIT. V některých případech nebylo možné adresy přiřadit. Nejčastější příčinou bylo odlišné zaznamenání názvu odběratele, kdy se lišilo pořadí jména a příjmení, což není použitou funkcí rozeznatelné. Abych uvedla příklad, v seznamu adres se objevoval zákazník Jan Novák a v seznamu objednávek Novák Jan. Tento jev musel být ručně upraven.

Vzniklý seznam obsahující 91 odběratelů byl seřazen sestupně dle hmotností objednávek. Ukázalo se, že se zde vyskytuje 7 extrémních hodnot, které jsou zachyceny v Tab. 4. Většina objednávek se pohybuje v rozmezí od 11,7 do 296,4 kilogramů, tudíž extrémy převyšující hmotnost 1000 kilogramů byly výrazné. Výskyt těchto hodnot může být vysvětlen právě nákupem většího množství zboží začátkem roku.

Tab. 4 Seznam extrémních hodnot

Extrém	Obchodní adresa	Obchodní město	Počet v ks	Váha v kg
E₁	Vlachovická 1355	Nové Město na Moravě	2 763	3 591,9
E₂	Helfertova 537/42	Brno-sever, Černá Pole	1 533	1 992,9
E₃	Husova 593	Modřice	1 472	1 913,6
E₄	Šerkovice 86	Tišnov	1 419	1 844,7
E₅	Husova 16	Brno	1 317	1 712,1
E₆	Žďárského 186	Třebíč	1 239	1 610,7
E₇	Zemědělská 1689	Brno-Černá Pole	1 109	1 441,7

Zdroj: Interní data společnosti

Tyto extrémní hodnoty budou nyní zvlášť zpracovány. Pokud se vrátíme k Tab. 4, uvidíme, že většina extrémních požadavků téměř odpovídá celkové nosnosti vždy jednoho z vozidel, která je zachycena v Tab. 2, určenému na přepravu objednaného zboží, což je důvod nezařazení těchto míst do okruhů, které budou dále v práci vytvářeny.

Hned u prvního extrému je patrné, že požadavek odběratele výrazně převyšuje nosnost jednotlivých vozidel. Tento problém je vyřešen tím způsobem, že je rozdělen do dvou dodávek. Dále jsou vozidla k objednávkám přiřazována tak, aby byla

co nejvíce využita jejich maximální nosnost. Pokud se hmotnost objednávky blíží hodnotě 1 750 kilogramů, je přiřazeno vozidlo Ford Transit, v případě, že tuto hodnotu převyšuje, je pro rozvoz zvolena dodávka Iveco Daily, nesmí však být překročena její horní hranice nosnosti, tedy 2 000 kilogramů. Osobní automobily nejsou brány v potaz. Jejich užití by bylo vzhledem k nosnosti 640 kilogramů nevhodné.

V tuto chvíli musí být zjištěny vzdálenosti mezi skladem společnosti a příslušnými odběrateli s extrémně vysokou hmotností zboží včetně délky zpáteční cesty. To je učiněno prostřednictvím mapové aplikace Mapy Google a zaznačeno v Tab. 5.

Čas řidiče strávený na cestě je zjištěn pomocí stejné aplikace jako při měření kilometrové vzdálenosti. Do časové náročnosti musí být započítána i doba vykládky u daného odběratele. Jelikož dojde k vyložení zboží na jednom místě naráz, k dispozici je informace, že v takovém případě se doba vykládky rovná době naložky. Protože byla přiřazena pouze vozidla Ford Transit a Iveco Daily, tato doba odpovídá 40 minutám, jak bylo dříve zaznamenáno v Tab. 2. Do výpočtu se musí zahrnout také čas strávený komunikací se zákazníkem, což trvá přibližně 6 minut. Postup řešení bude ukázán na výpočtu časové náročnosti u extrému E₂.

$$146 + 40 + 6 = 192 \text{ min}$$

Celkové vyřízení objednávky E₂ trvá 192 minut.

Maximální doba řízení je 4,5 hodiny. Pouze časová náročnost vyřízení objednávky E₁ tuto dobu překračuje, avšak přerušení řízení na dobu delší jak 15 minut se již nepovažuje za dobu řízení dopravního prostředku, a protože doba vykládky trvá 40 minut, tak ani jeden z řidičů nemusí podstoupit bezpečnostní přestávku.

Výsledné řešení problému, včetně počtu najetých kilometrů k odběratelům a zpět a časové náročnosti je zachyceno v Tab. 5.

Tab. 5 Přiřazení extrémních objednávek k vozidlům

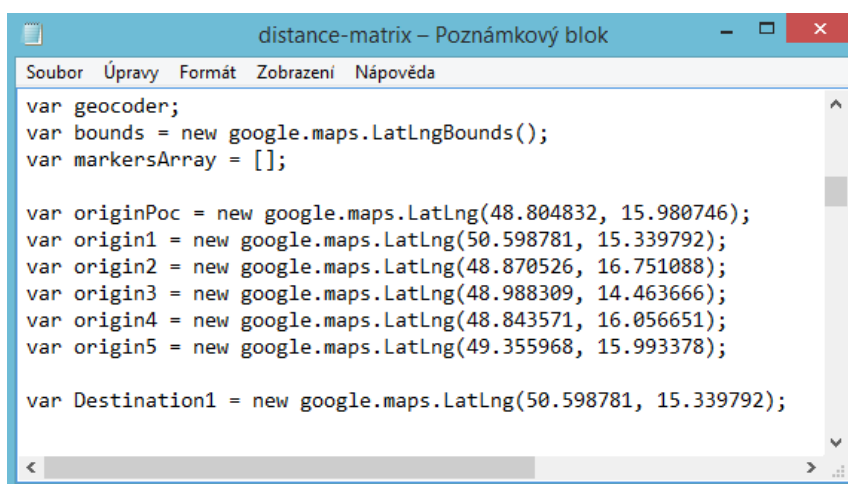
Extrém	Váha v kg	Vozidlo	Nosnost v kg	Počet km	Čas v min
E _{1a}	2 000,0	Iveco Daily	2 000	292,0	282
E _{1b}	1 591,9	Ford Transit	1 750	292,0	282
E ₂	1 992,9	Iveco Daily	2 000	156,8	192
E ₃	1 913,6	Iveco Daily	2 000	139,0	156
E ₄	1 844,7	Iveco Daily	2 000	224,0	234
E ₅	1 712,1	Ford Transit	1 750	152,6	176
E ₆	1 610,7	Ford Transit	1 750	121,0	177
E ₇	1 441,7	Ford Transit	1 750	158,0	182

Zdroj: Interní data společnosti a mapová aplikace Mapy Google

Nutno podotknout, že znatelnou výhodou je poměrná blízkost těchto odběratelských míst ve spojitosti se spotřebou pohonných hmot. Žádné místo není od centrálního bodu vzdáleno více jak 150 kilometrů.

Kompletní seznam odběratelských adres, množství a hmotnost objednaného zboží za měsíc únor včetně extrémních hodnot obsahuje 91 odběratelských míst a je možné jej vidět ve volné příloze na listu *Seznam adres*. Vzhledem k ochraně osobních údajů jména či názvy odběratelů nejsou uváděny, pro tuto práci to není relevantní.

Aby bylo možné modelovat okružní trasy, je potřeba nejprve vytvořit matici vzdáleností pro 84 odběratelských míst a matici vyjadřující časovou náročnost přepravy zboží do těchto míst. K tomuto účelu se využívají běžně dostupné plánovače tras, jako jsou například mapy.cz. Vzhledem k velkému počtu dat by však bylo zjišťování údajů tímto způsobem velice zdlouhavé. Proto bylo využito služby Distance Matrix service od společnosti Google. Základem fungování je vytvoření html dokumentu za pomoci programovacího jazyka JavaScript. V rámci tohoto dokumentu je třeba zvolit zdrojová a cílová místa (origin a destination) doplněním přesných souřadnic těchto míst. Ty lze dohledat například pomocí aplikace Mapy Google.



```
var geocoder;
var bounds = new google.maps.LatLngBounds();
var markersArray = [];

var originPoc = new google.maps.LatLng(48.804832, 15.980746);
var origin1 = new google.maps.LatLng(50.598781, 15.339792);
var origin2 = new google.maps.LatLng(48.870526, 16.751088);
var origin3 = new google.maps.LatLng(48.988309, 14.463666);
var origin4 = new google.maps.LatLng(48.843571, 16.056651);
var origin5 = new google.maps.LatLng(49.355968, 15.993378);

var Destination1 = new google.maps.LatLng(50.598781, 15.339792);
```

Obr. 2 Definice zdrojových a cílových míst
Zdroj: Vlastní práce

Distance Matrix service dokáže najednou zpracovat 25 zadaných údajů. Je tedy možné naráz získat číselné hodnoty pro vytvoření matice 12×12. Vzhledem k formě získaných výsledků za pomoci této aplikace bylo pro výpočet zadáno 25 zdrojových míst a 1 místo cílové. Postupně byly v procesoru Excel tvořeny sloupce matic a pomocí transponování i příslušné řádky. Při tvorbě matic bylo vzhledem k pozdější manipulaci důležité, aby byla místa seřazena sestupně dle vzdálenosti od centrálního bodu, který se skrývá pod adresou Pod Skálou 46, 669 02 Hnanice. V maticích tyto hodnoty nalezneme na posledním řádku. Sloupec centrálního místa není nutné v matici vzdáleností ponechávat, tudíž je pro lepší práci s daty nahrazen údaji o hmotnosti objednávek jednotlivých odběratelů. U matice časové je sloupec ponechán.

Ukázku symetrické matice vzdáleností mezi jednotlivými odběratelskými místy s hmotnostmi objednávek je možné vidět v Tab. 6 níže a její kompletní verzi ve volné příloze na listu *Matice vzdáleností*. Je dodržen předpoklad, že cesta do cílového uzlu je stejně vzdálená jako cesta zpět ke zdrojovému místu. Je potřeba zmínit, že výsledné hodnoty byly zaokrouhleny na 1 desetinné místo.

Tab. 6 Ukázka matice vzdáleností v km s příslušnými požadavky v kg

Adresa	Milíkov 93	Toužim 8	⋮	Dyjákovičky 40837	Nad Splavem 7-8, Znojmo	Požadavek v kg
Milíkov 93	0	45,8	...	396,1	388,5	22,1
Toužim 8	45,8	0	...	348,5	341,0	71,5
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Dyjákovičky 40837	396,1	348,5	...	0	8,2	52,0
Nad Splavem 7-8, Znojmo	388,5	341,0	...	8,2	0	198,9
Pod Skálou 46, Hnanice	398,5	350,9	...	10,9	9,9	0

Zdroj: Distance Matrix service

Co se týče časové matice, její hodnoty získané pomocí Distance Matrix service musí být navýšeny o dobu vykládky zboží. Vedoucí obchodu poskytnul informaci o této době v případě průměrné hmotnosti objednávky 40 kilogramů, která činí 8 minut. Nutné je vypočítat dobu připadající na vykládku 1 kg, tuto hodnotu vynásobit hmotností konkrétních objednávek a tento výsledek přičíst k časové náročnosti příslušných odběratelských míst. **U těchto početních řešení se předpokládá, že uskutečňujeme převoz zboží z adresy zaznamenané na *i*-tém řádku na adresu zaznamenanou v *j*-tém sloupci a ne naopak.** To je důvod, proč jsou výsledné hodnoty přičteny k jednotlivým sloupcům matice. U každé vykládky musíme počítat i s dobou na vyřízení drobné administrativy či komunikaci se zákazníkem. Tato doba je konstantní, nezávislá na hmotnosti objednaného zboží, a je odhadnuta na 6 minut. Ke všem polím v časové matici kromě posledního sloupce, který zachycuje údaje o cestě zpět do výchozího místa v Hnanicích, musí být přičtena hodnota 6. Tento výpočet je pro představu ukázán na časové náročnosti převozu zboží z ulice Lukostřelecké 1768/10 v České Lípě na ulici Arbesovu 34-36 ve Slaném.

$$\frac{8}{40} = 0,2 \text{ min/kg}$$

Výsledná hodnota znamená, že na vyložení 1 kilogramu zboží je za potřebí 0,2 minuty.

Touto číselnou hodnotou je vynásoben požadavek odběratele na adrese Arbešova 34-36, 274 01 Slaný.

$$0,2 \times 61,1 = 12,22 \text{ min}$$

Vykládka na daném místě trvá 12,22 minut.

$$73,317 + 12,22 + 6 = 91,537 \text{ min}$$

Po přičtení potřebného času na vykládku a komunikaci s odběratelem k době přepravy mezi jednotlivými místy zjistíme, že celková časová náročnost činí 91,537 minut. Výsledná matice je zaokrouhlena na celé minuty, tudíž v ní nalezneme hodnotu 92 minut. Odchylka v rozmezí několika sekund až 1,5 minuty je zanedbatelná, proto jsem se rozhodla pro zaokrouhlení.

Kompletní verze je k nalezení ve volné příloze na listu *Časová matice s vykládkami* a v Tab. 7 je její ukázka. Základní časovou matici bez úprav je možné vidět na listu *Časová matice volné přílohy*.

Tab. 7 Ukázka časové matice s vykládkami v min

Adresa	Milíkov 93	Toužim 8	...	Dyjákovičky 40837	Nad Splavem 7-8, Znojmo	Pod Skálou 46, Hnanice
Milíkov 93	0	66	...	273	294	260
Toužim 8	56	0	...	252	273	239
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Dyjákovičky 40837	267	256	...	0	56	16
Nad Splavem 7-8, Znojmo	259	248	...	27	0	13
Pod Skálou 46, Hnanice	270	259	...	33	59	0

Zdroj: Zpracované výsledky z Distance Matrix service

Doba nakládky zboží nebude do výpočtů zahrnována, k té může dojít například den předem a ani není podmínkou účast řidiče na této činnosti.

4.3 Tvorba okružních jízd pomocí Mayerovy metody

V rámci zpracovávaných dat se setkáváme s víceokruhovým dopravním problémem s omezenou kapacitou, respektive nosností, kdy je potřeba vytvořit rozvozní plán. K tomuto účelu je vhodné použít Mayerovu metodu, která byla již definována v literárním přehledu.

Než budou jednotlivé okruhy vytvářeny, je potřeba shrnout pár informací. Společnost Vinice-Hnanice, s. r. o., má k dispozici 4 vozidla pro rozvoz lahví vína, z toho dvě různé dodávky a dva stejné osobní automobily. Bližší informace o jednotlivých typech vozidel byly již zaznamenány v Tab. 2 při popisu současného stavu řešení distribuce a snahou bude je při rozvozu rovnoměrně využít. Firmou není pevně stanovena jízda konkrétního vozidla do konkrétní oblasti a Mayerova metoda nebere v potaz různorodost vozidel, proto budou vozidla přiřazována intuitivně s doplněním logického odůvodnění. V rozmezí jednoho měsíce je potřeba obsloužit 91 odběratelů, přičemž objednávky extrémně vysokého množství zboží byly již vyřešeny naplněním vždy jedné z dodávek a řešení je shrnuto v Tab. 5. Zbývá rozvrhnout rozvoz zboží pro 84 odběratelů do jednotlivých okružních jízd. Načasováním výjezdu vozidel, respektive zvolením, který den, které vozidlo vyrazí na cestu, se zde nebudeme zabývat. Potřeba je pouze dodržet dobu odpočinku řidičů mezi jednotlivými směnami trvající minimálně 11 hodin. Jak již bylo dříve zmíněno, zaměstnanec může řídit 12 hodin s půlhodinovou přestávkou maximálně po 4,5 hodinách. Pokud to bude v daném případě možné, této maximální doby řízení bude využito a řidiči budou přiděleny 2 přestávky. Bezpečnostní přestávky sloučíme s přestávkami na jídlo a oddech. Jelikož je nutné je započíst do pracovní doby, dále při vytváření okružních tras musíme mít na mysli, že je k dispozici pouze 11 hodin z původně 12 možných, tedy 660 minut.

Z důvodu, že tvorba jednotlivých tras začíná vždy výběrem nejvzdálenějšího místa od centrálního bodu, kterým je Areál Devíti mlýnů v Hnanicích na adrese Pod Skálou 46, Hnanice, byly matice rovnou tvořeny tak, aby odběratelská místa byla seřazena sestupně dle vzdálenosti od daného centra.

Nyní je již možné přejít přímo k tvorbě jednotlivých okružních tras dle daného algoritmu Mayerovy metody.

Tab. 8 Matice vzdáleností a výběr nejbližšího místa od Areálu Devět mlýnů v Hnanicích

Adresa	Milíkov 93	Toužim 8	...	Dyjákovičky 40837	Nad Splavem 7-8, Znojmo	Požadavek v kg
Milíkov 93	0	45,8	...	396,1	388,5	22,1
Toužim 8	45,8	0	...	348,5	341,0	71,5
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Dyjákovičky 40837	396,1	348,5	...	0	8,2	52,0
Nad Splavem 7-8, Znojmo	388,5	341,0	...	8,2	0	198,9
Pod Skálou 46, Hnanice	398,5	350,9	...	10,9	9,9	0

Zdroj: Zpracovaná data z Distance Matrix service

Jak je možné vidět v Tab. 8, žlutě vyznačená pole představují fakt, že nejdále od centrálního místa se nachází adresa Milíkov 93 s požadavkem 22,1 kilogramů a bude se tedy jednat o první zařazené místo do okruhu A. Jednotlivé okruhy budou rozlišovány abecedním značením. Časová náročnost 270 minut byla vyhledána ve volné příloze na listu *Časová matice s vykládkami*. Důležité je po přidání každého místa zkontrolovat, jestli nebyla překročena nosnost vozidel a časové omezení, kdy je potřeba započítat i cestu zpět do Areálu Devíti mlýnů v Hnanicích. Jak lze vidět v Tab. 9, je možné pokračovat v zařazování míst do okruhu.

Tab. 9 Ověření nepřekročení stanovených limitů

Adresa	Hmotnost v kg	Čas přejezdu v min
Milíkov 93	22,1	270
Pod Skálou 46, Hnanice	0	260
Suma	22,1	530

Zdroj: Matice vzdáleností a časová matice s vykládkami

Nyní je nutné nalézt nejbližší místo k adrese Milíkov 93. Při hledání bude využíváno funkce MIN programu Excel, aby se předešlo případné chybovosti a došlo k usnadnění práce. Jako nejbližší místo k adrese Milíkov 93 se jeví Toužim 8, kam má být zavezeno 71,5 kilogramů a cesta trvá 66 minut. Tato skutečnost byla na ukázkou zachycena v Tab. 8 modrým vyznačením. Signál, že můžeme pokračovat s výběrem dalších míst, zachycuje Tab. 10.

Tab. 10 Ověření možného překročení stanovených limitů po přidání dalšího místa do okruhu

Adresa	Hmotnost v kg	Čas přejezdu v min
Milíkov 93	22,1	270
Toužim 8	71,5	66
Pod Skálou 46, Hnanice	0	239
Suma	93,6	575

Zdroj: Matice vzdáleností a časová matice s vykládkami

V tomto případě můžeme hledat další místo, tedy nejméně vzdálený bod od Milíkova 93 a Toužimi 8. Tím je Západní Předměstí 861, Stříbro vzdálené od Toužimi 36,8 kilometrů.

Tab. 11 Ověření nepřekročení daných limitů po přidání třetího místa do okruhu

Adresa	Hmotnost v kg	Čas přejezdu v min
Milíkov 93	22,1	270
Toužim 8	71,5	66
Západní Předměstí 861, Stříbro	28,6	55
Pod Skálou 46, Hnanice	0	222
Suma	122,2	613

Zdroj: Matice vzdáleností a časová matice s vykládkami

Limit není překročen. Hledáním nejbližšího místa vzhledem ke třem zařazeným místům do trasy nacházíme Arbesovu ulici 34-36, ve Slaném, která leží 98,8 kilometrů od Toužimi.

Tab. 12 Ověření možného překročení daných limitů

Adresa	Hmotnost v kg	Čas přejezdu v min
Milíkov 93	22,1	270
Toužim 8	71,5	66
Západní Předměstí 861, Stříbro	28,6	55
Arbesova 34-36, Slaný	61,1	101
Pod Skálou 46, Hnanice	0	178
Suma	183,3	670

Zdroj: Matice vzdáleností a časová matice s vykládkami

Nyní už je překročena časová dispozice a to o 10 minut. Nalezeno bylo druhé nejbližší místo, které je na adrese Floriánova 2461, 253 01 Hostivice, aby bylo zjištěno, zda by v tomto případě bylo splněno časové omezení, avšak situace nebyla odlišná od zařazení ulice Arbesovy 34-36 ve Slaném. Konečnému složení míst zařaze-

ných do okruhu A odpovídá Tab. 11. Malý počet obslužených míst je v tomto případě způsoben velkou vzdáleností jednotlivých míst jak mezi sebou, tak od centrálního bodu. Vzhledem k celkové hmotnosti rozvážených objednávek 165,3 kilogramů je přiřazen k tomuto okruhu osobní automobil s nosností 640 kg. Nosnost vozidla je sice využita minimálně, na druhou stranu o to nižší bude spotřeba pohonných hmot. Souhrn informací o trase je obsažen v Tab. 13.

Tab. 13 Souhrn informací o okruhu A

Okruh	Vozidlo	Nosnost v kg	Požadavky v kg	Počet míst	Čas v min
A	Škoda Roomster	640	122,2	3	613

Zdroj: Vlastní výpočty

Na základě stejného algoritmu bude postupováno při tvorbě všech následujících okružních tras.

Je důležité zmínit, že uváděná náročnost tras je přibližná a slouží pouze pro účely nepřekročení pracovní doby řidiče.

Dalším nejvzdálenějším místem od Hnanic nezařazeným do okruhu A jsou Semily s přesnou adresou Na Obci 196, 513 01 Semily, které rovnou zahrneme do okruhu B. V blízkosti se nachází Náměstí Karla Václava Raise 39, Lázně Bělohrad. Dále řidič vyřídí dvě objednávky v Hradci Králové a poputuje do Rohenice a do Dobrušky. Tím se okruh B uzavírá, jelikož řidiči zbývá pouze 1 minuta k obslužení dalšího odběratele. Postupné doplňování adres do okružní jízdy je naznačeno níže.

Vzhledem k tomu, že součet všech objednávek činí necelých 400 kilogramů, je pro okruh B zvolen opět osobní automobil. Souhrn informací o vozidle, celkové hmotnosti vyřízených objednávek, počtu obslužených odběratelských míst a přibližné časové náročnosti celé trasy je v Tab. 14.

Tab. 14 Souhrn informací o okruhu B

Okruh	Vozidlo	Nosnost v kg	Požadavky v kg	Počet míst	Čas v min
B	Škoda Roomster	640	395,2	6	659
	Pod Skálou 46, Hnanice → Na Obci 196, Semily → Náměstí Karla Václava Raise 39, Lázně Bělohrad → Masarykovo náměstí 7-8, Hradec Králové → Jungmannova 28, Hradec Králové → Rohenice 69 → Karla Michala 936, Dobruška → Pod Skálou 46, Hnanice				

Zdroj: Vlastní výpočty

Tvorba třetího okruhu začne na ulici Lukostřelecké v České Lípě. Pokračovat se bude ve Slaném, Libčicích nad Vltavou a dále se v rámci trasy pojedou také směr Praha, kde bude čekat 7 odběratelů na své zboží. Z časových důvodů v Praze okruh C končí. Níže je opět naznačen souhrn údajů o okruhu C včetně přiřazeného vozidla.

Tab. 15 Souhrn informací o okruhu C

Okruh	Vozidlo	Nosnost v kg	Požadavky v kg	Počet míst	Čas v min
C	Škoda Roomster	640	250,9	10	652
	Pod Skálou 46, Hnanice → Lukostřelecká 1768/10, Česká Lípa → Arbesova 34-36, Slaný → Letecká 408, Libčice nad Vltavou → Nad Želivkou 584, Praha-Nebošice → Evropská 1725/57, Praha 6 → V Sadech 6, Praha 6 → Umělecká 3-5, Praha 7 → Veverkova Praha 7 → Maiselova 26/6, Praha 1 → Pernerova 11, Praha 8-Karlín → Pod Skálou 46, Hnanice				

Zdroj: Vlastní výpočty

Opava je dalším nejvíce vzdáleným místem od Hnanic. Řidič obsluhující okruh D bude rozvážet víno také do Frýdku-Místku, Vsetína, Fryštáku a Zlína. Pojede i směr Brno, kam přísluší téměř polovina vykládek. Jelikož po započtení cesty do centrálního bodu zbývají 2 minuty do vyčerpání volných minut určených na rozvoz objednávek, okruh musí být ukončen.

Pozitivem tohoto okruhu je skutečnost, že je využita téměř celá nosnost osobního automobilu, jak je možné vidět v Tab. 16. Obsloužen je značný počet odběratelů.

Tab. 16 Souhrn informací o okruhu D

Okruh	Vozidlo	Nosnost v kg	Požadavky v kg	Počet míst	Čas v min
D	Škoda Roomster	640	526,5	12	658
	Pod Skálou 46, Hnanice → Švestková 19, Opava → Na blatnici 9, Frýdek-Místek → Benátky 1168, Vsetín → Pátera Ignáce Stuchlého 27, Fryšták → Na honech II 4912, Zlín → Cukrovarská 489/30, Vyškov → Křenovická 1024, Slavkov u Brna → U Splavu 1419, Slavkov u Brna → Šimáčkova 309/110, Brno-Líšeň → Kubelíkova 26-28, Brno-Líšeň → Jírova 14, Brno-Líšeň → Elgartova 408/17, Brno-sever → Pod Skálou 46, Hnanice				

Zdroj: Vlastní výpočty

Do následujícího okruhu E byla postupně zařazena místa Středočeského kraje a to v pořadí znázorněném v Tab. 17.

Tak jako v předešlých případech okruh končí z časových důvodů. Opět se náklad zboží vejde do nosnosti osobního vozidla Škoda Roomster.

Tab. 17 Souhrn informací o okruhu E

Okruh	Vozidlo	Nosnost v kg	Požadavky v kg	Počet míst	Čas v min
E	Škoda Roomster	640	512,2	13	659
	Pod Skálou 46, Hnanice → Floriánova 2461, Hostivice → Makovského 1339/16, Praha 17 → Stodůlecká 341/1, Praha 5 → Ostrovského 3, Praha 5 → Křížkovského 1499/2, Praha 3 → U vinohradské nemocnice 2487/2A, Praha 3 → Jeseniova 99, Praha 3 → náměstí Bohumila Hrabala, Praha 8 → Teplická 276/28, Praha 9 → Pikrtova 1314/7, Praha 4 → Otradovická 8-10, Praha 12 → Modletice 71 → Dukelských hrdinů 612, Kolín → Pod Skálou 46, Hnanice				

Zdroj: Vlastní výpočty

Při obsluhování okruhu F řidič zavítá do kraje Pardubického a kraje Vysočina. Přesně deset odběratelů si převezme své zboží a poté se okruh uzavírá, aby nebyla překročena pracovní doba řidiče.

Vzhledem k hmotnosti veškerých objednávek vyřizovaných na této trase je přiřazeno opět vozidlo s nejnižší nosností. Ta je však využita jen z necelé poloviny.

Tab. 18 Souhrn informací o okruhu F

Okruh	Vozidlo	Nosnost v kg	Požadavky v kg	Počet míst	Čas v min
F	Škoda Roomster	640	288,6	10	638
	Pod Skálou 46, Hnanice → Červená Voda 31230 → Alfonse Muchy 820, Letohrad → Jana Zajíce 861, Pardubice → třída Míru 58, Pardubice → nábřeží Závodu míru 2737, Pardubice → Lepějovická 146, Valy → Uhlířské Janovice 47 → Švermova 4, Žďár nad Sázavou → Tyršova 629/7, Žďár nad Sázavou → Chelčického 2141/8, Žďár nad Sázavou → Pod Skálou 46, Hnanice				

Zdroj: Vlastní výpočty

Při vybírání míst do okruhu G bylo umožněno zařadit 16 odběratelských míst, což je zatím nejvíce obslužených odběratelů ze všech vytvořených okružních jízd. Poprvé musí dojít k uzavření okruhu jak kvůli vyčerpání volných minut určených na řízení a obsluhu vozu, tak kvůli nosnosti vozidla. Vyřízení objednávky na ulici Vinařská 484 v Zaječí by byl řidič o 14 minut déle na cestě, než je dovoleno a vozidlo by bylo přetíženo o téměř 200 kg.

Pokud by nebyl přečerpan časový limit, bylo by snahou naplnit jednu z dodávek, to však není z tohoto důvodu možné.

Tab. 19 Souhrn informací o okruhu G

Okruh	Vozidlo	Nosnost v kg	Požadavky v kg	Počet míst	Čas v min
G	Škoda Roomster	640	613,6	16	585
	Pod Skálou 46, Hnanice → Bůžkova 6, Horka nad Moravou → Olšany u Prostějova 370 → Lidická 1511/5a, Boskovice → Třebízského 336, Kuřim → Chaloupky 37-39, Brno-Komín → Štursova 598/67, Brno-Komín → Kounicova 293/61, Brno-střed → Kotlářská 39-41, Brno-střed → Cihlářská 15-17, Brno-střed → Příční 115/6, Brno-střed → Veselá 10, Brno-střed → Barvičova 51, Brno-střed → Jihlavská 719/7, Brno-Bohunice → Ečerova 955/3, Brno-Bystrc → Lidická 451, Pohořelice → Pohraniční 441, Březí → Pod Skálou 46, Hnanice				

Zdroj: Vlastní výpočty

Následovně okruh H začíná v Českých Budějovicích. Řidič má za úkol rozvést víno do několika míst Jihočeského kraje, dále do Pelhřimova, Humpolce, Velkého Meziříčí a blízkého Znojma.

Před zařazením posledních dvou míst do okruhu H bylo zjevné, že nosnost vozu Škoda Roomster je plně využita. K dispozici bylo 119 minut, tudíž jsem se rozhodla pro přidání těchto míst s možností využít dodávky Ford Tranzit. Činila jsem tak i z důvodu větších objednávek ve Velkém Meziříčí a Znojmu a tedy využití nosnosti, kterou dodávka nabízí. Než jsem se takto rozhodla, zkusila jsem místa zařadit až do posledního tvořeného okruhu, avšak tato varianta se jevila jako výhodnější kvůli většímu využití jak nosnosti, tak časovým možnostem.

Tab. 20 Souhrn informací o okruhu H

Okruh	Vozidlo	Nosnost v kg	Požadavky v kg	Počet míst	Čas v min
H	Ford Tranzit	1750	962,0	10	649
	Pod Skálou 46, Hnanice → Václava Volfa 7-9, České Budějovice → Plzeňská 633/97, České Budějovice → Libušina 178, Bechyně → Suchdol nad Lužnicí 1502 → Pod Floriánem 1393, Pelhřimov → Děkanská 8, Pelhřimov → Říčanského 386, Pelhřimov → 5. května 442, Humpolec → Zahradní 1274, Velké Meziříčí → Nad Splavem 7-8, 669 02 Znojmo → Pod Skálou 46, Hnanice				

Zdroj: Vlastní výpočty

Aby byly matice zpracovány kompletně, stačí prověřit, zda zbylá 4 odběratelská místa mohou tvořit jeden okruh. Žádný z limitů nebyl překročen, tudíž vznikl okruh I.

Tab. 21 Souhrn informací o okruhu I

Okruh	Vozidlo	Nosnost v kg	Požadavky v kg	Počet míst	Čas v min
I	Škoda Roomster	640	408,2	4	303
	Pod Skálou 46, Hnanice → Sušilova 9-11, Břeclav → Na Zahradách 640, Lednice → Vinařská 484, Zaječí → Dyjákovičky 40837 → Pod Skálou 46, Hnanice				

Zdroj: Vlastní výpočty

Po aplikování Mayerovy metody vzniklo, mimo již dříve vytvořené trasy E_1 až E_7 pro extrémně velké objednávky, 9 okruhů abecedně značených A až I.

V rámci veškerých těchto tras bylo 4× přiřazeno vozidlo Iveco Daily, 5× Ford Tranzit a 8× Škoda Roomster, přičemž společnost disponuje dvěma těmito vozy. Povedlo se tak využít vozy poměrně rovnoměrně.

4.4 Seřazení prvků okružních jízd

Mayerova metoda pomohla s rozdělením míst do jednotlivých okruhů A až I, avšak aby bylo dosaženo ujetí co nejmenšího počtu kilometrů, je zapotřebí odběratelská místa seřadit. Tento problém obchodního cestujícího bude nyní vyřešen v optimalizačním systému LINGO a také ručně za pomoci Littlovy metody.

Pamatovat se musí na předpoklad, že každý z odběratelských uzlů může být navštíven v rámci trasy pouze jednou.

4.4.1 Řešení problému v programu LINGO

V dnešním světě technologií je až nepřijatelné nevyužít při zpracovávání dat speciálních programů. V literární rešerši jich bylo několik rozebráno a v této práci bude jednoho z nich využito a to konkrétně programu LINGO.

Demo verze systému LINGO je volně dostupná ke stažení na oficiálních stránkách společnosti.

Seřazení odběratelských míst bude abstrahováno na vytvořeném okruhu A pomocí zmíněného programu a společně s výsledky seřazení míst ostatních okružních jízd bude vše zapsáno do souhrnné tabulky.

Nejprve je nutné vytvořit matice vzdáleností zachycující počet ujetých kilometrů mezi zařazenými místy do okruhů včetně výchozího bodu v Hnanicích, kterých bude 9. Podobu matice okruhu A lze vidět v Tab. 22.

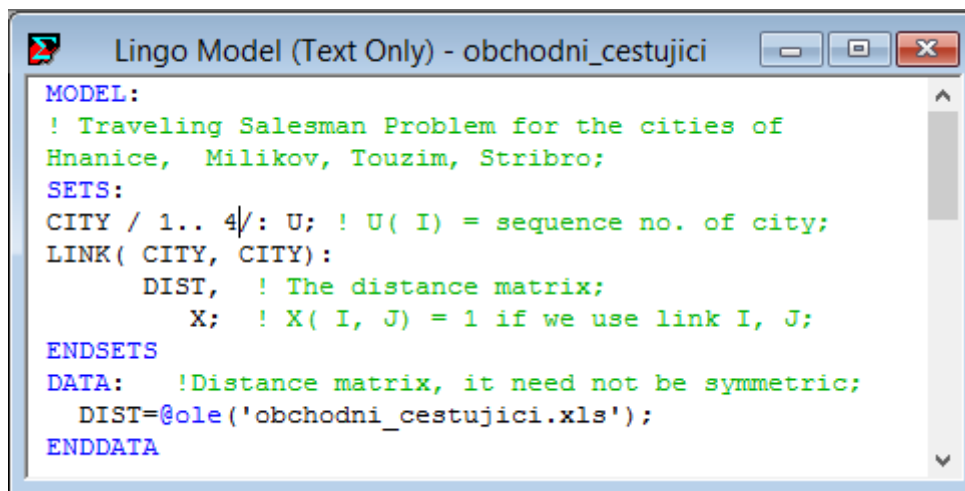
Tab. 22 Matice vzdáleností okruhu A v km

Místo	Hnanice	Milíkov	Toužim	Stříbro
Hnanice	0	398,5	350,9	342,4
Milíkov	398,5	0	45,8	55,2
Toužim	350,9	45,8	0	36,8
Stříbro	342,4	55,2	36,8	0

Zdroj: Distance Matrix service

Aby bylo možné s programem pracovat, musí se uživatel seznámit s vlastním speciálním jazykem systému LINGO pro matematické programování. Zápis algoritmu pro řešení klasického okružního problému byl získán z programového manuálu.

Počátečním krokem pro práci s programem je jak spuštění samotného systému, tak otevření tabulkového procesoru Microsoft Excel, kde se nachází příslušná matice vzdáleností. Následně se definuje název té části matice, se kterou má být LINGO propojeno. Jedná se o pole, kde se vyskytují číselné hodnoty zastupující kilometrové vzdálenosti mezi odběratelskými místy. Tato oblast je pojmenována jako DIST. V kódu zápisu je vždy nutné upravit počet míst zahrnutých v matici vzdáleností včetně centrálního bodu, a to v oblasti SETS. V oblasti DATA je třeba uvést název zdrojového tabulkového procesoru.



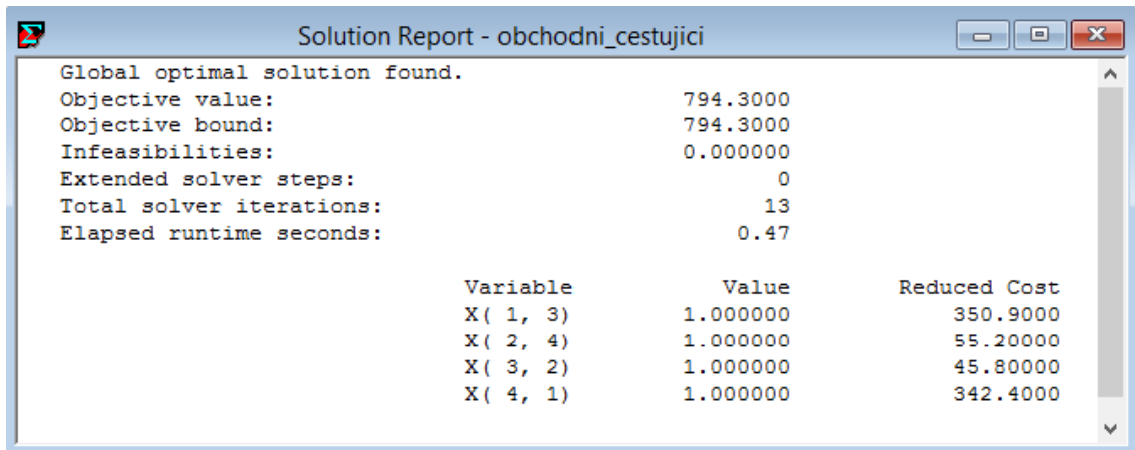
```

MODEL:
! Traveling Salesman Problem for the cities of
Hnanice, Milíkov, Toužim, Stříbro;
SETS:
CITY / 1.. 4/: U; ! U( I) = sequence no. of city;
LINK( CITY, CITY):
    DIST, ! The distance matrix;
    X; ! X( I, J) = 1 if we use link I, J;
ENDSETS
DATA: !Distance matrix, it need not be symmetric;
DIST=@ole('obchodni_cestujici.xls');
ENDDATA

```

Obr. 3 Část kódu v programu LINGO
Zdroj: optimalizační systém LINGO

Když bylo vše náležitě připraveno, po kliknutí na možnost SOLVE se na obrazovce objevila nová tabulka s výsledným řešením okruhu A. Program dospěl k výsledku, že řidič v pořadí navštívených míst Hnanice, Stříbro, Milíkov, Toužim a Hnanice ujede 794,3 km. Důkazem je Obr. 4.



Global optimal solution found.

Objective value:	794.3000
Objective bound:	794.3000
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	13
Elapsed runtime seconds:	0.47

Variable	Value	Reduced Cost
X(1, 3)	1.000000	350.9000
X(2, 4)	1.000000	55.20000
X(3, 2)	1.000000	45.80000
X(4, 1)	1.000000	342.4000

Obr. 4 Seřazení odběratelských míst okruhu A
Zdroj: Optimalizační systém LINGO

Kompletní řešení problému obchodního cestujícího za použití daného systému lze vidět v Tab. 23.

Tab. 23 Řešení okružního problému v programu LINGO

Okruh	Seřazení míst	Počet km
A	Pod Skálou 46, Hnanice → Západní Předměstí 861, Stříbro → Milíkov 93 → Toužim 8 → Pod Skálou 46, Hnanice	794,3
B	Pod Skálou 46, Hnanice → Karla Michala 936, Dobruška → Rohenice 69 → Na Obci 196, Semily → Náměstí Karla Václava Raise 39, Lázně Bělohrad → Masarykovo náměstí 7-8, Hradec Králové → Jungmannova 28, Hradec Králové → Pod Skálou 46, Hnanice	578,4
C	Pod Skálou 46, Hnanice → Veverkova 30, Praha 7 → Umělecká 3-5, Praha 7 → V Sadech 6, Praha 6 → Letecká 408, Libčice nad Vltavou → Lukostřelecká 1768/10, Česká Lípa → Arbesova 34-36, Slaný → Nad Želivkou 584, Praha-Nebošice → Evropská 1725/57, Praha 6 → Maiselova 26/6, Praha 1 → Pernerova 11, Praha 8 → Pod Skálou 46, Hnanice	658,9
D	Pod Skálou 46, Hnanice → Elgartova 408/17, Brno-sever → Jírova 14, Brno-Líšeň → Šimáčkova 309/110, Brno-Líšeň → Kubelíkova 26-28, Brno-Líšeň → U Splavu 1419, Slavkov u Brna → Křenovická 1024, Slavkov u Brna → Cukrovarská 489/30, Vyškov → Švestková 19, Opava → Na blatnici 9, Frýdek-Místek → Benátky 1168, Vsetín → Na honech II 4912, Zlín → Pátera Ignáce Stuchlého 27, Fryšták → Pod Skálou 46, Hnanice	601,7
E	Pod Skálou 46, Hnanice → Dukelských hrdinů 612, Kolín → Teplická 276/28, Praha 9 → náměstí Bohumila Hrabala, Praha 8 → Jeseniova 99, Praha 3 → U vinohradské nemocnice 2487/2A, Praha 3 → Křížkovského 1499/2, Praha 3 → Floriánova 2461, Hostivice → Makovského 1339/16, Praha 17 → Stodůlecká 341/1, Praha 5 → Ostrovského 3, Praha 5 → Pikrtova 1314/7, Praha 4 → Otradovická 8-10, Praha 12, → Modletice 71 → Pod Skálou 46, Hnanice	513,4
F	Pod Skálou 46, Hnanice → Chelčického 2141/8, 01 Žďár nad Sázavou → Tyršova 629/7, Žďár nad Sázavou → Švermova 4, Žďár nad Sázavou → Červená Voda 31230 → Alfonse Muchy 820, Letohrad → Jana Zajíce 861, Pardubice → třída Míru 58, Pardubice → nábřeží Závodu míru 2737, Pardubice → Lepějovická 146, Valy → Uhlířské Janovice 47 → Hnanice	600,1

Okruh	Seřazení míst	Počet km
G	Pod Skálou 46, Hnanice → Pohraniční 441, Březí → Jihlavská 719/7, Brno → Veselá 10, Brno → Příční 115/6, Brno → Cihlářská 15-17, Brno → Kotlářská 39-41, Brno → Kounicova 293/61, Brno → Barvičova 51, Brno → Štursova 598/67, Brno → Chaloupky 37-39, Brno → Ečerova 955/3, Brno → Třebízského 336, Kuřim → Lidická 1511/5a, Boskovice → Olšany u Prostějova 370 → Bůžkova 6, Horka nad Moravou → Lidická 451, Pohořelice → Pod Skálou 46, Hnanice	388,6
H	Pod Skálou 46, Hnanice → Suchdol nad Lužnicí 1502 → Plzeňská 633/97, České Budějovice → Václava Volfa 7-9, České Budějovice → Libušina 178, Bechyně → Pod Floriánem 1393, Pelhřimov → Říčanského 386, Pelhřimov → Děkanská 8, Pelhřimov → 5. května 442, Humpolec → Zahradní 1274, Velké Meziříčí → Nad Splavem 7-8, Znojmo → Pod Skálou 46, Hnanice	425,6
I	Pod Skálou 46, Hnanice → Na Zahradách 640, Lednice → Sušilova 9-11, Břeclav → Vinařská 484, Zaječí → Dyjákovičky 40837 → Pod Skálou 46, Hnanice	192,8

Zdroj: Optimalizační systém LINGO

Nejdůležitějšími informacemi o seřazených okružních trasách je počet najetých kilometrů, časová náročnost trasy a hmotnost obslužených objednávek. To vše je shrnuto níže. Počet minut, které řidič stráví přejížděním mezi jednotlivými odběratelskými místy a vykládkou zboží, zjistíme pomocí listu *Časová matice s vykládkami* volné přílohy tak, že vyhledáme pole příslušných i -tých řádků a j -tých sloupců matice, které odpovídají stanovenému pořadí navštívených míst a jejich hodnoty sečteme. U okruhu A výpočet vypadá následovně.

$$233 + 60 + 66 + 239 = 598 \text{ minut}$$

Než řidič objedná okruh A a vyloží objednané zboží, uběhne 598 minut, tedy necelých 10 hodin, to je o 15 minut méně, než jak bylo odhadováno při tvorbě okruhů Mayerovou metodou.

Souhrn informací o všech okruzích je obsažen v Tab. 24. U časové náročnosti trasy je uvedena vypočítaná doba trvání trasy včetně vykládek a pro porovnání daný časový limit. Co se týká sloupce shrnujícího součet hmotností rozvezených objednávek, číslo za lomítkem zastupuje maximální nosnost přiřazeného vozidla k danému okruhu.

Tab. 24 Souhrn nejdůležitějších informací o seřazených okružních trasách

Okruh	Počet km	Čas v min	Požadavek v kg
A	794,3	598/660	122,2/640
B	578,0	678/660	395,2/640
C	658,9	666/660	250,9/640
D	601,7	667/660	526,5/640
E	513,4	652/660	512,2/640
F	600,1	662/660	288,6/640
G	388,6	584/660	613,6/640
H	425,6	651/660	962,0/1 750
I	192,8	299/660	208,2/640

Zdroj: Systém LINGO, interní data a časová matice s vykládkami

Při tvorbě okruhů Mayerovou metodou byl kladen důraz na to, aby nedošlo k překročení stanovených limitů. Z Tab. 24 je patrné, že jakmile došlo k seřazení jednotlivých prvků tras, byl stanovený maximální počet minut ve čtyřech případech překročen o 2 až 18 minut.

Jak bylo avizováno v podkapitole *Současné řešení distribuce*, doba vykládky trvá 6 až 8 minut a komunikace se zákazníkem 3 až 6 minut, přičemž při výpočtech byly brány v potaz horní hranice těchto rozmezí. Bylo tak učiněno záměrně. Pokud by do výpočtů byly zahrnuty spodní hranice limitů, časová dispozice by nemusela být dostatečně využita. To vede k faktu, že výsledky obsahují určitou časovou rezervu.

Pokud by bylo například u okruhu B počítáno s dolní hranicí na komunikaci s odběratelem, doba vykládky by na každém místě byla o 3 minuty kratší a hodnota časové náročnosti okruhu B by byla následující.

Časová náročnost – počet míst v okruhu \times dolní mez limitu = $678 - 6 \times 3 = 660$ minut

Lze vidět, že časový limit by nebyl překročen a to ani nebylo bráno v potaz časové rozmezí vykládky. Jelikož u okruhu B se hodnota od limitu lišila nejvíce, u ostatních tras by bylo také vše v pořádku.

To dokazuje skutečnost, že v případě vyčíslení časové náročnosti okruhů se musí počítat s několikaminutovou odchylkou. To je důvod, proč lze výsledné řešení považovat za přípustné a časovou náročnost za přibližnou.

Samořejmě dobu rozvozu vína ovlivňuje také stav dopravní situace, avšak případné kolony, výluky či rychlostní omezení nelze předem určit a zapojit do výpočtů.

4.4.2 Seřazení odběratelských míst pomocí Littlovy metody

Dále bude použita Littlova metoda, jejíž algoritmus byl nastíněn v teoretické části práce. Výpočet je opět znázorněn na okruhu A a je zachycen v Tab. 27, Tab. 28 a Tab. 29, které jsou umístěny v příloze A. Za výchozí matici vzdáleností je považována Tab. 22 jako při řešení problému v programu LINGO.

V Tab. 27 je zachycen první krok Littlovy metody, přičemž místa z matice jsou zastoupena číselným označením. Nejprve byla provedena redukce sazeb ve všech řádcích a prvních dvou sloupcích z toho důvodu, aby se v každém řádku i sloupci objevovala alespoň jedna nulová hodnota. Redukce sazeb jsou v tabulkách zachyceny pod označením písmen řecké abecedy α a β a lze zde nalézt i jejich součet.

Pro políčka, kde se nachází nulové sazby, je vypočtena hodnota ϕ tak, že nejmenší redukované sazby v příslušném řádku a sloupci jsou sečteny. Hledaná hodnota ϕ , je ta maximální. V mém případě jsou tyto hodnoty dvě, což znamená, že může být jedna z nich libovolně vybrána. Mnou zvolená hodnota je v Tab. 27 označena žlutě a vypovídá o směru trasy, tedy že řidič pojedje z Milíkova do Toužimi.

Řádek a sloupec vypovídající o směru jízdy vozidla jsou dalším kroku smazány, aby nemohly být znovu do trasy zařazeny. Aby se zabránilo jízdě v opačném směru, je do políčka trasy z Toužimi do Milíkova vložen znak ∞ . Pokračování dle stejného algoritmu je zachyceno v Tab. 28 a Tab. 29.

Výsledkem je skutečnost, že úsporné je jet z Hnanic do Stříbra, dále do Milíkova, Toužimi a zpět do Hnanic. Celý okruh měří 794,3 kilometrů.

Jak je vidět, výsledek se neliší od řešení v systému LINGO a není tomu jinak u všech ostatních okruhů. Řešení se shoduje s Tab. 23 a Tab. 24.

4.5 Srovnání současného řešení distribuce a získaných výsledků

Aby se dalo zjistit, zda prováděná tvorba a optimalizace okružních tras sestávajících z pravidelně navštívených míst je pro firmu přínosem, musí dojít k porovnání okruhů se skutečnými údaji.

V Tab. 25 lze vidět vyčíslení kilometrové, finanční a časové náročnosti jednotlivých vytvořených okruhů A až I a vyřízených extrémně velkých objednávek E_1 až E_7 .

Pro co nejpřesnější srovnání nákladů byla pro výpočet finanční náročnosti trasy použita průměrná cena nafty za měsíc únor loňského roku, která činí 36 korun na 1 litr nafty. Tato hodnota byla zjištěna na webových stránkách finanční správy. Společností Vinice-Hnanice, s. r. o., mi bylo sděleno, že u dodávek Ford Transit a Iveco Daily je spotřeba vozidel 10 litrů nafty na 100 kilometrů. U osobních vozů je spotřeba poloviční. To znamená, že uváděný počet kilometrů jednotlivých okruhů bude vynásoben hodnotou 3,6 nebo 1,8 v závislosti na typu přiřazeného vozidla. Hodnoty budou zaokrouhleny na jedno desetinné místo. (Finanční správa, 2014)

U okruhu A vypadá vyčíslení nákladů následovně.

$$794,3 \times 1,8 = 1429,70 \text{ Kč}$$

V případě tvorby a řazení okruhů bylo třeba zajistit nepřekročení stanovených limitů. Aby časová náročnost byla kompletně vyčíslena, musí být ještě přičtena doba přestávek řidiče. To bude názorně ukázáno opět na okruhu A.

$$598 + 60 = 658 \text{ min}$$

Pokud bude přičtena povinná doba odpočinku řidiče k vyčíslené časové náročnosti z Tab. 24, což je 30 minut po 4,5 hodinách jízdy, tedy 60 minut, trasa bude trvat 658 minut.

U okruhů, kde byly při seřazování míst lehce překročeny časové limity, budeme nyní počítat s maximálním využitím časové dispozice, tedy s 660 minutami a po přičtení přestávek získáváme celkovou pracovní dobu, což je 12 hodin.

Výjimkou je okruh I, kde je pro řidiče dostačující jedna přestávka.

V případě tras E₁-E₇ byla doba odpočinku zahrnuta již při výpočtech v podkapitole *Zpracování získaných dat*.

Tab. 25 Vyčíslení kilometrové, nákladové a časové náročnosti všech tras

Okruh	Vozidlo	Počet km	Náklady v Kč	Čas v min
A	ŠR	794,3	1 429,70	658
B	ŠR	578,0	1 040,40	720
C	ŠR	658,9	1 186,00	720
D	ŠR	601,7	1 083,10	720
E	ŠR	513,4	924,10	712
F	ŠR	600,1	1 080,20	720
G	ŠR	388,6	699,50	644
H	FT	425,6	1532,2	711
I	ŠR	197,8	356,00	329
E₁	ID, FT	584,0	2 102,40	564
E₂	ID	156,8	564,50	192
E₃	ID	139,0	500,40	156
E₄	ID	224,0	806,40	234
E₅	FT	152,6	549,40	176
E₆	FT	121,0	435,60	177
E₇	FT	158,0	568,80	182
Suma	-	6 293,8	14 858,70	7 138

Zdroj: Vlastní výpočty

Společnost si neevidovala pořadí navštívených odběratelů v měsíci únoru. Z toho důvodu je možné srovnat jen souhrnná číselná data z Tab. 26, která pouze nastiňují realitu.

Tab. 26 Vyčíslení náročnosti tras společností

Číslo	Vozidlo	Počet km	Náklady v Kč	Čas v min
1	Ford Transit	1 221,8	4 508,40	1 735
2	Iveco Daily	1 092,5	4 031,30	1 639
3	Škoda Roomster	2 278,5	4 329,20	2 689
4	Škoda Roomster	2 597,0	4 934,30	3 116
Suma	-	7 189,8	17 803,20	9 179

Zdroj: Interní data společnosti

Z posledních dvou tabulek je patrné, že využití vhodných metod operačního výzkumu je pro firmu přínosné. Došlo k přibližnému snížení ujeté vzdálenosti o 896 kilometrů, doby řidiče na cestě o 2041 minut a finanční náročnosti o 2944,50 korun. Vyčíslení nákladů zahrnuje pouze výdaje na pohonné hmoty. Snížení časové náročnosti by vedlo i k úspoře na mzdách řidičů.

5 Diskuse

V této bakalářské práci bylo snahou vytvořit a optimalizovat distribuční síť za časové období jednoho měsíce pomocí metod operačního výzkumu. Metody byly aplikovány na data poskytnutá společností Vinice-Hnanice, s. r. o., která disponuje 260 ha vinic převážně v oblasti Národního parku Podyjí a zaměřuje se na prodej vína vysoké kvality.

Vedoucí obchodu této společnosti ke zpracování práce poskytl dva tabulkové procesory Microsoft Excel, které obsahují abecední seznam jednotlivých odběratelů a souhrn všech odběratelských požadavků za předchozí rok 2014 seřazený dle data objednání.

Nejprve byla data očištěna o objednávky postrádající pravidelnost, které se v jednom z dokumentů objevovaly. Jednalo se především o dodané víno na svatby, degustace, zaslané vzorky klientům či odležené víno na archivaci. Kdyby tak nebylo učiněno, výsledky by mohly být pro praxi zavádějící. Dále bylo důležité vybrat, pro který z 12 měsíců budou okruhy tvořeny, protože požadavky odběratelů jsou lehce proměnlivé. Po vzestupném seřazení měsíčních objednávek a vypočítání průměrné hodnoty s mediánem byla patrná vyskytující se sezónnost dat. V měsících říjen, listopad a prosinec byla hmotnost objednávek výrazně větší než během zbylého roku. To bylo zdůvodněno blízcím se vánočním obdobím a také pořádáním akcí zaměřených na degustaci mladého vína. To, že požadavky za tyto měsíce dosahovaly takových hodnot, je důvodem, proč je průměrná hodnota větší než medián. Nakonec byl zvolen měsíc únor jako výchozí.

Nešlo si nevšimnout několika objednávek vyčnívajících z toho důvodu, že jejich hmotnost přesahovala 1000 kilogramů. Tento problém byl ihned vyřešen přiřazením vždy jedné ze dvou dodávek, díky kterým firma zprostředkovává svou distribuci, přičemž nosnost vozidel byla téměř celá využita. Zároveň nastala výjimečná situace, kdy jedno místo bylo navštíveno dvakrát a to z důvodu, že požadavek odběratele přesahoval nosnost všech vozidel a musel být rozdělen do dvou vozidel.

Nezbytnou součástí práce je matice, která zachycuje kilometrovou vzdálenost mezi jednotlivými odběratelskými místy, kde je zakomponované i zdrojové místo v Hnanicích. Vzhledem k tomu, že užití zamýšlených metod neakceptuje odlišnost délky tras z i -tého místa do j -tého a zpět, může se jednat o rozdíl oproti realitě. Důležitá je i časová matice, která zaznamenává, za jak dlouho je možné dojet z i -tého místa do j -tého. Tato druhá matice musela být upravena. Bylo potřeba její hodnoty navýšit o dobu vykládky a vyřizování drobné administrativy na daných stanovištích. Hodnoty obsažené v matici byly získány pomocí Google Distance service, kde se uživatel nevyhne práci s jazykem JavaScript.

Poté již bylo možné přejít k samotné tvorbě okruhů. Při zařazování jednotlivých míst do okružních tras bylo zároveň zkoumáno, zda není překročen časový limit odpovídající 660 minutám a nosnost vozidel. Ve většině případů byl okruh ukončen z časových důvodů. Při tvorbě okružních jízd A, C, E byla kvůli uzavření okruhu využita nosnost přiřazeného vozidla z necelé poloviny. Je to zapříčiněno

tím, že jsou daná místa hodně vzdálená od Hnanic, tudíž je jejich obslužení časově náročnější a navíc velikost objednávek odběratelů je poměrně malá. Na druhou stranu pokud je vozidlo méně zatíženo, dá se předpokládat nižší spotřeba nafty. I tak by bylo na místě u okruhů A, C a E zhodnotit, zda se firmě vyplatí jezdit i do těchto vzdálenějších míst. Naopak odběratelé sídlící blíže k centrálnímu bodu, především na Moravě, se vyznačují větší hmotností objednávek. Například v rámci okruhu G má být obsluženo šestnáct klientů z Brna a okolí, přičemž nosnost vozidla i časové možnosti jsou téměř plně využity. K okruhům měl být postupně přiřazen vždy jeden ze třech typů vozidel, ale ve většině případů bylo díky časovému omezení rozhodnuto, že všechny trasy budou obsluženy vozem typu Škoda Romster, přičemž firma disponuje dvěma těmito osobními automobily. Pouze řidič, který bude mít na starost okruh H, poveze zboží dodávkou Ford Transit. Při vytváření okruhů H muselo být intuitivně rozhodnuto, zda konkrétně místo na adrese Zahradní 1274, 594 01 Velké Meziříčí bude zařazeno do trasy, protože po přidání byla přesažena nosnost osobního automobilu, nebo jestli bude součástí okruhu I, kde by po přidání zbylých míst došlo ke stejné situaci. Vzhledem k lepšímu rozložení hmotnosti zboží do vozidel a časovému rozvržení, byla zastávka ve Velkém Meziříčí ponechána v okruhu H.

Pro seřazení odběratelských míst jednotlivých okružních tras se nabízely dvě varianty. Buď bylo možné využít některé z programové podpory, nebo určit v jakém pořadí budou místa navštívena pomocí ručních výpočtů a aplikace Littlovy metody. Pozornost byla zaměřena především na první možnost, avšak řešení pomocí Littlovy metody je v práci také nastíněno. Po využití služeb programu LINGO bylo zjištěno, že časová náročnost okruhů B, C, D a F překračuje stanovený limit. Jelikož se při výpočtech pracovalo s takovými hodnotami, aby vznikla jistá časová rezerva a zde šlo pouze o rozptyl několika minut, řešení lze považovat za přípustné, kdy časové dispozice jsou maximálně využity.

U tohoto typu řešeného problému neexistuje pouze jedno správné řešení a v tomto případě bylo snahou výpočty směřovat k navržení okružních tras s finanční a časové úspoře vzhledem k současnému řešení distribuce.

6 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala využitím metod operačního výzkumu se zaměřením na víceokruhový dopravní problém. Hlavním cílem bylo vytvořit návrh optimalizovaných distribučních tras pro společnost Vinice-Hnanice, s. r. o., a zajistit rozvoz objednaného zboží za jeden měsíc při co nejnižších nákladech. Tato firma poskytuje dovoz vína do všech míst České republiky.

V literárním přehledu je čtenář seznámen se základními pojmy z oblasti operačního výzkumu s aplem na distribuční úlohy a metody řešení víceokruhového i jednookruhového dopravního problému.

Snahou bylo postupně plnit dílčí cíle, které byly stanoveny na začátku práce. Získaná data byla zpracována do podoby matic. Konkrétně vznikla matice vzdáleností a časová matice.

Odběratelská místa byla rozdělena do sedmi tras E_1 až E_7 zaměřující se na rozvoz velkých objednávek, které mají být vyřízeny za pomoci dodávek Ford Transit a Iveco Daily, a devíti okruhů označených abecedně A až I, za jejichž vznikem stojí aplikace Mayerovy metody na získaná data, a ke kterým byl nejčastěji přiřazen typ vozu Škoda Roomster.

Po seřazení míst v okruzích bylo již možné vyčíslit celkovou kilometrovou i přibližnou časovou náročnost. V rámci všech okruhů by bylo ujetu 6 293,8 kilometrů. Řidiči by byli na cestě něco okolo 7 138 minut, což je zhruba 118 hodin. Pomocí průměrné ceny nafty byly náklady na pohonné hmoty vyčísleny na necelých 15 000 korun, což je o 2 944 korun méně, než jaká byla skutečnost.

Společnost si neeviduje detailnější informace o distribuci, proto bych zde začala s doporučením pro firmu. Bylo by vhodné údaje elektronicky zpracovávat a seznámit se s optimalizačními programy. Dále bych firmě navrhla vyzkoušet navržený systém okruhů. Jelikož je velikost objednávek v jednotlivých měsících lehce odlišná, doporučuji tyto změny sledovat a dané situaci optimalizované okruhy přizpůsobovat a snažit se nalézat co možná nejlepší řešení distribuce vedoucí k finančním i časovým úsporám.

7 Literatura

Knižní publikace:

- ČUJAN, Z., TOMEK, M. *Dopravní logistika: studijní opory pro kombinované studium*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010, 64 s. ISBN 978-80-7318-937-2.
- DRAHOTSKÝ, I., ŘEZNÍČEK, B. *Logistika: procesy a jejich řízení*. Brno: Computer Press, 2003, ix, 334 s. ISBN 80-7226-521-0.
- HANNA, M. E. *Introduction to management science: mastering quantitative analysis*. Cincinnati, Ohio: South-Western College Pub., c1996, xvi, 720 p. ISBN 0877096031.
- HOLOUBEK, J. *Ekonomicko-matematické metody*. 2., nezměn. vyd. V Brně: Mendelova univerzita, 2010, 153 s. ISBN 978-80-7375-411-2.
- JABLONSKÝ, J. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 3. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007, 323 s. ISBN 978-80-86946-44-3.
- JABLONSKÝ, J. *Programy pro matematické modelování*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Oeconomica, 2011, 258 s. ISBN 978-80-245-1810-7.
- KOLČAHOVÁ, A. *Vybrané optimalizační metody a jejich využitelnost v praxi*. Zlín: CEED, 2011, 116 s. Vědecké spisy (CEED). ISBN 978-80-87301-04-3.
- LAUBER, J., JABLONSKÝ, J. *Programy pro matematické modelování I*. 1. přeprac. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1997a, 233 s. ISBN 80-7079-296-5.
- LAUBER, J., JABLONSKÝ, J. *Programy pro matematické modelování II*. V Praze: Vysoká škola ekonomická, 1997b, 251 s. ISBN 80-7079-213-2.
- PLEVNÝ, M., ŽIŽKA, M. *Modelování a optimalizace v manažerském rozhodování*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2007, 296 s. ISBN 978-80-7043-435-2.
- RAIS, K. *Základy optimalizace a rozhodování*. Vyd. 10. Brno: Zdeněk Novotný, 2005, 134 s. ISBN 80-7355-051-2.
- RAŠOVSKÝ, M., ŠIŠLÁKOVÁ, H. *Ekonomicko-matematické metody*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1999, 195 s. ISBN 8071574120.
- STEHLÍK, A., KAPOUN, J. *Logistika pro manažery*. Praha: Ekopress, 2008, 266 s. ISBN 978-80-86929-37-8.
- STEVENSON, W. J., OZGUR, C. *Introduction to management science with spreadsheets*. Boston: McGraw-Hill/Irwin, c2007, xiii, 812 p. ISBN 0-07-299066-x.
- ŠUBRT, T. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011, 351 s. ISBN 978-80-7380-345-2.
- VANĚČEK, D., KALÁB, D. *Logistika*. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2004, 131 s. ISBN 80-7040-653-4.
- ZÍSKAL, J., HAVLÍČEK, J. *Ekonomicko matematické metody: studijní texty pro distanční studium*. Vyd. 2. Praha: Credit, 2000, 191 s. ISBN 80-213-0664-5.

Internetové zdroje:

- FINANČNÍ SPRÁVA. *Průměrné ceny PHM*. [online]. 2014. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://www.financnisprava.cz/cs/dane-a-pojistne/dane/dan-z-prijmu/prumerne-ceny-phm>
- GOOGLE DEVELOPERS. *Distance Matrix service*. [online]. 2015. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/examples/distance-matrix>
- HOTEL VINICE HNANICE. *O firmě Vinice Hnanice*. [online]. 2015. [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.vinice-hnanice.cz/o-firme.html>
- MINISTERSTVO PRÁCE A SOCIÁLNÍCH VĚCÍ. *Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce*. [online]. 2015 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.mpsv.cz/files/clanky/2919/262-2006.pdf>
- PORTÁL VEŘEJNÉ SPRÁVY. *Nařízení vlády 168/2002 Sb.* [online]. 2015 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&nr=168~2F2002&rpp=15#seznam>

Přílohy

A Seřazení prvků okruhu A za pomoci Littlovy metody

Tab. 27 První krok Littlovy metody

	1	2	3	4	α
1	–	398,5 47,1	350,9 8,5	342,4 0 8,5	342,4
2	398,5 47,1	–	45,8 0 9,4	55,2 9,4	45,8
3	350,9 8,5	45,8 0 9,4	–	36,8 0 0	36,8
4	342,4 0 8,5	55,2 9,4	36,8 0 0	–	36,8
β	305,6	9			776,4

Zdroj: Vlastní práce

 $2 \rightarrow 3$

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n \alpha_i + \sum_{j=1}^n \beta_j = (342,4 + 45,8 + 36,8 + 36,8) + (305,6 + 9) = 776,4 \text{ km}$$

$$Z_{\bar{2}3} = Z_0 + \phi_{\max} = 776,4 + 9,4 = 785,8 \text{ km}$$

Tab. 28 Druhý krok Littlovy metody

	1	2	4	α_i
1	—	47,1 37,7	0 37,7	
3	8,5	∞	0 8,5	
4	0 8,5	9,4 0 37,7	—	
β_j		9,4		9,4

Zdroj: Vlastní práce

$$1 \rightarrow 4$$

$$Z_{2,3} = Z_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i + \sum_{j=1}^n \beta_j = 776,4 + 9,4 = 785,8 \text{ km}$$

$$Z_{\bar{1}4} = 785,8 + 37,7 = 823,5 \text{ km}$$

Tab. 29 Poslední krok Littlovy metody

	1	2	α_i
3	8,5 0	∞	8,5
4	∞	0	
β_j			9,4

Zdroj: Vlastní práce

$$4 \rightarrow 2 \quad 3 \rightarrow 1$$

$$Z_{1,4} = Z_{\bar{1}4} = Z_{\bar{3}1} = 785,8 + 8,5 = 794,3 \text{ km}$$

$$1 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$$